

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, platform berbasis hidrogel semakin berkembang pesat dalam berbagai aplikasi seperti penghantaran obat, kultur sel tiga dimensi, pembalut luka, rekayasa jaringan dan alat diagnosis (Ho et al., 2022; Pinelli et al., 2020). Hidrogel merupakan jaringan polimer tiga dimensi yang saling terpaut silang dan mampu menyerap air dalam jumlah besar (Mummaleti and Kong, 2023). Sifat fisika kimia hidrogel sangat ditentukan oleh komponen penyusunnya. Hidrogel dapat mengandung satu jenis polimer atau lebih dan bergantung pada jumlah polimer yang terlibat dalam reaksi paut silang, hidrogel dapat dikelompokkan menjadi hidrogel sejati, hidrogel jaringan semi-interpenetrasi dan hidrogel jaringan interpenetrasi penuh (Chatterjee et al., 2023; Himawan et al., 2023).

Secara umum, hidrogel dibuat melalui metode paut silang (*crosslinking*), baik fisik dan kimia. Metode paut silang fisik produksinya relatif mudah dan tidak menggunakan agen pengikat silang (Ali et al., 2022). Akan tetapi, metode ikatan silang fisik menghasilkan hidrogel yang tidak teratur, rapuh, dan lemah secara mekanis ketika terkena gangguan eksternal. Hal ini disebabkan hidrogel fisik menunjukkan sifat reversibel terhadap perubahan lingkungan sehingga interaksi sekunder antara rantai polimernya tidak terlalu kuat. Adapun metode ikatan silang kimia memiliki karakteristik sifat termal, kimia, mekanik yang sangat baik, dan berperan penting dalam menjaga kestabilan struktur jaringan hidrogel (Bashir et al., 2020).

Hidrogel dapat diformulasi menggunakan polimer alami, sintesis, atau kombinasi keduanya. Polimer alami yang paling umum digunakan adalah kitosan (Bashir et al., 2020). Poli(vinil alkohol) atau PVA merupakan salah satu polimer sintesis yang banyak digunakan sebagai bahan pembentuk hidrogel (Kamoun et al., 2017). PVA merupakan polimer yang larut dalam air, tidak toksik, tidak karsinogenik, memiliki stabilitas termal yang tinggi, biokompatibel dan biodegradable sehingga digunakan secara luas dalam aplikasi industri medis (Musa and Hameed, 2021). Sifat fisika dan kimia PVA bergantung pada kondisi sintesis dan tingkat hidrolisis polimer. PVA memiliki ketahanan kimia dan pembentukan membran yang baik, serta mudah bereaksi dengan berbagai agen *crosslinking* untuk membentuk hidrogel (Hong et al., 2015). PVA dapat dipaut silang dengan berbagai senyawa seperti asam maleat, formaldehida, dan alutaraldehid. Glutaraldehid merupakan *crosslinking* yang paling



terbaik untuk PVA. Gugus hidroksil dari PVA akan bereaksi dengan formaldehid untuk membentuk ikatan asetal (Gadhve et al., 2019).

Hidrogel komposit merupakan hidrogel yang menggunakan komposisi dua atau lebih polimer (Kamoun et al., 2017). Hidrogel komposit efektif dalam sistem penghantaran obat karena menunjukkan biokompatibilitas dan pengembangan hidrogel yang lebih baik (Bashir et al., 2021). Untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan,

suatu hidrogel dapat dibuat dengan lebih dari satu polimer (Himawan et al., 2023). Beberapa polimer yang sering dikombinasikan dengan PVA dalam hidrogel adalah kitosan, poli(vinilpirolidon) (PVP), hidrosipropil metilselulosa (HPMC) dan poli(asam akrilat) (PAA). Kitosan termasuk polisakarida linier yang mengandung banyak gugus amino sehingga memiliki sifat hidrofilik, kationik, dan reaktif. Hidrogel kitosan dapat dirancang untuk melepaskan obat melalui difusi dan degradasi matriks hidrogel, serta dapat melepaskan obat dalam jangka waktu yang lama (Taokaew et al., 2023). PAA memiliki berat molekul yang tinggi, bersifat hidrofilik, tidak toksik, dan tidak mengiritasi (Ahmad et al., 2022). PVP memiliki afinitas yang tinggi terhadap air, adhesi yang baik, dan toksisitas kimia yang rendah (Rahmani et al., 2021). HPMC dapat membentuk hidrogel yang sangat stabil, bening, dan tidak berbau (Pan et al., 2023).

