

---

## Review: Aplikasi Histopatologi Untuk Praktik Forensik

### *Review: Applications Of Histopathology For Forensic Practice*

---

Arum Fahmi Faulana<sup>1</sup>

Desi Eka Putri Empra<sup>2</sup>

Desti Rahmadian<sup>3</sup>

Fianicha Shalihah<sup>4</sup>

Ardaning Nuriliani<sup>5\*</sup>

Bambang Retnoaji<sup>6</sup>

Hendry Tri Sakti SG Saragih<sup>7</sup>

Zuliyati Rohma<sup>8</sup>

Nur Indah Septriani<sup>9</sup>

<sup>1</sup>Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

\*email: ardaning@ugm.ac.id

#### Abstrak

Forensik berperan penting dalam pengusutan tindak kejahatan karena dapat mengungkap segala sesuatu yang berhubungan dengan kasus pembunuhan, termasuk waktu dan penyebab pembunuhan. Histopatologi adalah ilmu yang mempelajari tentang kerusakan jaringan dan organ tubuh yang dapat digunakan untuk membantu pengusutan tindak kejahatan. Tujuan tinjauan pustaka ini adalah mempelajari peranan aplikasi histopatologi untuk praktik forensik. Metode yang digunakan yakni penelusuran jurnal dan buku menggunakan *google scholar*, *sciencedirect*, NCBI, dan PubMed dengan kata kunci histopatologi, forensik, diagnosis, kematian, mikroskopi, penyakit, pewarnaan, dan autopsi. Pendekatan histologi membantu patologis membuat penentuan yang jelas pada penyebab kematian. Tujuan histopatologi adalah menyempurnakan diagnosis makroskopis serta berperan sebagai pemeriksaan tambahan pada penanganan kasus forensik. Salah satu metode histopatologi dalam bidang forensik adalah metode parafin dengan pewarnaan hematoxilin eosin dan pewarnaan khusus, imunohistokimia, dan MITS. Parameter yang diamati dengan metode ini adalah pengukuran emboli lemak paru; penentuan usia infark miokard; penilaian steatosis, fibrosis, dan sirosis hati; penentuan usia trombus atau tromboemboli; dan diagnosis syok dengan berbagai penyakit. Prospek histopatologi forensik adalah melengkapi metode diagnosis molekuler, sehingga kombinasi metode molekuler dan histologi dapat berperan secara maksimal di bidang patologi forensik. Kesimpulan tinjauan pustaka ini adalah histopatologi dapat digunakan untuk mengonfirmasi diagnosis pada kasus forensik dan memiliki prospek masa depan yang baik jika dikombinasikan dengan metode lain seperti molekuler.

---

#### Abstract

*Forensics plays an important role in investigating crimes because it can reveal everything related to a murder case, including the time and cause of the murder. Histopathology is the study of damage to body tissues and organs which can be used to help investigate crimes. The aim of this literature review is to study the role of histopathology applications for forensic practice. The method used is searching journals and books using Google Scholar, ScienceDirect, NCBI, and PubMed with the keywords histopathology, forensics, diagnosis, death, microscopy, disease, staining, and autopsy. The histology approach helps the pathologist make a clear determination on the cause of death. The aim of histopathology is to perfect the macroscopic diagnosis and act as an additional examination in forensic case management. One of the histopathology methods in the forensic field is the paraffin method with hematoxylin eosin staining and special stains, immunohistochemistry, and MITS. The parameters observed with this method are measurements of pulmonary fat embolism; determining the age of myocardial infarction; assessment of liver steatosis, fibrosis, and cirrhosis; determination of the age of thrombus or thromboembolism; and diagnosis of shock with various diseases. The prospect of forensic histopathology is to complement molecular diagnostic methods, so that the combination of molecular and histology methods can play a maximum role in the field of forensic pathology. The conclusion of this literature review is that histopathology can be used to confirm the diagnosis in forensic cases and has good future prospects if combined with other methods such as molecular.*

---

#### Kata Kunci:

Diagnosis, forensik, histopatologi, kematian, penyakit

#### Keywords:

Diagnosis, forensics, histopathology, death, disease

## PENDAHULUAN

Forensik berasal dari bahasa Latin *forensis*, yang berarti “dari luar” atau “tempat umum”. Ilmu forensik dapat diartikan sebagai suatu disiplin ilmu yang mendukung proses penegakan keadilan melalui proses penerapan ilmu pengetahuan dan keilmuan (Aflanier *et al.*, 2020). Kedokteran forensik berperan penting dalam menentukan kebenaran dalam suatu proses hukum (Dror, 2018). Salah satu aplikasi forensik adalah autopsi pemeriksaan postmortem yang bertanggung jawab atas penyelidikan medikolegal atas kematian yang tiba-tiba, mencurigakan, misterius, tidak disaksikan, tidak jelas, tidak dapat dijelaskan, tidak terduga, atau oleh hukum diputuskan sebagai kematian kriminal, kematian industri, atau kematian lain terkait kegiatan medis. Hasil autopsi forensik menjadi bagian dari proses pengumpulan bukti, sehingga bisa memberikan data pendukung yang akurat dalam memutuskan suatu hukum (Menezes & Monteiro, 2023). Pada kasus penanganan kejahatan, autopsi dapat memberikan informasi terkait penyebab kematian.

