

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A Telaah Pustaka

1. Histoteknik

Prosedur dari pembuatan sediaan preparat histologi dapat disebut dengan histoteknik. Histoteknik adalah proses untuk pembuatan sediaan preparat histologi jaringan mulai dari mempersiapkan organ atau bagian jaringan hingga preparat sediaan siap untuk dianalisa dan didiagnosis (Sofyanita & Siwi, 2024). Histoteknik merupakan *gold standard* dari pemeriksaan histologi untuk membantu suatu diagnosis penyakit dengan cara menganalisis bagian jaringan, menganalisis jenis obat hingga menganalisis hubungan antara struktur organisme dan fungsi organisme (Kayni et al., 2025).

Pada prosesing jaringan meliputi beberapa tahapan dimulai dengan pengambilan spesimen dari hewan uji kemudian dilakukan fiksasi hingga menjadi preparat histologi. Pengambilan spesimen pada hewan uji juga harus dengan keadaan yang utuh dan segar, guna mempertahankan jaringan yang ada di dalamnya tidak rusak. Apabila dalam pengambilan spesimen jaringan ini terdapat masalah hingga menyebabkan jaringan tersebut rusak maka tidak dapat melakukan untuk tahapan histoteknik (Purwani, 2024).

Berikut merupakan tahapan prosesing jaringan hingga menjadi preparat histologi dan siap untuk dilakukan analisa :

a. Fiksasi

Fiksasi merupakan tahapan prosesing jaringan yang krusial, dimana fiksasi adalah langkah pertama dilakukan untuk pencegahan autolisis yang dapat menyebabkan hancurnya elemen-elemen diagnostik pada jaringan. Perlunya dilakukan fiksasi ini akan mempermudah untuk membantu langkah-langkah selanjutnya (Wulansari, 2022). Dengan begitu fiksasi adalah suatu usaha yang dilakukan sesegara mungkin yang memiliki tujuan untuk mempertahankan komponen-komponen jaringan tetap berada pada tempatnya sama halnya dengan semasa hidupnya (Khristian & Inderiati., 2017).

Pada bentuk dan ukuran makromolekul yang berada di dalam sel akan menentukan suatu sel dari sebuah jaringan. Dalam sel terdapat makromolekul utama yang terdiri dari asam nukleat dan protein. Tahapan fiksasi ini akan tetap memberikan warna secara alami walaupun jaringan telah tidak terpasoki darah (Alwi, 2016).

b. Dehidrasi

Dehidrasi adalah metode untuk mengeluarkan cairan yang terdapat dalam jaringan setelah dilakukannya fiksasi. Proses melakukan dehidrasi ini memerlukan larutan alkohol secara bertingkat, mulai dari alkohol dengan tingkat rendah hingga alkohol tingkat tinggi atau alkohol absolut. Dehidrasi ini dilakukan dengan

cara dicelup pada masing-masing alkohol dengan waktu tertentu hingga prosesnya berakhir (Sari, 2015).

c. Penjernihan (*Clearing*)

Penjernihan (*clearing*) merupakan tahapan histoteknik yang bertujuan untuk mengeluarkan alkohol dari jaringan dan menggantinya dengan larutan yang berikatan dengan parafin (Sofyanita & Azahra, 2023). Larutan *clearing* yang umum digunakan dalam proses histoteknik adalah *xylol*. *Xylol* memiliki sifat hidrofobik yang dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan pada tahapan dehidrasi. Jika pada tahap awal larutan *clearing* menjadi keruh, hal ini menandakan bahwa proses dehidrasi belum sempurna dan jaringan masih mengandung air (Tyas et al., 2019).

d. Infiltrasi

Infiltrasi adalah tahapan histoteknik yang dilakukan setelah proses dehidrasi. Melalui proses ini jaringan direndam ke dalam larutan parafin yang panas, sehingga parafin tersebut dapat meresap ke dalam jaringan. Hal ini akan membuat jaringan mengeras dan mempermudah langkah selanjutnya (Ransun et al., 2024).

e. Penanaman (*embedding*)

Penanaman (*embedding*) proses mengeluarkan cairan pembening dari jaringan dan menggantinya dengan parafin. Jaringan harus benar-benar bebas dari cairan pembening, karena sisa cairan

tersebut dapat mengkristal dan menyebabkan jaringan mudah robek saat pemotongan (Sari, 2015). Penanaman jaringan ini dibutuhkan apabila jaringan yang dipilih adalah bahan lunak. Metode ini paling umum digunakan untuk membuat sediaan preparat histologi permanen baik pada hewan maupun tumbuhan. Melalui metode *embedding* sering digunakan karena hampir seluruh jenis jaringan dapat dipotong dengan hasil yang optimal (Sebayang et al., 2023).