Pada penelitian sebelumnya, kitosan dikombinasikan dengan PVA untuk meningkatkan sifat mekanis dari hidrogel (Koosha et al., 2021). Kombinasi hidrogel PVA-PAA dapat meningkatkan viskositas hidrogel melalui ikatan hidrogen antara gugus hidroksil PVA dengan gugus karboksil PAA sehingga menghasilkan kekuatan mekanis dan kinerja pengembangan yang baik (Pan et al., 2022). Adapun komposit PVA-PVP dapat meningkatkan hidropolaritas, penetrasi air, sifat pembasahan, dan menunjukkan pengembangan yang baik (Rahmani et al., 2021). Selain itu, HPMC dapat dikombinasikan dengan PVA untuk menghasilkan hidrogel yang mengendalikan pelepasan Diltiazem HCl dari matriks, dengan HPMC berperan lebih dominan dalam proses pengendalian pelepasan obat (Parhi et al., 2015).

Hidrogel yang bersifat semi padat dapat diubah menjadi gel padat melalui pengeringan dan menghasilkan xerogel. Xerogel memiliki kepadatan yang lebih tinggi, stabilitas mekanis, fabrikasi yang mudah, dan tidak ekspansif dibandingkan dengan hidrogel (Mummaleti and Kong, 2023). Xerogel dapat digunakan dalam aplikasi *microneedle*, pengobatan regeneratif, rekayasa jaringan, penghantaran obat, pembalut luka, dan biosensor (Idumah, 2023). Hal ini disebabkan xerogel memiliki struktur yang sangat berpori dengan ukuran kecil dan luas permukaan yang besar (Mummaleti and Kong, 2023).

Sejauh ini, belum ada penelitian yang secara spesifik berfokus pada karakteristik komposit xerogel berbasis PVA-glutaraldehid yang dikombinasikan dengan beberapa polimer seperti kitosan, PAA, PVP, dan HPMC. Dalam penelitian ini, xerogel akan dibuat dengan metode *solvent casting*, salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam fabrikasi hidrogel. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru terkait karakteristik xerogel berbasis PVA-glutaraldehid dalam kombinasi dengan berbagai polimer. Analisis terhadap sifat pengembangan



molekul obat akan membantu mengidentifikasi potensi aplikasi tersebut dalam sistem penghantaran obat yang lebih efisien dan penelitian ini juga dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut aplikasi farmasi berbasis hidrogel dan xerogel.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimanakah karakteristik komposit xerogel berbasis PVA-glutaraldehyd yang mengandung kitosan, PAA, PVP, dan HPMC yang dibuat dengan metode *solvent casting*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik komposit xerogel berbasis PVA-glutaraldehyd yang mengandung kitosan, PAA, PVP, dan HPMC yang dibuat dengan metode *solvent casting*.



## BAB II

### METODE PENELITIAN

#### 2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan secara eksperimental pada bulan September – Desember 2024 di Laboratorium Farmasetika, Fakultas Farmasi, Universitas Hasanuddin.