Pengungkapan kebenaran dalam penyelidikan kasus tertentu dilakukan melalui pendekatan biologi forensik. Dalam hal ini, biologi forensik memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penjelasan bukti-bukti ilmiah berdasarkan pendekatan biologis, mulai dari pendekatan jasad hingga pendekatan molekuler. Berdasarkan pendekatan jasad, dapat diungkap mengungkap kebenaran bukti ilmiah melalui ekologi forensik, entomologi forensik, patologi forensik, dan morfologi forensik. Akan tetapi, seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, kebutuhan akan pengetahuan ilmiah yang baik tentang parameter biologis juga membutuhkan pendekatan molekuler. Berbagai pendekatan molekuler dapat digunakan, misalnya dalam kasus forensik satwa liar (Dalton *et al.*, 2020), identifikasi spesies produk perburuan ilegal (Ashrifurrahman *et al.*, 2022; Pertiwi *et al.*, 2020), atau pendekatan kasus identifikasi spesies (Knecht, 2012).

Metode diagnosis molekuler merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk memecahkan

kasus-kasus kriminal seperti pembunuhan. Metode diagnosis molekuler yang biasa digunakan adalah tes DNA yang melacak kecocokan sampel DNA pelaku kejahatan di tempat kejadian perkara dengan *data base DNA* (Lestari & Kusnaraharja, 2021). Metode tes DNA memiliki kelebihan, yaitu tingkat akurasi yang tinggi. Meskipun demikian, metode tes DNA juga memiliki kekurangan, yaitu langkanya pakar DNA serta peralatan pendukung yang terbatas menyebabkan biaya tes DNA sangat mahal (Fardhinand, 2015). Selain itu, tindak kekerasan atau kejahatan yang menjadi penyebab kematian korban tidak dapat dipastikan hanya dengan mengetahui profil DNA korban.

Dengan demikian, perkiraan saat kematian atau postmortem interval (PMI) yang akurat masih tetap merupakan masalah yang sangat sulit untuk ditentukan dalam bidang forensik. Penelitian-penelitian postmortem menunjukkan berbagai perubahan di tingkat intra dan ekstrasel pada berbagai organ. Namun keberadaan perubahan-perubahan tersebut belum dapat ditetapkan sebagai salah satu kriteria dalam praktek forensik untuk perkiraan waktu kematian (Pualilin *et al.*, 2014).

Meskipun terdapat kemajuan dalam teknik diagnostik antemortem dan pencitraan postmortem, perbedaan klinikopatologis tetap tinggi. Ciri-ciri patologis tertentu hanya dapat dilihat secara mikroskopis, yang dapat meningkatkan kualitas laporan autopsi dan informasi yang tersedia untuk keluarga, dokter, petugas pemeriksa mayat, dan layanan kesehatan masyarakat. Autopsi yang menggunakan pendekatan histopatologi, ciri-ciri morfologi diagnostik pada pemeriksaan kasar dijelaskan dalam laporan autopsi sementara, dan dapat diperbarui atau direvisi setelah pemeriksaan histopatologi untuk menghasilkan laporan autopsi akhir (Frontczek *et al.*, 2014).

Oleh karena itu, diperlukan metode lain untuk mendapatkan gambaran yang lebih akurat terkait penyebab tindak kekerasan/kejahatan yang dilakukan. Bidang patologi anatomi adalah salah satu cabang ilmu

kedokteran yang peranannya dalam dunia kedokteran sangat penting, terutama dalam menegakkan diagnosis berdasarkan bahan penelitian yang diperiksa, baik yang berasal dari pasien yang masih hidup maupun yang sudah mati. Pemeriksaan spesimen yang digunakan dapat berasal dari cairan, sel, jaringan, maupun organ yang didapatkan baik dari biopsi, biopsi jarum halus, maupun operasi (Matkowski & Benbow, 2021). Patologi anatomi forensik berbeda dengan patologi anatomi klinis yang berfokus pada diagnosis dan klasifikasi dan determinasi penyakit. Bidang patologi anatomi forensik turut berperan dalam rekonstruksi kejadian dan kondisi yang menjadi penyebab kematian berdasarkan hasil diagnosis (Porzionato *et al.*, 2017).

Metode patologi lain dibutuhkan untuk melengkapi analisis forensik, sehingga penyelesaian kasus dapat dilakukan secara komprehensif. Hal ini berguna untuk memberikan keterangan terkait kondisi jenazah maupun penyebab kematian pada pihak keluarga dan pihak berwajib dalam rangka penyelesaian secara hukum.

Biologi forensik diperkuat dengan hasil analisis laboratorium toksikologi, sehingga keduanya dapat menjadi alat untuk mengungkap kebenaran bukti ilmiah. Kajian ini menjelaskan bagaimana histopatologi dapat berkontribusi pada bidang forensik ditinjau dari sejarah pengembangan, peranan, tujuan, metode yang digunakan, pemanfaatan, hingga prospek masa depan histopatologi forensik.

Oleh karena itu, tinjauan pustaka ini bertujuan mengkaji terkait peranan aplikasi histopatologi untuk praktik forensik sebagai metode pelengkap dalam pengusutan tindak kejahatan.

## **METODE PENELITIAN**

Basis data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari *google scholar*, *sciencedirect*, NCBI, dan *PubMed* untuk menemukan jurnal dan buku. Kata kunci yang digunakan adalah histopatologi, forensik, diagnosis, kematian, mikroskopi, penyakit, pewarnaan, autopsi. Berdasarkan metode penelusuran yang telah dilakukan,

diperoleh 43 literatur yang terdiri dari 40 jurnal, 2 buku, dan 1 skripsi dengan batasan publikasi 10 tahun terakhir.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **HASIL**