f. Pemotongan (*Sectioning*)

Pemotongan jaringan merupakan proses pemotongan blok parafin yang sebelumnya telah terisi oleh jaringan menggunakan mikrotom (Citra et al., 2015). Mikrotom adalah alat yang umumnya digunakan untuk membuat irisan jaringan yang sangat tipis. Sampel jaringan yang telah ditanamkan dalam parafin digerakkan maju secara manual melalui pisau sesuai dengan ketebalan irisan yang telah ditetapkan. Hasil dari tebal dan tipisnya suatu irisan blok parafin akan mempengaruhi ketepatan diagnosis (Citra et al., 2015).

g. Pengapungan (*Floating*)

Pengapungan (*floating*) adalah proses perekatan pita parafin pada kaca objek dengan cara memasukkan objek *glass* ke dalam *waterbath* dan diarahkan pada pita parafin yang akan direkatkan dalam objek *glass*. Proses ini memiliki tujuan untuk merekatkan

pita parafin ke dalam kaca objek dengan memasukkan ke dalam *waterbath* suhu 60°C (Juliati et al., 2017).

h. Pewarnaan (*Staining*)

Deparafinisasi merupakan suatu proses pada pewarnaan (*staining*) yang bertujuan menghilangkan sisa parafin dari jaringan atau kaca objek kemudian dapat dilanjutkan dengan tahapan selanjutnya (Halim et al., 2018). Pewarnaan atau *staining* adalah tahapan pemberian warna pada suatu jaringan. Pewarnaan jaringan memiliki tujuan untuk mempermudah analisis menggunakan mikroskop dan membedakan komponen jaringan yang diamati, seperti inti sel, sitoplasma, dan struktur lainnya (Ellyawati, 2018).

Pewarnaan Hematoxylin dan Eosin (H&E) merupakan metode pewarnaan dasar yang paling sering diterapkan dalam histopatologi. Hematoxylin, sebagai pewarna bersifat basa, akan mewarnai struktur jaringan yang bersifat asam, seperti inti sel dan ribosom, dengan warna biru. Sebaliknya Eosin adalah pewarna asam yang memberikan warna merah pada komponen sel yang bersifat basa, seperti sitoplasma (Digambiro & Purwanto, 2024).

i. Perekatan (*Mounting*)

Perekatan (*mounting*) merupakan tahapan perekatan atau penempelan *deck glass* pada preparat. Penempelan ini dilakukan dengan cara meneteskan cairan perekat yang sering disebut dengan entellan (Rahmawanti et al., 2021).

j. *Labelling*

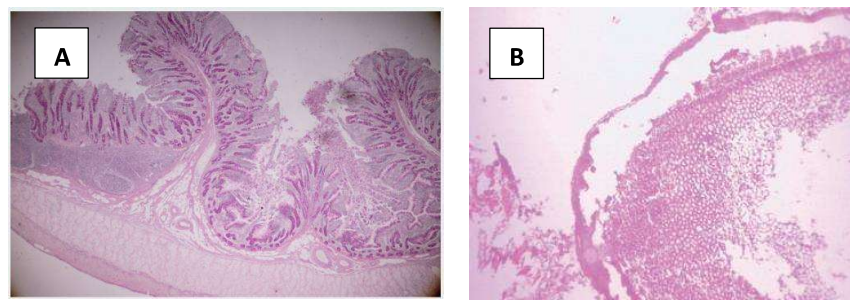
Tahapan pelabelan tidak kalah penting dari tahapan lainnya, karena sediaan histologi tanpa adanya label tidak dapat diketahui asal atau subjek sampel tersebut. Pemberian label dapat dilakukan dengan mencantumkan identitas pasien secara jelas maupun menggunakan kode identifikasi tertentu (Sumanto, 2014).

2. Fiksasi

Pembuatan preparat histologi diperlukan proses fiksasi untuk membantu mematangkan jaringan sehingga memudahkan pada proses pemotongan jaringan. Proses ini dilakukan untuk memudahkan tahapan-tahapan selanjutnya hingga menjadi suatu preparat histologi. Menurut (Howat & Wilson, 2014), larutan fiksatif dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu, fiksasi *non-crosslinking* dan fiksasi *crosslinking*. Fiksasi denaturasi merupakan salah satu jenis dari fiksasi *non-crosslinking*, yang mana larutan fiksasi ini bekerja dengan cara mendehidrasi jaringan. Sedangkan, fiksasi *crosslinking* bereaksi dengan protein dan komponen sel, kemudian ikatan kimianya akan menempel pada jaringan. Proses ini membuat fiksatif membentuk ikatan silang (*crosslinking*), antara molekul yang berbeda maupun di dalam molekul itu sendiri, sehingga struktur jaringan menjadi stabil.

