Sitotoksitas dan Induksi Apoptosis Ekstrak Etanol *Solanum ferox* dari Kalimantan Barat terhadap Sel Kanker serta Implementasinya dalam *E-Booklet* Struktur dan Fungsi Biomolekul

SKRIPSI

OLEH

SISTHA CITRA DEPASTHIKA

F1062211011

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA

JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2025

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Sistha Citra Depasthika
NIM	: F1062211011
Jurusan/Program Studi	: PMIPA/Pendidikan Kimia

Menyatakan bahwa dengan sebenarnya skripsi yang berjudul "Sitotoksitas dan Induksi Apoptosis Ekstrak Etanol *Solanum ferox* dari Kalimantan Barat terhadap Sel Kanker serta Implementasinya dalam E-Booklet Struktur dan Fungsi Biomolekul" yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dalam naskah ini yang sudah dicantumkan sumbernya.

Apabila dikemudian hari terbukti dan dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atau perbuatan tersebut.

Pontianak, 30 Januari 2025

Yang membuat persetujuan



Sistha Citra Depasthika

F1062211011

LEMBAR PENGESAHAN

Sitotoksitas dan Induksi Apoptosis Ekstrak Etanol *Solanum ferox* dari Kalimantan Barat terhadap Sel Kanker serta Implementasinya dalam E-Booklet Struktur dan Fungsi Biomolekul

Sistha Citra Depasthika

NIM F1062211011

Disetujui:

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. Masriani, M.Si., Apt.	Dr. rer.nat. Rini Muharini, S.Si., M.Si
NIP. 197105092000032001	NIP. 197501142008122003

Disahkan Oleh:
Dekan FKIP Universitas Tanjungpura

Dr. Ahmad Yani T, M.Pd.
NIP. 196604011991021001

Sitotoksitas dan Induksi Apoptosis Ekstrak Etanol *Solanum ferox* dari Kalimantan Barat terhadap Sel Kanker serta Implementasinya dalam E-Booklet Struktur dan Fungsi Biomolekul

Sistha Citra Depasthika

NIM F1062211011

Disetujui:

Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. Masriani, M.Si., Apt.	Dr. rer.nat. Rini Muharini, S.Si., M.Si
NIP. 197105092000032001	NIP. 197501142008122003

Penguji I	Penguji II
Dr. Andi Hairil Alimuddin, M.Si.	Dr. Eny Enawaty, M.Si.
NIP. 197109202000121001	NIP. 196605241992022001

Mengetahui

Ketua Program Studi Pendidikan Kimia,

Prof. Erlina, S.Pd., M.Pd., Ph.D.

NIP. 197905172006042002

Sitotoksitas dan Induksi Apoptosis Ekstrak Etanol *Solanum ferox* dari Kalimantan Barat terhadap Sel Kanker serta Implementasinya dalam E-Booklet Struktur dan Fungsi Biomolekul

Sistha Citra Depasthika

NIM F1062211011

Disetujui:

Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. Masriani, M.Si., Apt.	Dr. rer.nat. Rini Muharini, S.Si., M.Si
NIP. 197105092000032001	NIP. 197501142008122003

Penguji I	Penguji II
Dr. Andi Hairil Alimuddin, M.Si.	Dr. Eny Enawaty, M.Si.
NIP. 197109202000121001	NIP. 196605241992022001

Mengetahui

Ketua Jurusan PMIPA,

Dr. Kurnia Ningsih, M.Pd.

NIP. 196703191991012001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala kemudahan bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Tanpa pertolongannya tentu penulis tidak akan mudah untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun dengan judul "Sitotoksitas dan Induksi Apoptosis Ekstrak Etanol *Solanum ferox* dari Kalimantan Barat terhadap Sel Kanker serta Implementasinya dalam E-Booklet Struktur dan Fungsi Biomolekul". Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar karena adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Masriani, M.Si., Apt dosen pembimbing I dan Ibu Dr. rer.nat. Rini Muharini, S.Si., M.Si dosen pembimbing II, yang telah memberikan nasihat, bimbingan, arahan, kritik dan saran serta menuntun penulis selama proses penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Andi Hairil Alimuddin, M.Si dosen penguji I dan Ibu Dr. Eny Enawaty, M.Si dosen penguji II, yang telah memberikan kritik dan saran untuk menyempurnakan penulisan serta penyusunan skripsi ini.
3. Kedua orang tua penulis, Bapak Ary Citra Oktoria dan Ibu Fitrie Juliandry yang telah memberikan doa yang tak pernah putus, materi, motivasi, nasehat, perhatian, dan pengorbanan yang diberikan kepada penulis selama proses penulisan skripsi ini.