#### **I. Sejarah Histopatologi dalam Forensik**

Sejarah histopatologi dalam forensik diawali oleh pengamatan pertama terhadap jaringan hewan dan tumbuhan pada awal abad ketujuh belas oleh Galileo, Hooke, Malpighi, dan Leeuwenhoek dengan menggunakan mikroskop. Buku pegangan pertama histologi manusia untuk dokter dan mahasiswa oleh ahli anatomi Swiss Albert von Koelliker, yang menurut Garrison, "ahli histologi paling terkemuka pada periode awal" diterbitkan di Leipzig pada tahun 1852. von Koelliker termasuk orang pertama yang memperkenalkan teknik fiksasi, pemotongan, dan pewarnaan yang lebih baru ke dalam mikroskop. Otoritas berwenang merekomendasikan penggunaan mikroskop dalam keputusan Prusia tentang prosedur autopsi medikolegal (1875), yaitu dokter forensik harus memiliki mikroskop dengan dua lensa objektif dan pembesaran minimal 400 kali lipat. Dalam bukunya tentang teknik pembedahan, Rudolf Virchow (1821-1902) juga menekankan bahwa perubahan patologis tertentu tidak dapat dikenali dengan mata telanjang, melainkan harus menggunakan bantuan mikroskop atau kaca pembesar, terutama untuk praktik medikolegal (Houck, 2017).

Histopatologi forensik adalah bagian integral dari diagnosis sejak dimulainya kedokteran forensik. Histologi forensik dilakukan setelah penyelidikan autopsi. Saat ini, penyelidikan histologis organ dan jaringan dilakukan atau diperintahkan oleh pihak berwenang hanya pada sekitar 50% dari seluruh autopsi dalam kedokteran forensik Eropa (Dettmeyer, 2014).

Tujuan utama dalam pemeriksaan postmortem forensik adalah untuk menentukan penyebab

kematian dengan tepat. Seringkali penyebab kematian terlihat jelas setelah pemeriksaan makroskopis tanpa masukan histologi, tetapi pemeriksaan histologi memiliki dampak yang signifikan dalam beberapa kasus (Lau & Lai, 2009). Histologi memberikan kontribusi dalam menentukan penyebab kematian sebesar 2%, serta sebesar 8% dalam menambah informasi terkait penyebab kematian dari total 500 kasus di Inggris dan Wales (Frontczek, et al., 2014).

Histopatologi forensik memiliki dampak signifikan dalam beberapa fenomena, seperti perubahan postmortem pada sel dan jaringan serta diferensiasinya dari perubahan vital, waktu dan penyebab cedera baik yang berasal dari mekanik atau fisikokimia, dan pengecualian atau konfirmasi perubahan patologis lainnya dan pentingnya perubahan tersebut sebagai kemungkinan penyebab utama atau penyebab kematian (Houck, 2017).

## 2. Peranan Histopatologi untuk Forensik

Pentingnya histologi konvensional untuk patologi forensik telah menjadi kontroversi semenjak pesatnya pengembangan pendekatan biolog molekuler. Perkembangan biologi molekuler yang terus berkembang diprediksi akan dapat menggantikan metode analisis lain yang lebih sederhana (Angerili et al., 2021) dalam penanganan kasus-kasus forensik. Selain bidang biologi molekuler, bidang histologi dan anatomi juga diperkirakan akan tetap diperlukan karena tidak akan tergantikan, tetapi justru akan semakin bertumbuh tidak hanya untuk keperluan diagnosis tetapi menyediakan informasi penting untuk pengujian berbasis molekuler (Walk, 2009). Hampir 40% penyelidikan forensik terhadap penyebab kematian menunjukkan bahwa temuan makroskopi yang tidak dapat diidentifikasi dapat dipecahkan secara histologis (Grandmaison et al., 2010). Fronczek et al. (2014) melakukan tinjauan retroaktif terhadap 500 kasus di United Kingdom (UK).

Pendekatan histologis dilakukan pada 287 dari 500 kasus yang dipilih. Patologis yang menangani kasus tersebut tidak mengambil sampel jaringan pada kasus yang dirasa bahwa pemeriksaan dengan mata telanjang sudah cukup untuk menentukan penyebab kematian. Fronczek et al. (2014) menemukan ada ketidaksesuaian antara pemeriksaan makroskopis dan mikroskopis pada 16% dari 287 kasus tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan histologis dibutuhkan untuk membantu patologis membuat determinasi yang jelas pada penyebab kematian.

Oleh karena itu, pengamatan secara histologis berpotensi yang sangat baik dalam memberikan bukti yang kuat untuk mendukung kejelasan suatu kasus. Penyelidikan yang kurang mendalam tentu akhirnya dapat memberikan hasil yang berbeda dengan kondisi nyata, sehingga berpotensi untuk menimbulkan kerugian atas pemutusan masalah atau kasus. Akurasi yang tinggi dari hasil histologis sediaan juga dapat menjadi bukti yang sangat kuat untuk mendukung keputusan suatu masalah atau kasus.

## 3. Tujuan Histopatologi

Seperti pada patologi umum, investigasi mikroskopis dalam kedokteran forensik memiliki beberapa tujuan, yaitu mengonfirmasi diagnosis autopsi makroskopis, mendeteksi atau menentukan penyebab kematian, dan mendeteksi sel atau bahan biologis untuk penyelidikan lebih lanjut (Dettmeyer, 2014).

Peran utama histologi dalam praktik patologi forensik. Peran utama dari histologi dalam praktik forensik antara lain sebagai pemeriksaan tambahan utama pada suatu kasus jika pemeriksaan makroskopis tidak dapat menemukan kondisi patologis spesifik yang menyebabkan kematian; mengonfirmasi dan menyempurnakan diagnosis makroskopis, termasuk patologi insidental yang ditemukan pada otopsi; mengonfirmasi atau menyangkal diagnosis antemortem dan kerugian

klinis pada suatu kasus; mengevaluasi intervensi medis dan bedah sebagai sarana audit medis; sebagai bentuk dokumentasi permanen atas patologi yang diidentifikasi pada autopsi; sebagai sumber materi dalam pendidikan kedokteran; dan sebagai sumber dari penelitian yang dapat dikembangkan.