Jenis fiksasi *crosslinking* ataupun *non-crosslinking* memiliki kelemahan dan keunggulan masing-masing. Fiksasi dengan cara berikatan silang (*crosslinking*), seperti formalin dan glutaraldehid

bekerja dengan membentuk ikatan kovalen antar molekul protein sehingga struktur jaringan menjadi stabil dan morfologi sel dapat dipertahankan dengan baik. Namun, umumnya jenis larutan fiksasi ini memiliki durasi waktu fiksasi yang lama (Howat & Wilson, 2014). Sebaliknya, fiksasi denaturasi (*non-crosslinking*) memiliki durasi waktu fiksasi yang cukup singkat dan lebih baik dalam mempertahankan asam nukleat, meskipun berpotensi menyebabkan penyusutan jaringan dan perubahan arsitektur histologis (Buesa, 2008).



Gambar 1. Perbedaan kualitas sediaan jaringan usus halus, pewarnaan H&E, perbesaran 100x; (A) Jaringan usus halus normal, (B) Jaringan usus halus yang memiliki artefak akibat fiksasi

Sumber : (Igho & Aimakhume, 2017)

Dalam upaya mempertahankan kondisi jaringan secara optimal selama pembuatan preparat histologi, fiksasi yang digunakan harus memiliki kualifikasi tertentu, seperti mampu mencegah autolisis dan dekomposisi jaringan oleh bakteri, mempertahankan volume serta bentuk sel, memberikan hasil pewarnaan yang konsisten, terjangkau dan tidak beracun. Dengan memenuhi kriteria ini fiksatif dapat menjaga stabilitas struktur jaringan sehingga menghasilkan preparat histologi yang baik untuk dianalisis secara mikroskopis (Dey, 2018). Hal ini

akan mempermudah diagnosis ataupun analisis, serta meningkatkan akurasi dan ketepatan pada hasil pemeriksaan histopatologi.

Larutan fiksatif dalam histologi tersedia dalam beberapa jenis, masing-masing memiliki karakteristik dan kegunaan yang berbeda (Bhat & Hussein, 2021). Pemilihan larutan fiksatif harus disesuaikan dengan tipe jaringan serta tujuan pemeriksaan yang akan dilakukan. Setiap fiksatif memiliki kemampuan tertentu dalam mempertahankan struktur sel, komponen kimiawi, maupun detail morfologi, sehingga klasifikasi dan perbedaannya menjadi penting untuk memastikan hasil diagnosis yang akurat (Musyarifah & Agus, 2018). Berikut beberapa jenis larutan fiksatif histologi dan klasifikasinya :

Tabel 1. Jenis-Jenis Larutan Fiksatif dan Komposisi

Fiksatif	Metode Fiksasi	Komposisi
B5	Denaturasi	5,4% Merkuri Klorida (w / v), 1,1% Natrium Asetat (w / v), 4% Formaldehida (v / v), Air
Bouin's	Denaturasi, ikatan silang	25% Formaldehida 37%, Asam pikrat 70%, Asam asetat 5%
Carnoy's	Denaturasi	60% Etanol, 30% Chloroform, 10% Asam asetat glasial
Glutaraldehida	Ikatan silang	2% v/v Glutaraldehida, air/PBS
Methacarn	Denaturasi	60% Metanol, 30% Chloroform, 10% asam asetat
Paraformaldehida (PFA)	Ikatan silang	4% w/v paraformaldehida ke air/PBS

Sumber : Howat & Wilson, 2014

Pada umumnya larutan fiksatif yang digunakan dalam laboratorium adalah NBF 10%. Pemilihan larutan fiksasi ini sebagai

standar pembuatan preparat histologi karena memiliki pH yang hampir mendekati netral, yaitu pH yang paling ideal digunakan untuk proses fiksasi. Namun, NBF 10% membutuhkan waktu fiksasi yang lama yaitu, 12-24 jam (Kayni et al., 2025). Pada kondisi tertentu, laboratorium dapat menggunakan jenis fiksatif lain yang memiliki waktu penetrasi dan durasi fiksasi lebih cepat sesuai kebutuhan jaringan. Berikut beberapa contoh larutan fiksatif beserta lama fiksasinya :