#### 2.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu *centrifuge* (Oregon<sup>®</sup> LC-04S), cetakan silikon, *eppendorf tube* (Onemed<sup>®</sup>) *fourier transform infrared spectroscopy* (AccuTrac-4100 series), jangka sorong (Tricle Brand<sup>®</sup>), mikropipet (Dragon onemed<sup>®</sup>), *orbital shaker* (Optima<sup>®</sup>), oven (Mettler<sup>®</sup>), timbangan analitik (Sartorius<sup>®</sup>), spektrofotometer UV-Vis (Dynamica<sup>®</sup> HALO XB-10), dan peralatan gelas lainnya.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu AmB (Sigma aldrich<sup>®</sup>), air murni (Waterone<sup>®</sup>), dinatrium hidrogen fosfat (Merck<sup>®</sup>), larutan glutaraldehid 25% dalam air (Merck<sup>®</sup>), HPMC K100, kalium dihidrogen fosfat (Merck<sup>®</sup>), kalium klorida (Merck<sup>®</sup>), ketokonazol (KTZ) (PT. Dian Cipta Perkasa<sup>®</sup>), kitosan berat molekul rendah (Sigma aldrich<sup>®</sup>), natrium klorida (Merck<sup>®</sup>), oxymetazolin HCl (OMZ) (Sigma aldrich<sup>®</sup>), parasetamol (PCT) (Merck<sup>®</sup>), poli(asam akrilat) (PAA) (CV. Intraco<sup>®</sup>), PVA 87-89% terhidrolisis MW 13-23 kDa (Sigma aldrich<sup>®</sup>), PVP K-30 (Nurra gemilang lab<sup>®</sup>), teofilin (TEO) (PT. Brataco<sup>®</sup>), dan bahan-bahan penunjang lainnya.

#### 2.3 Prosedur Kerja

##### 2.3.1 Preparasi larutan stok

Larutan stok PVA 40% b/b dibuat dengan mendispersikan PVA ke dalam air murni. Selanjutnya, dispersi PVA dalam air tersebut, dipanaskan hingga 90 °C dalam oven selama 24 jam dengan pengadukan sesekali hingga diperoleh larutan yang homogen. Larutan stok kitosan 5% b/b dibuat dengan mencampur kitosan dengan asam asetat 10% v/v kemudian dihidrasi semalaman. Larutan stok PVP, HPMC, dan PAA 5% b/b disiapkan dengan mendispersikan polimer dengan air kemudian dihidrasi semalaman lalu diaduk hingga diperoleh larutan yang homogen.

##### 2.3.2 Pemilihan konsentrasi dan suhu *crosslinking*

Hidrogel dibuat dengan metode *chemical crosslinking* dengan menggunakan bahan pemaat silang. Variasi konsentrasi glutaraldehid yang penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**. Larutan stok polimer PVA *Falcon Tube*<sup>®</sup>. Selanjutnya, glutaraldehid dan HCl 10% yang dan dilarutkan ke dalam larutan sisa air dalam formula. Setelah lengan glutaraldehid dan HCl 10% di sentrifugasi selama 15 n untuk menghilangkan gelembung udara. Sebanyak 300 mg n ke dalam cetakan silikon (10 × 10 × 10 mm), diikuti dengan



pengeringan udara pada suhu ruang selama 48 jam. Polimer yang telah kering dikumpulkan dan dipotong menjadi bentuk lingkaran dengan diameter 8 mm menggunakan pelubang kertas. Selanjutnya, sampel yang telah siap dimasukkan ke dalam oven untuk proses paut silang. Reaksi paut silang dilakukan pada suhu 80 °C, 100 °C, dan 120 °C selama 2 jam. Setelah itu, film polimer disimpan dalam wadah tertutup untuk digunakan dalam eksperimen selanjutnya.

**Tabel 1.** Komposisi formula campuran polimer (%b/b)

Formula	F1	F2	F3	F4	F5
PVA 40%	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Glutaraldehyd	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
HCl 10%	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Air murni	47,5	46,5	45,5	44,5	43,5

### 2.3.3 Formulasi komposit xerogel

Xerogel dibuat dengan metode *chemical crosslinking* dengan komposisi pada **Tabel 2**. Larutan stok polimer PVA, kitosan, PAA, PVP, dan HPMC masing-masing ditimbang. Larutan PVA, glutaraldehyd dan HCl 10% ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk hingga diperoleh campuran polimer yang homogen. Setelah itu, campuran polimer disentrifugasi selama 15 menit pada 5000 rpm untuk menghilangkan gelembung udara. Sebanyak 300 mg campuran polimer dipindahkan ke dalam cetakan silikon (10 × 10 × 10 mm) kemudian di sentrifugasi selama 15 menit pada 5000 rpm, diikuti dengan pengeringan udara pada suhu ruang selama 48 jam. Selanjutnya, dikumpulkan dan dipotong menjadi bentuk lingkaran dengan diameter 8 mm menggunakan pelubang kertas. Film polimer yang terbentuk kemudian dimasukkan ke dalam oven dan dipautsilangkan berdasarkan parameter yang diperoleh dari percobaan sebelumnya. Setelah itu, film polimer direndam selama 24 jam. Hidrogel yang terbentuk selanjutnya dikeringkan selama 48 jam pada suhu ruang dan kemudian di dalam desikator selama 24 jam untuk menghilangkan sisa air. Hasil akhir dari proses ini adalah xerogel. Larutan rendaman yang diperoleh kemudian dikeringkan dengan oven dan hasil akhirnya disebut *leachbles*. Xerogel dan *leachbles* disimpan dalam wadah tertutup untuk digunakan dalam eksperimen selanjutnya.