#### 4. Metode Diagnosis Histologi di Bidang Forensik

Histopatologi forensik merupakan penerapan teknik-teknik dan pemeriksaan histologis dalam praktik patologi forensik. Teknik ini merupakan teknik yang memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan dengan teknik lainnya. Umumnya, histopatologi klinis mengamati sebagian sampel jaringan dari organ yang diperoleh dari secara khusus karena sudah ditentukan dari suatu spesimen dan telah melalui fiksasi. Sementara itu, histopatologi forensik, mengamati sampel jaringan yang berasal dari berbagai sampel dengan berbagai kondisi yang tidak sesuai dengan kondisi awal, seringkali organ telah mengalami autolisis dan pembusukan. Histopatologi forensik juga meneliti keseluruhan organ, kemudian akan lebih fokus pada organ yang diperkirakan menjadi penyebab kematian. Berbeda dengan histopatologi klinis yang hanya fokus meneliti bagian jaringan tertentu saja (Lau & Lai, 2009).

Tiap negara memiliki ketentuan yang berbeda terkait penanganan histopatologi dalam menentukan penyebab kematian. Peran histopatologi dalam diagnosis forensik adalah untuk mendukung atau bahkan menyangkal temuan secara makroskopis. Sebab, pemeriksaan melalui lokasi kematian dan juga autopsi diagnosis lengkap yang dilakukan dengan baik dan benar, belum selalu cukup untuk menentukan penyebab kematian. Dengan adanya histopatologi, maka dapat diperoleh data yang lebih akurat dan membantu dalam penarikan kesimpulan diagnosis forensik (Hadjiev *et al.*, 2022).

Autopsi diagnosis lengkap mempunyai peran penting dalam mengungkap penyebab kematian, dan

dianggap sebagai standar emas dalam menentukan penyebab kematian. Keakuratan metode ini ditentukan oleh ketersediaan fasilitas yang lengkap, sumber daya manusia yang terampil, dan kualitas uji laboratorium. Dalam pelaksanaannya, autopsi diagnostik lengkap seringkali menghadapi kendala, seperti keterlambatan proses pemakaman dan keyakinan agama (Subedi, *et al.*, 2023).

Meskipun hingga saat ini metode autopsi diagnosis lengkap masih menjadi pilihan utama dalam forensik, metode ini juga tidak jarang mengalami kendala. Terdapat banyak hasil autopsi yang negatif atau autopsi tidak jelas, yaitu tidak ditemukan penyebab utama kematian. Autopsi kedua seringkali dilakukan karena masih ada kejanggalan atau masalah yang belum terpecahkan (Menezes & Monteiro, 2023).

#### 5. Metode Histopatologi Forensik

- a. Metode parafin dengan pewarnaan hematoksilin-eosin (H&E)

Wei *et al.* (2020) menggunakan metode parafin sederhana dan ekonomis yaitu pewarnaan H&E untuk mengamati perubahan struktur histologis kulit manusia selama 32 hari pasca kematian. Hasil menunjukkan bahwa metode pewarnaan sederhana sekalipun sudah dapat digunakan untuk menunjukkan perubahan histologis. Tampak bahwa jaringan kulit menunjukkan derajat perubahan tertentu seiring pertambahan waktu. Meskipun demikian, hasil pengamatan tentu sangat bergantung pada kompetensi pengamat.

- b. Metode Parafin dengan Pewarnaan Khusus  
Pewarnaan khusus adalah pewarnaan yang digunakan saat pewarnaan dasar tidak menghasilkan informasi yang cukup. Beberapa pewarnaan khusus yang dapat digunakan dalam histopatologi menurut Soyab (2020) antara lain:

- 1) Pewarnaan Periodic Acid Schiff (PAS):  
pewarna ini digunakan untuk mewarnai

glikogen, mukoprotein netral, glikoprotein, fungi, membran dasar, dan gula terfosforilasi. Contoh penggunaannya adalah pada diagnosis musin pada *adenocarcinoma*, kelainan penyimpanan glikogen, sarkoma Ewing, dan *rhabdomyosarcoma*.

- 2) Metode Sudan Black B: metode ini digunakan untuk mewarnai lipoprotein, trigliserida netral, dan berguna dalam diagnosis kelainan hematologis.
  - 3) Metode pewarnaan jaringan ikat: jaringan ikat terdiri dari jaringan ikat longgar dan padat, serta jaringan ikat yang terspesialisasi. Pewarnaan jaringan ikat dapat menggunakan teknik *Masson's Trichrome* untuk membedakan kolagen dan otot pada tumor, mendiagnosis perubahan fibrosis pada sirosis hati dan pielonefritis.
  - 4) Pewarnaan Perl: metode ini membantu mengidentifikasi keberadaan ion Ferri.
  - 5) Metode Masson Fontana: metode ini dapat digunakan untuk identifikasi melanin dan granula argentaffin serta dapat digunakan untuk diagnosis tumor melanoma.
- c. **Imunohistokimia**
- Imunohistokimia adalah metode yang serbaguna karena memiliki kemampuan untuk menganalisis molekul pada lokasi mereka diekspresikan. Metode ini juga mudah digunakan dan hasilnya dapat diandalkan (Neri et al., 2018). Bertozzi et al. (2021) menguji aplikasi imunohistokimia pada sampel kulit dari jenazah dengan luka trauma. Sebagian besar *marker* yang diuji menunjukkan ekspresi tinggi pada jaringan kulit yang membusuk hingga 15 hari pasca kematian.
- d. *Minimally Invasive Tissue Sampling (MITS)*