Tabel. 2 Larutan Fiksatif dan Durasi Fiksasinya

Larutan Fiksatif	Waktu Fiksasi
Larutan B5	4-8 jam
Larutan Bouin's	4-8 jam
Larutan Carnoy's	1-4 jam
Helly's Fixative	4-24 jam
Methacran	1-4 jam
Larutan Clarke's	3-4 jam
Zinc Formalin	4-8 jam
Zenker	4-24 jam

Sumber : Musyarifah & Salmiah, 2018

Pada proses fiksasi diperlukan ke hati-hatian dalam melakukan tahapan ini, karena akibat dari fiksasi yang salah akan menyebabkan kerusakan jaringan hingga pewarnaan tidak akan menyerap dengan baik. Dalam melakukan proses fiksasi juga terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses fiksasi yaitu :

a) pH

Potential of Hydrogen (pH) dalam proses fiksasi perlu diperhatikan, karena apabila pH yang digunakan tidak sesuai

dengan standar operasional prosedur akan menyebabkan perubahan pada struktur jaringan dan menjadi rusak akibat presipitasi sel. Pada umumnya pH yang digunakan adalah 6 – 8, jika pH yang digunakan diluar rentang nilai tersebut maka akan mempengaruhi jumlah ion yang mengakibatkan peningkatan maupun penurunan pada laju reaksi yang memberikan efek pada pengamatan mikroskopik (Alwi, 2016).

b) Suhu

Pada laboratorium pembuatan sediaan preparat histologi diperlukan fiksasi yang sesuai untuk mencegah adanya autolisis pada suatu jaringan. Hasil fiksasi suatu jaringan juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu suhu. Umumnya fiksasi yang akan dilihat menggunakan mikroskop elektron akan lebih baik disimpan dalam suhu 0 - 4°C. Sedangkan pada bidang bakteriologi yang menggunakan metode pemanasan biasanya larutan fiksatif akan dipanaskan dengan suhu 60 °C (Alwi, 2016).

c) Kemampuan Penetrasi dan Ketebalan Pemotongan

Waktu penetrasi dan tingkat penetrasi yang optimal pada proses fiksasi bermacam-macam tergantung pada penggunaan larutan fiksatifnya dan penggunaan jenis jaringannya. Pemotongan jaringan juga dapat mempengaruhi kemampuan penetrasi pada suatu jaringan. Umumnya penggunaan

pemotongan yang tipis pada jaringan akan mempercepat durasi fiksasi atau kemampuan penetrasi fiksatif terhadap suatu jaringan. Idealnya pemotongan jaringan untuk dijadikan menjadi preparat histologi tidak lebih dari 4 mm (Musyarifah & Agus, 2018).

d) Volume Fiksasi

Pada volume fiksasi harus berada batas normal supaya pada saat melakukan pengamatan sel masih terlihat sama dengan waktu masih hidup. Volume larutan fiksatif yang digunakan untuk fiksasi yaitu 5 – 10 kali dari sampel, atau dapat diperkirakan sampel telah terendam sepenuhnya (Rahmadani, 2018).

Dengan demikian pemilihan kondisi fiksasi yang tepat dapat menjadi kunci dalam pembuatan preparat histologi yang akurat.

3. *Neutral Buffered Formalin* (NBF 10%)

Neutral Buffered Formalin (NBF 10%) adalah larutan fiksatif yang dilengkapi dengan buffer (bahan penyangga). Larutan ini bekerja dengan cara ikatan silang (*cross-linking*). *Cross-linking* merupakan proses pengikatan molekul-molekul dalam suatu jaringan, seperti protein, kemudian saling mengikat melalui ikatan kimia, sehingga jaringan menjadi lebih kokoh dan stabil (Grigorev & Korzhevskii, 2018).

Formaldehida (CH_2O) merupakan agen fiksatif aldehida yang berbentuk gas pada suhu kamar dan mudah membentuk polimer larut. Polimer tersebut dapat terdepolimerisasi kembali ke bentuk monomer saat larutan diencerkan atau dipanaskan (Musyarifah & Agus, 2018). Formaldehida adalah bentuk larutan murni yang perlu dilarutkan kembali dengan air hingga mencapai pada konsentrasi 37% - 40% secara umum disebut dengan larutan formalin atau formalin pekat (Alwi, 2016).