4. Saudara Kandung penulis, Priti Citra Pradiptha, Thantya Citra Novitharia, dan Honey Citra Patralalitha yang telah memberikan motivasi serta dukungan kepada penulis selama proses penulisan skripsi ini.
5. Seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Izory Roman Riyanto yang telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, baik tenaga, waktu, maupun materi kepada saya. Terima kasih telah menjadi rumah yang selalu mendengarkan curhatan, memberi nasehat, memberikan semangat pantang menyerah selama penyusunan skripsi ini.
6. Sahabat penulis Chesya Nabila, Fenny Pujiarti, dan Eka Kusuma Wardani atas support, semangat, serta dukungan yang tidak mungkin dilupakan selama penyusunan skripsi ini.
7. Teman-teman Tantalum atas dukungan dan kerjasamanya selama penulis menempuh pendidikan.

Penulis selaku penyusun menyadari bahwa masih banyak ketidaksempurnaan dalam skripsi ini dengan baik, oleh sebab itu penulis sangat berharap adanya kritik dan saran yang diberikan agar penulis dapat mengembangkan penelitian ini.

Pontianak, 30 Januari 2025



Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 6
1.3 Tujuan Penelitian 6
1.4 Manfaat Penelitian 6
1.5 Definisi Operasional 7
1.5.1 Sitotoksik Ekstrak Etanol *Solanum ferox* 7
1.5.2 Siklus Sel 7
1.5.3 Apoptosis Sel 7
1.5.4 Ekstrak Etanol *Solanum ferox* 8
1.5.5 Pengembangan *E-Booklet* 8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 10
2.1 Tumbuhan Terong Asam (*Solanum ferox*) 10
2.2 Kandungan Kimia Tumbuhan Terong Asam 12
2.3 Farmakologi Terong Asam 13
2.4 Ekstraksi 14
2.5 Skrining Fitokimia 16
2.6 Kanker dan Pengobatannya 17
2.7 Sitotoksik 18
2.8 Tipe Kematian Sel 19
2.9 Siklus Sel 21
2.10 *E-Booklet* 22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 24
3.1 Desain Penelitian 24
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 24