MITS adalah salah satu metode histologi forensik yang cukup akurat dan menjadi alternatif dari metode autopsi diagnosis lengkap. Dalam hal terjadinya kasus pandemi, MITS direkomendasikan menjadi metode autopsi yang terbaik, seperti pada kasus terjadinya pandemi COVID-19 dan pandemi di Gandaki, Nepal (Subedi et al., 2023; Schädler et al., 2023). Melalui perkembangan histologi forensik, metode pengambilan sampel jaringan invasif minimal (MITS) bisa menjadi salah satu pilihan terbaik. Sebagai pertimbangan, metode MITS dilakukan dengan mengambil sampel organ, menggunakan jarum biopsi dan mengumpulkan cairan tubuh serta bahan jaringan untuk analisis histologi dan mikrobiologi (Subedi et al., 2023). Prosedur MITS juga menjadi pilihan terbaik karena prosedurnya lebih singkat tanpa harus membuat banyak sayatan pada tubuh, sehingga lebih diterima oleh keluarga jenazah (Feroz et al., 2019).

## 6. Penerapan Histopatologi untuk Forensik

Beberapa contoh penerapan histopatologi untuk praktik forensik adalah sebagai berikut.

### a. Pengukuran Emboli Lemak Paru

Emboli lemak adalah adanya lemak dalam sirkulasi sistemik yang dapat dideteksi dalam darah dan urin pada hampir semua pasien dengan fraktur tulang panjang (Newbigan et al., 2016). Emboli lemak paru dan sumsum tulang terjadi setelah trauma akibat kecelakaan lalu lintas, serta terjadi akibat prosedur pembedahan seperti endoprostesis total setelah patah tulang leher femoralis yang biasanya terjadi pada individu lanjut usia. Emboli lemak adalah kejadian subklinis yang dilaporkan cukup umum terjadi, yaitu 90% patah tulang panjang dan panggul. Kematian

akibat emboli lemak dilaporkan mulai dari 2,5% hingga 20%. Dalam beberapa kasus, emboli lemak dan sumsum tulang dapat menjadi penyebab langsung kematian jika terdapat emboli lemak dan gagal jantung kanan akut atau kerusakan jantung yang ditemukan pada autopsi. Pada semua kasus emboli lemak paru, perlu dilakukan pemeriksaan emboli lemak di otak dan *loop* kapiler glomerulus ginjal, terutama jika korban hanya dapat bertahan hidup dalam jangka waktu singkat (Dettmeyer, 2014). Peran histopatologi dalam pengukuran emboli lemak paru tikus, yaitu hematoksilin eosin dapat menunjukkan penebalan dinding arteri dan arteriol serta menunjukkan adanya eritrosit septum dan alveolar serta sel inflamasi (McCliff *et al.*, 2009).

b. Penentuan Usia *Infark* Miokard

*Infark* miokard atau yang biasa disebut sebagai serangan jantung disebabkan oleh penurunan atau terhentinya aliran darah ke sebagian jantung, yang menyebabkan nekrosis otot jantung. Hal ini umumnya disebabkan oleh bekuan darah dalam arteri epikardial yang memasok otot jantung (Saleh & Ambrose, 2018). Salah satu cara penentuan usia histopatologi miokard adalah mengambil spesimen dari area *infark* perifer dan pusat. Area eosinofilik homogen pada kardiomyosit muncul sekitar 2-3 jam. Temuan imunohistokimia yang jelas dengan penanda nekrosis dini seperti C5b-9(m) dan fibrinogen dalam kasus hilangnya desmin dan mioglobin dapat diperkirakan terjadi pada 4-5 jam setelah *infark* miokard. Pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya memperlihatkan zona nekrotik di area *infark* menjadi semakin jelas dengan penggelapan inti sel dan degradasi granular sel miokard. Infiltrasi seluler oleh leukosit dimulai di pinggiran dan

dapat dideteksi di pusat *infark* miokard setelah 24 jam, sedangkan infiltrasi leukosit padat dapat terbentuk pada hari-hari berikutnya. Jaringan granulasi yang berdiferensiasi sebagai ekspresi *infark* terlihat setelah sekitar 2-3 minggu, dengan kapiler bercabang, fibrosit, fibroblas, limfosit, makrofag, *siderophages*, dan granulosit. Jaringan parut berkembang pada 2-3 bulan yang menunjukkan penurunan selularitas dan dapat mengalami kalsifikasi dalam beberapa kasus (Dettmeyer, 2014).

Peran histopatologi dalam penentuan usia *infark* miokard, yaitu menggunakan pewarna hematoksilin eosin serta pewarnaan khusus (*Masson-Trichome*, *acid-fuchsin*, dan PTAH) untuk membuat lesi lebih menonjol. *Infark* dini yang terjadi dalam beberapa jam sebelum kematian ditunjukkan dengan metode histokimia untuk mendeteksi keberadaan enzim malat, suksinat, atau dehidrogenase laktat, komponen membran basal, protein sitoskeletal, molekul adhesi matriks sel, serta protein pengikat asam lemak (Lau & Lai, 2009).

c. Penilaian Steatosis, Fibrosis, dan Sirosis Hati

Steatosis hati adalah perlemakan hati yang terjadi akibat akumulasi trigliserida di hepar. Trigliserida dibentuk oleh asam lemak bebas dari makanan maupun lipolisis perifer, dan juga secara *de novo* (Nurman & Huang, 2007). Derajat steatosis hati alkoholik dan non-alkohol diketahui dengan menggunakan metode mikroskop (ringan, sedang, berat) (Dettmeyer, 2014). Fibrosis hati adalah akumulasi protein matriks ekstraselular (ECM) berlebihan yang terjadi pada sebagian besar jenis penyakit hati kronis (Bataller & Brenner, 2005). Sirosis adalah penyakit hati patologis yang ditandai dengan pembentukan jaringan parut dan nodul regeneratif pada sel-sel hati. Kondisi ini menyebabkan perubahan bentuk

dan ukuran hati disertai dengan peningkatan tekanan pada vena dan berkurangnya aliran darah pada vena porta (Efmisa et al., 2023). Sirosis hati ditunjukkan oleh pembentukan *pseudolobule* dan untaian fibrosa terhubung yang muncul dari bidang portal (Dettmeyer, 2014).