Formalin biasanya diencerkan dengan air hingga menghasilkan formalin 10% yang mengandung sekitar 4% formaldehida, yaitu konsentrasi yang ideal untuk fiksasi. Melalui komposisi NBF 10% juga, menambahkan *Natrium dihidrogen fosfat* dan *Natrium hidrogen fosfat* untuk membentuk buffer fosfat (Cold Spring Harbor Laboratory, 2022). Buffer fosfat bekerja berdasarkan reaksi kesetimbangan asam-basa dari larutan tersebut. Kombinasi ini berfungsi membantu untuk menjaga stabilitas pH agar larutan tidak menjadi asam. Tingkat pH yang optimal untuk digunakan pada proses fiksasi yaitu 6 – 7, kisaran ini merupakan pH yang paling ideal untuk mempertahankan struktur jaringan dan meminimalkan pembentukan artefak akibat formalin (Kibble, 2023).

Penggunaan NBF 10% sering digunakan dalam laboratorium karena memiliki kelebihan larutannya mudah didapatkan dan tingkat keasaman hampir mendekati netral (Fajrina et al., 2019). Namun NBF 10% memiliki kelemahan yaitu daya penetrasi yang cukup lama yaitu

berkisar 12 – 24 jam setelah dilakukannya nekropsi (Afrida & Priyatno, 2021). Hal tersebut menyebabkan hasil yang dikeluarkan oleh dokter patologi akan menjadi lebih lama.

4. Methacarn (*Methanol Carnoy*)

Teknik fiksasi dalam mempertahankan keaslian morfologi, antigenitas protein, dan integritas asam nukleat sangat krusial dalam penelitian biomedis dasar, aplikasi klinis, dan diagnosis patologi. Methacarn adalah larutan fiksatif *non-crosslinking* dengan cara kerjanya mengendapkan protein dan telah termodifikasi dari larutan carnoy untuk mengurangi penyusutan jaringan yang diakibatkan oleh etanol. Larutan methacarn merupakan salah satu larutan fiksatif berbasis alkohol yang terdiri dari methanol 60%, chloroform 30%, dan asam asetat glasial 10% (Milcheva et al., 2013). Bahan-bahan tersebut memiliki perannya masing-masing untuk menjaga morfologi suatu jaringan yang akan di fiksasi.

Larutan methacarn biasanya digunakan sebagai fiksatif jenis denaturasi. Methanol merupakan larutan alkohol sederhana yang bekerja dengan menghilangkan air dari jaringan, sehingga akan menyebabkan ikatan hidrogen pada protein menjadi kurang stabil dan mengganggu struktur tersiernya. Meskipun demikian, struktur sekunder protein dalam jaringan masih tetap utuh (Dey, 2018).

Penggunaan alkohol murni seperti methanol, efektif dalam mengkoagulasi protein, namun penggunaanya secara tunggal sering

menyebabkan distorsi mikroanatomi pada jaringan. Untuk mengatasi hal ini, alkohol biasanya dikombinasikan dengan chloroform (*non-aqueous*), dan asam asetat. Asam asetat berfungsi menstabilkan kromatin dan mencegah penyusutan jaringan karena kompatibilitasnya dengan air, alkohol, dan pelarut hidrokarbon (Nowacek & Kiernan, 2013).

Berikut merupakan definisi larutan yang digunakan dalam komposisi larutan methacarn :

a. Methanol (CH_3OH)

Methanol adalah salah satu jenis alkohol yang paling sederhana dan memiliki sifat pelarut polar. Struktur methanol mirip dengan air sehingga dapat menembus jaringan dengan cepat, menggantikan air di seluruh tubuh. Sebagai fiksatif koagulan dengan jenis dehidrasi, methanol dapat membantu mempertahankan morfologi jaringan yang dapat diamati melalui mikroskopis (Kim, 2020).

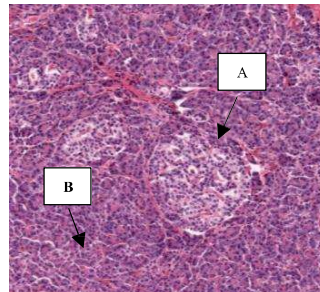
b. Chloroform

Chloroform merupakan larutan campuran yang umumnya digunakan pada fiksatif majemuk. Larutan ini berperan sebagai pelarut organik untuk membantu pelarutan lemak atau lipid dan meningkatkan penetrasi larutan fiksatif secara merata ke seluruh jaringan. Dengan hal inilah yang dapat mempertahankan morfologi dari suatu jaringan (Howat & Wilson, 2014).

c. Asam Asetat

Asam asetat merupakan agen fiksatif tambahan yang memiliki sifat non koagulasi. Senyawa ini berperan untuk menstabilkan struktur inti dan mempertahankan morfologi jaringan. Jika penggunaan secara Tunggal, asam asetat dapat menyebabkan pembengkakan sel, sehingga umumnya larutan ini dicampur dengan fiksatif lainnya. Asam asetat juga memiliki waktu fiksasi yang cepat karena daya penetrasinya yang tinggi (Bhat & Hussein, 2021).