**Tabel 2.** Komposisi formula komposit xerogel (%b/b)

Formula	F	F-Chi	F-PAA	F-PVP	F-HPMC
PVA 40%	50	50	50	50	50
Kitosan 5%	-	10	-	-	-
PAA 5%	-	-	10	-	-
PVP 5%	-	-	-	10	-
HPMC 5%	-	-	-	-	10
HCl 10%	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Glutaraldehid	2	2	2	2	2
Air murni	46,5	36,5	36,5	36,5	36,5

### 2.3.4 Uji pengembangan xerogel

#### 2.3.4.1 Kinetika pengembangan xerogel

Kinetika pengembangan dilakukan menggunakan media air pada suhu ruang. xerogel film ditimbang ( $m_0$ ) kemudian dimasukkan dan direndam ke dalam media pengembangan. Selanjutnya dikeluarkan dari media pada interval waktu 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8 dan 24 jam dan selanjutnya dikeringkan dengan kertas saring untuk menghilangkan kelebihan air yang kemudian ditimbang secara hati-hati ( $m_t$ ). Persentase *swelling* dihitung menggunakan persamaan 1 (Himawan et al., 2023).

$$\%S = \left( \frac{m_t - m_0}{m_0} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Setelah 24 jam, hidrogel ditimbang pada titik waktu terakhir dan di catat sebagai ( $m_{eq}$ ). *Equilibrium Water Content* (EWC) dihitung dengan persamaan 2 (Himawan et al., 2023).

$$\%EWC = \left( \frac{m_{eq} - m_x}{m_x} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Hidrogel dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 80 °C selama 24 jam kemudian ditimbang sebagai massa xerogel ( $m_x$ ). Fraksi gel (GF) dihitung dengan persamaan 3 (Himawan et al., 2023).

$$\%GF = \left( \frac{m_x}{m_0} \right) \times 100\% \quad (3)$$



### 2.3.4.2 Analisis kinetika pengembangan dinamis

Mekanisme pengembangan hidrogel dianalisis dengan menggunakan dua model matematika berdasarkan data hasil eksperimen yang diperoleh dari hasil uji pengembangan.

#### Model pertama – Model Fickian

Persamaan model pertama di dasarkan pada teori yang dikembangkan oleh Korsmeyer - Peppas dirumuskan pada persamaan 4 (Jastram et al., 2021; Zhu et al., 2023).

$$F = \frac{S_t}{S_{eq}} = kt^n \quad (4)$$

Keterangan:

F = fraksi penyerapan air ( $S_t/S_{eq}$ )

$S_t$  = berat pengembangan hidrogel pada waktu t (mg)

$S_{eq}$  = berat pengembangan hidrogel pada kondisi setimbang (mg)

k = konstanta karakteristik gel

n = eksponen pengembangan

Bagian dinamis dari kurva pengembangan ( $F < 0,6$ ) digunakan untuk menentukan mekanisme pengangkutan air melalui hidrogel. Nilai n dan k dihitung dari kemiringan dan intersepsi (intercept) bagian linier grafik  $\ln S_t/S_{eq}$  vs  $\ln t$ . Setelah itu, konstanta difusi air ke dalam (xerogel) dihitung menggunakan persamaan 5 (Jastram et al., 2021).

$$F = 4 \left( \frac{Dt}{\pi l^2} \right)^{1/2} \quad (5)$$

Keterangan:

l = ketebalan xerogel (mm)