Peran histopatologi dalam deteksi sirosis hati adalah membantu menentukan kualitas konsumsi alkohol, menyingkirkan kanker hati hepatoseluler atau kolangioseluler, dan menarik kesimpulan mengenai aktivitas penyakit (Dettmeyer, 2014). Evaluasi histologis adalah satu-satunya metode untuk membedakan steatosis dari bentuk NAFLD lanjut, yaitu steatohepatitis nonalkohol dan fibrosis (Brunt & Tiniakos, 2010).

d. Penentuan Usia Trombus/Tromboemboli

Tromboemboli adalah pembentukan trombus dan emboli pada pembuluh darah yang dapat menyebabkan penyakit gagal jantung, stroke, varises vena, dan kerusakan arteri (Rohim, 2018). Menentukan usia trombus atau tromboemboli terjadi dalam dua tahap untuk perbandingan dengan jangka waktu tertentu dari efek traumatik. Orientasi primer diambil dari tanda-tanda pengorganisasian trombus, yaitu dimulai dari dinding pembuluh darah (Dettmeyer, 2014).

Peran histopatologi dalam penentuan usia trombus/tromboemboli adalah menggunakan pewarnaan histologi konvensional, yaitu segar, baru tetapi tidak lagi segar, agak lama (hari-minggu), dan lama. Jika memungkinkan, dibutuhkan spesimen dari area dinding pembuluh darah tempat menempelnya trombus. Langkah pertama yang dilakukan adalah memeriksa kontinuitas membran basal, invasi fibroblas dan fibrosit, dan munculnya *siderophages*, serta mencari kapiler yang

bercabang (Fineschi et al., 2009). Kriteria histologi lain mencakup deteksi jaringan serat fibrin halus di pusat trombus atau tromboemboli dan kerentanan inti sel leukosit tertutup terhadap pewarnaan (Dettmeyer, 2014).

e. Diagnosis Syok dengan Berbagai Penyakit

Histopatologi dapat mendokumentasikan reaksi syok organisme, seperti nekrosis sentrilobular di hati (pembentukan membran hialin di paru-paru) dan emboli megakariosit. Granulosit eosinofil yang banyak serta sel *mast* yang mengalami degranulasi menunjukkan syok anafilaksis, sedangkan tidak adanya kemacetan di organ dalam menunjukkan syok hemoragik-hipovolemik. Aktivasi organ limfatik serta terdeteksinya bakteri patogen adalah tanda syok septik. Perikarditis fibrinosa terisolasi terlihat pada keadaan syok uremik (Dettmeyer, 2014).

f. Penafsiran Temuan dengan Karakteristik yang Berbeda-beda

Beberapa diagnosis forensik menunjukkan bahwa terdapat temuan patologis yang penyebab pastinya tidak dapat diidentifikasi. Vakuola hepatosit halus atau kasar yang negatif untuk pewarnaan Sudan-III dapat disebabkan oleh keracunan kronis, seperti keracunan kronis dengan *colchicine* dan *beta-blocker* (metoprolol). Temuan nekrosis sel hati atau respons inflamasi ringan disertai dengan sel Kupffer yang teraktivasi dapat mengindikasikan hepatitis non-spesifik yang disebabkan oleh obat. Contoh temuan khas lain adalah keracunan etilen glikol (endapan kristal, misalnya di tubulus ginjal) serta nekrosis hati yang luas mengindikasikan keracunan jamur (isi lambung harus diperiksa secara mikroskopis, misalnya menggunakan pewarnaan Grocott) (Dettmeyer, 2014).

## 7. Prospek Histopatologi Forensik

Histologi merupakan salah satu bidang yang berkembang pesat dan dapat digunakan dalam berbagai bidang, salah satunya biologi forensik. Perubahan histopatologi pada suatu luka dapat digunakan untuk memperkirakan kapan terjadinya cedera. Penentuan usia luka adalah bidang yang menarik dalam kedokteran forensik dan dapat berkontribusi pada penyelidikan tindak kejahatan. Oleh karena itu, analisis histopatologi merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi usia luka dengan memberikan hasil dalam waktu singkat dan biaya rendah. Analisis histopatologi akan memberikan penilaian tentang waktu terjadinya cedera dengan tepat (Al-Salh & Al-Jameel, 2023).

Titford & Bowman (2012) menyatakan bahwa penelitian terhadap struktur jaringan tubuh ke depan akan memudahkan dalam mengidentifikasi penyebab kematian seseorang. Pada masa depan, visualisasi jaringan tertentu di tubuh dapat dilakukan menggunakan teknologi baru seperti CT-scan, sehingga mengurangi jumlah autopsi. Autopsi histologis memiliki akurasi yang sangat baik dalam menentukan penyebab kematian. Selain itu, autopsi histologis juga dapat digunakan untuk mengontrol keakuratan diagnosis klinis, tes diagnostik, dan sertifikasi kematian (Roulson *et al.*, 2005). Berbagai penelitian dilakukan untuk mengembangkan dan menyempurnakan metode diagnosis postmortem dan forensik. Beberapa prospek di masa depan terkait histopatologi forensik adalah penerapan imunohistokimia, *forensic neuropathology*, dan *immunohistochemical diagnosis in cardiac pathology and sepsis* (Lau & Lai, 2009).