5. Histologi Pankreas



Gambar 2. Histologi pankreas, pewarnaan H&E, perbesaran 400x;
(A) Pulau Langerhans, (B) Asinus eksokrin

Sumber : Histologyguide.com

Pulau Langerhans merupakan kelompok sel endokrin pankreas yang terletak di antara asinus dan dikelilingi oleh jaringan ikat retikulin. Struktur ini memiliki diameter sekitar 0,1 – 0,2 mm dan mengandung ribuan sel di dalamnya. Pulau Langerhans umumnya berbentuk menyerupai telur (*egg-shaped*) dan tersusun atas sel-sel berbentuk polygonal atau bulat. Secara histologis, pulau Langerhans tampak lebih

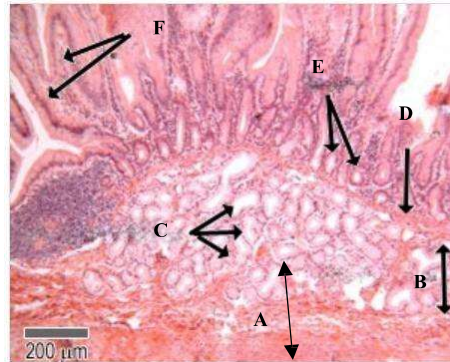
pucat dibandingkan jaringan eksokrin dan sekitarnya karena tidak mengandung granula zimogen (Baqarizky., 2015).

Bagian eksokrin pankreas tersusun atas sejumlah lobus yang dipisahkan oleh septa jaringan ikat. Setiap lobus terbagi menjadi lobulus-lobulus kecil yang dipisahkan oleh sedikit jaringan ikat, sehingga batas antar lobulus tidak tampak jelas. Unit utama eksokrin ini merupakan sel-sel asiner yang berbentuk piramidal dan memiliki inti pada bagian basal. Ciri histologis sel asiner meliputi sitoplasma basofilik pada sisi basal serta daerah apeks yang tampak asidofilik akibat keberadaan granula zimogen (Baqarizky., 2015).

6. Histologi Usus Halus

Struktur usus halus tikus pada dasarnya memiliki kesamaan dengan usus halus manusia, baik dari segi anatomi maupun fisiologinya. Keduanya tersusun atas tiga segmen utama yaitu duodenum, jejunum, dan ileum. Meskipun demikian terdapat perbedaan yang mencolok pada aspek ukuran organ. Tikus memiliki panjang total usus halus rata-rata mencapai sekitar 33 cm, sedangkan pada manusia panjangnya dapat mencapai 5-7 meter (Hugenholtz & de Vos, 2018). Terlepas dari perbedaan panjangnya, ketiga segmen usus halus pada tikus dan manusia mempertahankan pola histologi yang relatif konsisten. Berikut histologi dari ketiga segmen usus halus tikus :

a. Duodenum



Gambar 3. Histologi duodenum, pewarnaan H&E, perbesaran 400x; (A) Muscularis, (B) Submukosa, (C) *Brunner glands*, (D) Muscularis mukosa, (E) *Crypts*, (F) Villi

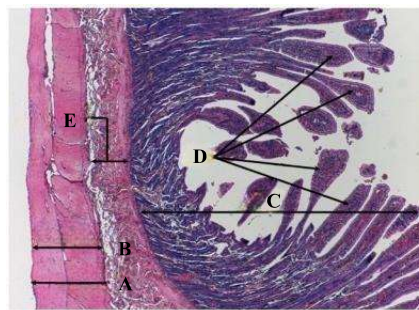
Sumber : Histology.leeds.ac.uk

Duodenum merupakan bagian pertamadari usus halus yang secara histologis memiliki struktur dasar yang serupa dengan segmen usus halus lainnya. Lapisan mukosa duodenum tersusun atas epitel, lamina propina, dan muskularis mukosa. Mukosa duodenum dilapisi oleh epitel silindris sederhana yang didominasi oleh sel absorptif berbentuk silindris tinggi dengan mikrovili pada permukaan yang menghadap lumen, membentuk *striated border* dan berperan penting dalam proses absorpsi. Melalui sel-sel absorptive tersebut terdapat sel goblet berbentuk seperti piala yang berfungsi menghasilkan mucus sebagai pelindung permukaan mukosa (Pramesti, 2016).