3.3 Variabel Penelitian 25
3.4 Alat dan Bahan 25
3.5 Prosedur Penelitian 26
3.6 Teknik Analisis 29
3.7 Cara Penafsiran dan Penyimpulan Hasil Riset 30
3.8 Rancangan *E-Booklet* 30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 33
4.1 Ekstraksi Sampel 33
4.2 Skrining Fitokimia 33
4.3 Sitotoksitas ESBSF pada Sel Kanker 35
4.4 Siklus Sel & Apoptosis ESBSF pada Sel WiDr 38
4.5 Penerapan dalam E-Booklet 42
4.5.1 Analisis 43
4.5.2 Desain 43
BAB V PENUTUP 49
5.1 Kesimpulan 49
5.2 Saran 49
DAFTAR PUSTAKA 50
LAMPIRAN 61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.1 Diagram Venn gaya belajar dari 23 mahasiswa yang melakukan survey 5
Gambar 2.1.1 Batang terong asam (a), Bunga terong asam (b), Buah terong asam masih muda (c), Daun terong asam (d) 11
Gambar 2.2.1 Struktur senyawa yang dilaporkan dari genus Solanum 13
Gambar 2.8.1 Jalur apoptosis pada kanker 20
Gambar 3.5.1 Skema ekstraksi buah terong asam 27
Gambar 4.2.1 Struktur senyawa (a) solanin dan (b) solasodin 35
Gambar 4.4.1 Sitogram Siklus Sel Kontrol Normal ESBSF (CN) (a), ½IC_{50} (b), IC_{50} (c) & Persentase Siklus Sel ESBSF (½ IC_{50} and IC_{50}) dan Kontrol Normal (d) 40
Gambar 4.4.2 Sitogram induksi apoptosis ESBSF Normal Control (CN) (a), ½ IC_{50} (b), IC_{50} (c) & Perbandingan induki apoptosis ESBSF & Normal Control (d) 41
Gambar 4.5.2.1 Sampul Depan E-Booklet 44
Gambar 4.5.2.2 Sampul Belakang E-Booklet 44
Gambar 4.5.2.3 Kata Pengantar E-Booklet 45
Gambar 4.5.2.4 Daftar Isi E-Booklet 45
Gambar 4.5.2.5 Daftar Gambar E-Booklet 46
Gambar 4.5.2.6 Materi E-Booklet 47
Gambar 4.5.2.7 Evaluasi pada E-Booklet 47
Gambar 4.5.2.8 Daftar Pustaka E-Booklet 48
Gambar 4.5.2.9 Glosarium E-Booklet 48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.1 Aktifitas farmakologis tumbuhan terong asam yang pernah dilaporkan.....14
Tabel 3.8.1 Rancangan isi dari e-booklet.....32
Tabel 4.2.1 Fitokimia EBSF & EDSF.....34
Tabel 4.3.2 Efek Sitotoksitas IC_{50} dari berbagai kanker.....36

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker adalah salah satu penyakit utama penyebab kematian di seluruh dunia. Kanker disebabkan oleh penggunaan tembakau, konsumsi alkohol berlebihan, kegemukan, kurang aktivitas fisik, pola makan rendah buah dan sayur, agen infeksius, dan paparan sinar matahari (Schwartz, 2024). Pada tahun 2022, dilaporkan jumlah kasus kanker baru sebanyak 19,9 juta di 204 negara, dengan 9,7 juta kematian (Ferlay et al., 2024). Oleh karena itu, *World Health Organization (2020)* menegaskan pencegahan dan pengobatan kanker harus menjadi prioritas utama untuk mengurangi jumlah kematian yang terus meningkat.

Dalam proses penghambatan perkembangan dan penyembuhan kanker, obat antikanker bekerja melalui berbagai mekanisme diantaranya melalui jalur apoptosis dan penghambatan proliferasi sel. Proliferasi sel adalah proses di mana sel-sel membelah dan berkembang biak untuk menggantikan sel-sel yang rusak atau mati. Porliferasi sel kanker yang tidak terkendali dapat menyebabkan pertumbuhan yang agresif, sehingga dapat menjadi salah satu indikator untuk mempelajari sifat keganasan sel kanker (Meiyanto et al., 2008). Salah satu tujuan utama dalam menghentikan pertumbuhan sel kanker adalah dengan mengatur siklus sel, yang dapat dianalisis menggunakan metode *flowcytometry* (Ross et al., 2003). Siklus sel merupakan proses teratur yang mencakup pertumbuhan dan pembelahan sel, dengan transisi antar tahapan siklus sel yang diatur oleh perubahan aktivitas kinase yang tergantung pada siklin (Barr et al., 2019). Apoptosis adalah mekanisme kematian sel yang terprogram dan terjadi secara alami dalam siklus sel. Tujuan dari apoptosis adalah untuk menghilangkan sel-sel yang berbahaya, rusak, atau tidak diperlukan (Alenzi, 2004). Apoptosis menjadi salah satu proses kematian sel yang penting, karena tidak hanya menggambarkan patogenesis suatu penyakit, namun apoptosis juga dapat memberikan petunjuk cara pengobatan penyakit (Sari, 2018).