Adapun tantangan yang dihadapi dalam penerapan histologi untuk forensik adalah perlu hasil penelitian lain yang mendukung diagnosis histologi untuk postmortem karena penerapan histopatologi dalam forensik masih sangat terbatas (Torfinn *et al.*, 2023). Selain itu, perkembangan di bidang molekuler juga

sangat berkembang pesat, sehingga sangat dimungkinkan adanya teknik diagnosis forensik yang lebih maju dan canggih, atau bahkan adanya kombinasi antara molekuler dan histologi.

## KESIMPULAN

Histopatologi forensik berkembang pesat seiring perkembangan kedokteran forensik. Histopatologi dapat menjadi metode pendukung untuk mengonfirmasi diagnosis kasus forensik karena mampu memberikan profil kerusakan sel dan jaringan. Metode histopatologi forensik yang dapat digunakan adalah metode parafin dengan pewarnaan H&E dan pewarnaan khusus, serta *Minimally Invasive Tissue Sampling* (MITS). Metode histopatologi tidak hilang seiring perkembangan metode molekuler tetapi justru semakin berkembang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aflanie, I., Nirmalasari, N., & Arizal, M. H. 2020. Ilmu Kedokteran Forensik & Medikolegal. Jakarta: Rajawali Press.
- Al-Salh, M. A. & Al-Jameel, W. H. 2023. Histopathological changes as tools to discriminate antemortem and postmortem wounds in rats: Prospective applications in forensic medicine. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. 37(1): 197-204.
- Ashrifurrahman, A., Simamora, S., Ritonga, R., Novarino, W., Tjong, D. H., Rizaldi, R., Syaifullah, S., & Roesma, D. I. 2022. Sumatran tiger identification and phylogenetic analysis based on the COI gene: Molecular forensic application. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 23(4): 1788–1794. <https://doi.org/10.13057/BIODIV/D230410>
- Angerili, V., Galuppini, F., Pagni, F., Fusco, N., Malapelle, U., and Fassan, M. 2021. The Role of the Pathologist in the Next-Generation Era of Tumor Molecular Characterization. *Diagnostics*. 11(339): 1-15.
- Bataller, R. & Brenner, D. A. 2005. Liver fibrosis. *The Journal of Clinical Investigation*. 115: 209-218.
- Bertozzi, G., Ferrara, M., La Russa, R., Pollice, G., Gurgoglione, G., Frisoni, P., Alfieri, L., De Simone, S., Neri, M., and Cipolloni, L. 2021. Wound Vitality in Decomposed Bodies: New Frontiers Through Immunohistochemistry. *Frontiers in Medicine*. 8(802841): 1-7.

- Brunt, E. M., & Tiniakos, D. G. 2010. Histopathology of nonalcoholic fatty liver disease. *World journal of gastroenterology: WJG*. 16(42): 5286.
- Dalton, D. L., de Bruyn, M., Thompson, T., & Kotzé, A. 2020. Assessing the utility of DNA barcoding in wildlife forensic cases involving South African antelope. *Forensic Science International: Reports*. 2: 100071. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.100071>
- De la Grandmaison GL, Charlier P, Durigon M. 2010. Usefulness of systematic histological examination in routine forensic autopsy. *J Forensic Sci*. 55: 85-8.
- Dettmeyer, R. B. 2014. The role of histopathology in forensic practice: an overview. *Forensic science, medicine, and pathology*. 10: 401-412.
- Dror, I. E. 2018. Biases in forensic experts. *Science*. 360(6386): 243. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAT8443>.
- Efmisa, A. K., Armenia, A., & Almasdy, D. (2023). Penggunaan Obat Berpotensi Hepatotoksik pada Pasien Sirosis Hati: Suatu Telaahan. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*. 6(2): 766-771.
- Fardhinand, H. A. 2015. Eksistensi Tes DNA (Deoxyribo Nucleic Acid) sebagai Alat Bukti dalam Pembuktian Hukum Pidana. *Lex Crimen*, 4(2): 199-207.
- Feroz, A., Ibrahim, M. A., McClure, E. M., Ali, A. S., Tikmani, S. S., Reza, S., Abbasi, Z., Raza, J., Yasmin, H., Bani, K., Zafar, A., Siddiqi, S., Goldenberg, R. L., and Saleem, S. 2019. Perceptions of parents and religious leaders regarding minimal invasive tissue sampling to identify the cause of death in stillbirths and neonates: results from a qualitative study. *Reprod Health*. 16(1): 53.
- Fineschi V, Turillazi E, Neri M, Pomara C, Riezzo I. 2009. Histological age determination of venous thrombosis: a neglected forensic task in fatal pulmonary thromboembolism. *Forensic Sci Int*. 186: 22–8.
- Frontczek, J., Hollingbury, F., Biggs, M., & Ruttly, G. 2014. The role of histology in forensic autopsies: Is histological examination always necessary to determine a cause of death? *Forensic Science, Medicine, and Pathology*. 10(1): 39–43. <https://doi.org/10.1007/s12024-013-9496-5>.
- Ghugre, N. R., Ramanan, V., Pop, M., Yang, Y., Barry, J., Qiang, B., ... & Wright, G. A. 2011. Quantitative tracking of edema, hemorrhage, and microvascular obstruction in subacute myocardial infarction in a porcine model by MRI. *Magnetic Resonance in Medicine*. 66(4): 1129-1141.
- Hadjiev, R., Tankova, ., & Philipov, S. 2022. The importance of histological examination in forensic medical practice. *Medico-legal Update, January-March*. 22(1): 96-103.
- Houck, M. M. 2017. *Forensic Pathology*. London, Elsevier Inc.
- Kao, S. J., Yeh, D. Y. W., & Chen, H. I. 2007. Clinical and pathological features of fat embolism with acute respiratory distress syndrome. *Clinical Science*. 113(6): 279-285.
- Knecht, L. 2012. The Use of Hair Morphology in the Identification of Mammals. *Wildlife Forensics: Methods and Applications*. 8: 129–143. <https://doi.org/10.1002/9781119953142.CH8>
- Lau, G. & Lai, S.H. 2009. Forensic histopathology. In: Tsokos, M. (eds) *Forensic Pathology Reviews. Forensic Pathology Reviews*. 5: 239-265.
- Lestari, B. F. K., & Kusnarharja, L. A. (2021). Peran Ilmu Forensik dalam Memecahkan Kasus Kriminalitas: Studi di Rumah Sakit Bhayangkara Mataram. *Unizar Law Review (ULR)*. 4(1).
- Matkowski, A. F. I., & Benbow, E. W. 2021. Histopathology at autopsy: why bother? *Histopathology*. 79(1): 77–85. <https://doi.org/10.1111/his.14335>.
- McCliff, T. E., Poisner, A. M., Herndon, B., Lankachandra, K., Schutt, S., HaileSelassie, B., ... & Molteni, A. 2010. Fat embolism: evolution of histopathological changes in the rat lung. *Journal of orthopedic research*. 28(2): 191-197.
- Menezes R.G. & Monteiro, F.N. 2023. Forensic Autopsy. [Updated 2023 Sep 4]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539901/). Diakses pada 6 Desember 2023.
- Neri, M., Frati, A., Turillazzi, E., Cantatore, S., Cipolloni, L., Di Paolo, M., Frati, P., La Russa, R., Maiese, A., Scopetti, M., Santurro, A., Sessa, F., Zamparase, R., and Fineschi, V. 2018. Immunohistochemical Evaluation of Aquaporin-4 and its Correlation with CD68, IBA-1, HIF-1 $\alpha$ , GFAP, and CD15 Expressions in Fatal Traumatic Brain Injury. *International Journal of Molecular Sciences*. 19(11): 3544.
- Newbiggin, K., Souza, C. A., Torres, C., Marchiori, E., Gupta, A., Inacio, J., ... & Pe, E. 2016. Fat embolism syndrome: state-of-the-art review focused on pulmonary imaging findings. *Respiratory Medicine*. 113: 93-100.
- Nurman, A & Huang, M. A. 2007. Perlemakan hati non alkoholik. *Universa Medicina*. 26(4): 205-215.