Bagian kript Lieberkühn, khususnya pada bagian dasar kript, ditemukan sel Paneth berbentuk silindris yang berperan

dalam mekanisme pertahanan mukosa melalui sekresi zat antimikroba, sedangkan sel epitel berbentuk silindris rendah terdapat pada bagian atas kript. Selain itu, sel argentaffin juga dijumpai pada epitel vili maupun kript sebagai bagian dari populasi sel enteroendokrin usus yang berperan dalam regulasi fungsi pencernaan. Ciri khas duodenum yang memiliki kelenjar submukosa duodenum (kelenjar Brunner) pada lapisan submukosa, yang mensekresikan musin dan bikarbonat untuk menetralkan isi lambung yang telah melalui proses setengah cerna dengan bentuk asam dari lambung serta melindungi mukosa duodenum (Loukopoulou, 2024).

b. Jejunum



Gambar 4. Histologi jejunum, pewarnaan H&E, perbesaran 100x; (A) Serosa, (B) Muscularis, (C) Mukosa, (D) Villi, (E) Submukosa

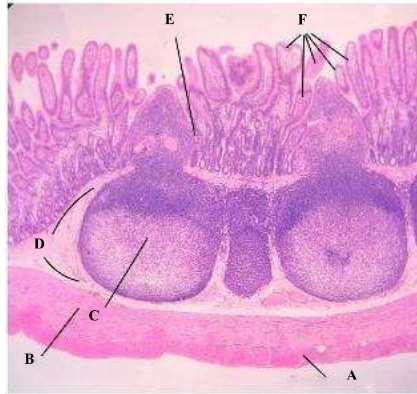
Sumber : Quizlet.com

Jejunum adalah bagian tengah dari usus halus, dimulai dari duodenum kemudian melanjutkan saluran pencernaan secara intraperitoneal (Collins et al., 2025). Jejunum ini memiliki vili

yang berukuran lebih tipis, kecil dan jumlahnya yang lebih sedikit dibandingkan dengan duodenum. Secara umum, usus halus tersusun atas beberapa lapisan utama, yaitu mukosa, lamina propria, submukosa, jaringan limfatik, lapisan muscular, serta serosa (Yahya, 2018).

Permukaan mukosa dilapisi oleh epitel kolumnar selapis yang menutupi seluruh area bebas dari membran mukosa, diikuti lamina propria yang mengandung jaringan ikat longgar, pembuluh darah, dan elemen limfoid. Bagian dasar vili terdapat kriptas Lieberkühn yang menjadi pusat regenerasi sel epitel dan tempat keberadaan sel Paneth untuk mempertahankan mukosa. Berbeda dengan duodenum, submukosa jejunum tidak terdapat kelenjar Brunner, dan juga berbeda dengan ileum, jejunum tidak memiliki *Peyer's patches*. Lapisan muscularis tersusun dari otot polos sirkularis dan longitudinal, sedangkan serosa lapisan bagian terluar terdiri dari jaringan ikat berlapis mesotelium. Ciri khas jejunum antara lain *plicae circulares* atau lipatan melingkar mukosa yang menonjol, bersama kombinasi struktur mukosa-submukosa, yang membedakannya dari segmen usus halus lainnya (Loukopoulou, 2024).