D = koefisien difusi ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

Nilai D dihitung menggunakan persamaan 6 (Jastram et al., 2021).

$$D = \left( a \times \frac{\sqrt{\pi l^2}}{4} \right)^2 \quad (6)$$



dari plot  $S_t/S_{eq}$  vs  $t^{1/2}$  ( $\text{s}^{-1/2}$ )

### Model kedua – Model Voigt

Pada model kedua, data eksperimen dimasukkan ke dalam rumus Voigt yang dinyatakan dalam persamaan 7 (Pourjavadi et al., 2007).

$$S_t = S_{eq} (1 - e^{-t/\tau}) \quad (7)$$

Keterangan:

$\tau$  = parameter kecepatan (detik)

Persamaan diatas dapat di susun ulang untuk mendapatkan plot  $\ln(1 - S_t/S_{eq})$  vs  $t$ , dimana nilai  $\tau$  diperoleh dari kemiringan garis pada grafik (slope) ( $slope = 1/\tau$ ) (Pourjavadi et al., 2007).

#### 2.3.4.3 Analisis kinetika pengembangan setimbang

Integrasi kinetika orde kedua Schott digunakan untuk menjelaskan pengembangan setimbang dari formulasi hidrogel. Nilai A dan B masing-masing adalah intersep dan kemiringan dari plot  $t/S_t$  vs  $t$  dalam persamaan 8 (Raj Singh et al., 2009)

$$\frac{t}{S_t} = A + Bt = \left( \frac{1}{k_s S_{eq-t}^2} \right) + \left( \frac{1}{S_{eq-t}} \right) t \quad (8)$$

Keterangan:

$t$  = waktu (menit)

$S_t$  = tingkat pengembangan pada waktu  $t$  (%)

A = laju pengembangan awal timbal balik ( $k_{initial}$ )

B = kebalikan dari tingkat pengembangan teoritis setimbang ( $S_{eq-t}$ )

$k_s$  = konstanta laju pengembangan ( $mg_{gel}/mg_{air}$ )/menit

$S_{eq-t}$  = tingkat pengembangan teoritis setimbang ( $\%mg_{air}/mg_{gel}$ )

#### 2.3.4.4 Parameter jejaring

Nilai berat rata-rata antara polimer ikatan silang  $\bar{M}_c$  dari setiap formulasi diperkirakan melalui teori pengembangan setimbang. Berdasarkan kontribusi energi bebas independen, teori pengembangan setimbang menghitung jumlah pelarut yang terkandung dalam jaringan polimer pada keadaan setimbang. Persamaan Flory-Rehner model kuantitatif pertama dari pengembangan setimbang membandingkan



encampuran polimer dan pelarut dengan energi elastis yang dimiliki polimer dalam keadaan pengembangan untuk memasukkan energi (de Peppas, 2020). Menurut teori ini, hubungan antara parameter berat molekul polimer *crosslinking* diberikan dalam persamaan (10).

$$\bar{M}_c = \frac{-d_p V_s \phi^{1/3}}{[\ln(1 - \phi) + \phi + \chi \phi^2]} \quad (9)$$

Keterangan:

$\bar{M}_c$  = berat rata-rata antara polimer *crosslinking*

$\phi$  = fraksi volume polimer dalam keadaan mengembang

$d_p$  = densitas hidrogel

$V_s$  = volume molar media pengembangan (air, yaitu 18 cm<sup>3</sup>/mol)

$\chi$  = interaksi polimer pelarut Flory-Huggins

Dalam eksperimen ini, densitas polimer kering dihitung dengan membagi berat film yang diketahui dengan volumenya. Sampel film yang disiapkan berbentuk lingkaran sehingga volumenya dihitung menggunakan persamaan untuk benda silinder. Nilai  $\phi$  dan  $\chi$  diperoleh dari persamaan 10 dan 11 (Raj Singh et al., 2010).

$$\phi = \left[ 1 + \frac{d_p}{d_s} \left( \frac{m_{eq}}{m_0} \right) - \frac{d_p}{d_s} \right]^{-1} \quad (10)$$

$$\chi = \frac{1}{2} + \frac{\phi}{3} \quad (11)$$

Keterangan:

$d_s$  = densitas media pengembangan (g/cm<sup>3</sup>)

Dengan menggunakan nilai dari persamaan (9), densitas *crosslinking* dapat dihitung menggunakan persamaan 12 (Singh and Sharma, 2014).

$$\rho_p = d_p / \bar{M}_c \quad (12)$$

Keterangan:

$\rho_p$  = densitas *crosslinking* (mol/cm<sup>3</sup>)

Ukuran *mesh* rata-rata jaringan polimer hidrogel diperkirakan menggunakan persamaan 13 (Singh and Sharma, 2014).

$$\xi = 0.071(\phi^{-1/3}) \bar{M}_c^{1/2} \quad (13)$$

### 2.3.5 Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Spektroskopi



atan kimia pada material awal dan xerogel yang dihasilkan menggunakan FTIR untuk mendeteksi perubahan kimiawi yang s fabrikasi xerogel. Semua sampel diukur serapannya pada 4000-400 cm<sup>-1</sup> dengan 32 scans pada resolusi 4 cm<sup>-1</sup> (Himawan

### 2.3.6 Uji partisi solut

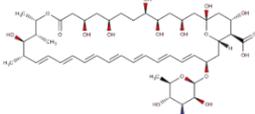
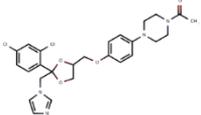
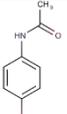
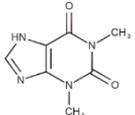
Larutan solut yang terdiri dari AMB, KTZ, PCT, TEO, dan OMZ disiapkan dalam konsentrasi 100 µg/ml dalam PBS pH 7,4. Sebanyak 1 mL larutan solut ( $V_0$ ) ditempatkan dalam vial-vial terpisah, kemudian sepotong film xerogel dimasukkan ke masing-masing vial. Vial yang berisi sampel dan larutan kontrol tanpa xerogel ditempatkan di atas *orbital shaker* pada suhu ruang yang beroperasi pada kecepatan 40 rpm. Setelah itu, larutan kemudian diambil, dan konsentrasi analit dalam larutan stok yang tersisa  $C_s$  dan larutan kontrol  $C_0$  diukur dengan spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang yang sesuai. Koefisien partisi diukur dengan menggunakan rumus yang diberikan dalam persamaan 14 (Himawan et al., 2023). Sifat molekul pada kelima larutan solut dapat dilihat pada **Tabel 3**.

$$K_d = \frac{C_m}{C_s} = \left( \frac{C_0}{C_s} - 1 \right) \frac{V_0}{V_m} \quad (14)$$

Keterangan:

$V_m$  = volume xerogel (mL)

**Tabel 3.** Sifat molekul obat (Pubchem, 2024)

Obat	Rumus bangun	Bobot molekul (g/mol)	Kelarutan (mg/mL)	Log P	Pka	Muatan Fisiologis
AmB		924,08	0,75	0,8	3,58 9,11	0
KTZ		531,43	0,01	4,35	6,42	0
PCT		151,16	4,15	0,46	9,46	0
TEO		180,17	7,36	-0,02	7,82 -0,78	0
		480,90	145	3,4	10,91 10,15	1



#### 2.4 Analisis data, pembahasan hasil, dan penarikan kesimpulan

Penelitian ini akan menerapkan pendekatan analitis yang terstruktur untuk menilai hasil yang diperoleh. Data eksperimen akan dikalkulasi dengan perangkat Microsoft Excel<sup>®</sup>. Grafik dan kurva serta analisis statistik akan dilakukan menggunakan perangkat GraphPad<sup>®</sup> untuk menentukan signifikansi data, dengan menerapkan uji statistik yang sesuai, tergantung pada jenis data dan desain eksperimen. Pembahasan hasil akan mencakup interpretasi data, menghubungkannya dengan literatur yang relevan, serta membahas implikasi dari temuan yang diperoleh. Kesimpulan akan dirumuskan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, merangkum temuan utama, menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian, serta memberikan saran untuk penelitian di masa mendatang.