- Parai, J. L., & Milroy, C. M. 2018. The utility and scope of forensic histopathology. *Academic Forensic Pathology*. 8(3): 426-451.
- Pertiwi, N. P. D., Suhendro, M. D., Yusmalinda, N. L. A., Putra, I. N. G., Putri, I. G. R. M., Artiningsih, E. Y., Al-Malik, M. D., Cahyani, N. K. D., & Sembiring, A. 2020. Forensic genetic case study: Species identification and traceability of sea turtle caught in illegal trade in Bali, Indonesia. *Biodiversitas*. 21(9): 4276–4283. <https://doi.org/10.13057/BIODIV/D210945>.
- Porzionato, A., Macchi, V., Loukas, M., & De Caro, R. 2017. Forensic clinical anatomy—definitions, methods and fields. *P5 Medicine and Justice: Innovation, Unitariness and Evidence*, 377-395.
- Pualilin, N. K., Wangko, S., & Kalangi, S. J. R. 2014. Gambaran Histologik Hepar Hewan Coba Postmortem. *Jurnal Biomedik (jbm)*. 6(2): 98–104. <https://doi.org/10.35790/jbm.6.2.2014.5550>
- Rohim, A. 2018. Uji Aktivitas Antikoagulan Ekstrak Etanol Daun Pirdot (*Saurauia vulcani*, Korth). *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Roulson, J., Benbow, E. W., and Hasleton, P. S. 2005. Discrepancies between clinical and autopsy diagnosis and the value of post-mortem histology; a meta-analysis and review. *Histopathology*. 47(6): 551-559.
- Saleh, M., & Ambrose, J. A. 2018. Understanding myocardial infarction. *F1000Research*. 7: 1-8.
- Schädler, J., Azeke, A.T., Ondruschka, B. et al. 2023. Concordance between MITS and conventional autopsies for pathological and virological diagnoses. *International Journal of Legal Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s00414-023-03088-w>.
- Soyab, T. 2020. Special Stains Used in Histopathological Techniques: A Brief View. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*. 14(4).
- Subedi, N., Bhattarai, S., Ranabhat, S., Sharma, B. K., and Baral, M. P. 2023. Determination of causes of adult deaths using minimally invasive tissue sampling in Gandaki province of Nepal: a multicenter hospital-based study. *European Journal of Medical Research*. 28(407): 1-12.
- Torfinn, B., Bäckström, B., Ottosson, A., Rietz, A., Michard, J., Loisel, J., & Sandberg, D. 2023. The utility of histology in assessing the cause of death in medico-legal autopsies in selected trauma deaths: Suspension-, immersion-, fire-, and traffic-related. *Journal of Forensic Sciences*. 68(2): 509-517.
- Titford, M. & Bowman, B. 2012. What may the future hold for histotechnologists?. *Laboratory Medicine*. 43(2): 5-10.
- Walk, E. E. 2009. The Role of Pathologists in the Era of Personalized Medicine. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*. 133(4): 605-610.
- Wei, W., Michu, Q., Wenjuan, D., Jianrong, W., Zhibing, H., Ming, Y., Bo, J., and Xia, L. 2020. Histological Changes in Human Skin 32 Days After Death and the Potential Forensic Significance. *Scientific Reports*. 10(18753): 1-7.