c. Ileum



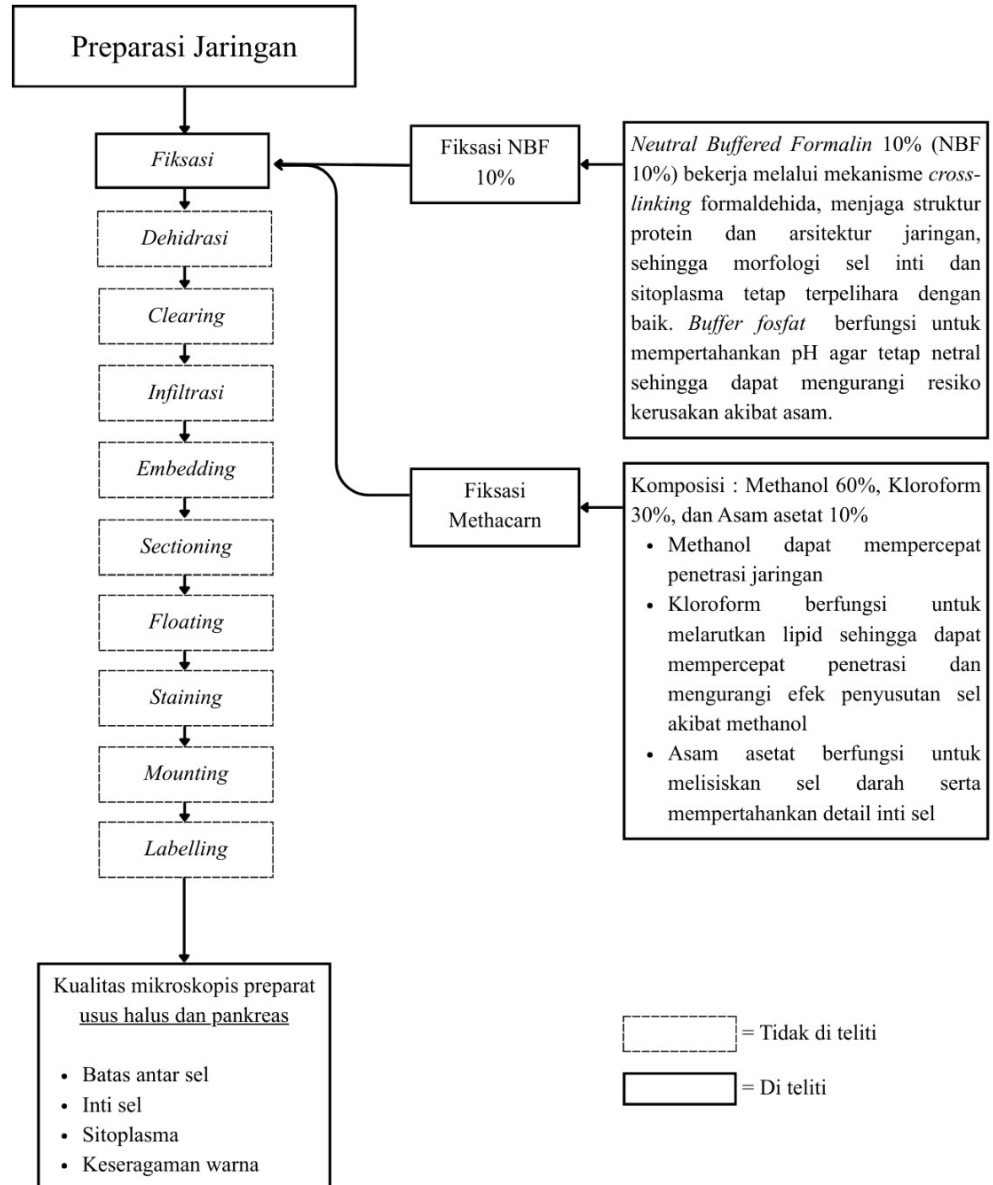
Gambar 5. Histologi ileum, pewarnaan H&E, perbesaran 100x; (A) Lapisan otot longitudinal, (B) Lapisan otot sirkular, (C) *Peyer's patch*, (D) Submukosa, (E) *Crypts*, (F) Villi

Sumber : LibreTexts

Ileum merupakan bagian yang paling pendek diantara tiga segmen usus halus yaitu hanya sekitar 25-30 mm. Dinding usus halus tersusun dalam empat lapisan utama, yaitu mukosa, submukosa, muskularis, dan serosa. Submukosa terdiri dari jaringan areolar yang mengandung kelenjar, saluran limfatik, pleksus *Meissner* (jaringan saraf), pleksus *Auerbach* (jaringan saraf) ,serta berbagai pembuluh darah. Mukosa muskularis merupakan lapisan tipis otot polos yang memiliki fungsi untuk memisahkan mukosa dari submukosa (Brelje & Sorenson, 2025). Ileum memiliki ciri khasnya yaitu memiliki banyak noduli limfoid yang terkumpul (*Peyer's patches*), bagian dari jaringan limfatik terkait gastrointestinal (GALT) yang tersusun sebagai kumpulan folikel limfa. Selain itu, lipatan melingkar

(plicae circulares) kurang menonjol, dan vili lebih pendek, sehingga menandai perbedaan morfologi ileum dengan segmen usus halus lainnya (Loukopoulou, 2024).

B Kerangka Teori



C Pertanyaan Penelitian

Apakah larutan fiksatif methacarn sebagai agen fiksasi alternatif pengganti *Neutral Buffer Formalin* 10% (NBF) dapat memberikan kualitas histomorfologi yang baik pada jaringan pankreas dan usus halus tikus Wistar?