Banyak kemajuan dalam pengobatan kanker, salah satu sumber potensial untuk pengembangan terapi kanker adalah obat-obatan herbal. Obat-obatan herbal

dapat memperpanjang masa hidup, mengurangi efek samping kemoterapi, dan meningkatkan kualitas hidup pasien kanker bila digunakan dengan terapi konvensional (Nie et al., 2016). Meskipun terapi tersebut telah menunjukkan perkembangan, namun penerapannya dinilai masih kurang efektif. Penyebabnya adalah obat-obat kemoterapi bersifat non selektif, yang berarti obat-obat tersebut tidak hanya menargetkan sel kanker, tetapi juga dapat mempengaruhi sel normal lainnya dengan memberikan efek toksik pada sel-sel tersebut selain fungsinya sebagai antikanker (Artini et al., 2021). Sehingga untuk mengurangi efek samping tersebut, dapat menggunakan obat-obatan dari tanaman tradisional atau herbal alami yang berpotensi sebagai antikanker (Haryoto & Putri, 2019).

Tumbuhan-tumbuhan yang tersebar luas di alam memberikan kontribusi yang tak ternilai bagi keberlangsungan hidup manusia. Tak hanya menyediakan oksigen dan menyerap karbondioksida (Purnobasuki, 2006) tetapi juga menjadi sumber pangan, bahan obat, dan berbagai produk komersial lainnya. Salah satu keluarga tumbuhan yang berperan penting dalam bidang kuliner dan juga kesehatan adalah keluarga *Solanaceae*. Keluarga *Solanaceae*, yang sering dikenal sebagai keluarga terung-terungan, merupakan salah satu kelompok tumbuhan yang sangat penting dalam menyediakan spesies makanan pokok (Samuels, 2015). Contoh utama dari spesies dalam *famili* ini meliputi kentang (*Solanum tuberosum*), tomat (*Solanum lycopersicum*), dan terong (*Solanum melongena*) (Kowalczyk et al., 2022). Tanaman-tanaman ini sering digunakan sebagai bahan utama dalam berbagai hidangan, termasuk sop. Selain itu, sayuran seperti tomat, brokoli, cabai, dan kentang dikenal kaya akan vitamin C, yang sangat penting untuk kesehatan manusia (Wirakusumah, 2007). Kontribusi *Solanaceae* tidak hanya terbatas pada sektor pangan. Penelitian telah menunjukkan bahwa banyak senyawa alami yang ditemukan dalam *famili* tumbuhan *Solanaceae* memiliki aktivitas antitumor, antibakteri, atau antikanker. *Alkaloid tropane* atau *glikoalkaloid* adalah dua contoh senyawa yang ditemukan dalam tanaman-tanaman *Solanaceae* (Jerzykiewicz, 2007). Senyawa-senyawa ini telah diteliti untuk potensi terapeutiknya, terutama dalam hal pengobatan kanker. Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa tanaman *Solanaceae* menghasilkan senyawa dengan aktivitas antikanker yang

terbukti potensial. Misalnya, *capsaicin* yang ditemukan dalam cabai (*Capsicum spp.*) telah terbukti memiliki efek antiproliferatif terhadap berbagai jenis sel kanker, termasuk kanker prostat dan kanker paru-paru. Demikian juga, *Solasodin*, yang ditemukan dalam terong, memiliki potensi untuk digunakan dalam terapi kanker karena sifat antitumor nya (Yadav et al., 2022). Secara keseluruhan, *famili Solanaceae* tidak hanya penting untuk keberagaman pangan tetapi juga menjanjikan sebagai sumber obat-obatan baru, terutama dalam pengobatan kanker. Potensi ini menunjukkan betapa pentingnya konservasi dan penelitian berkelanjutan terhadap tumbuhan-tumbuhan dalam *famili* ini.

Tumbuhan terong asam (*Solanum ferox*) adalah salah satu tumbuhan yang banyak tumbuh di Kalimantan Barat yang berasal dari keluarga *Solanaceae* dan dikenal sebagai bahan masakan serta memiliki beragam khasiat dalam pengobatan tradisional. Buah terung asam berguna untuk menyembuhkan sakit gigi, rebusan akarnya bisa digunakan untuk mengatasi demam, serta sebagai campuran obat luka, obat gatal-gatal, dan obat sakit badan, tetapi penggunaan tumbuhan terung asam sebagai obat hanya didasarkan pada pengalaman dan kebiasaan masyarakat (Syarpin et al., 2018).

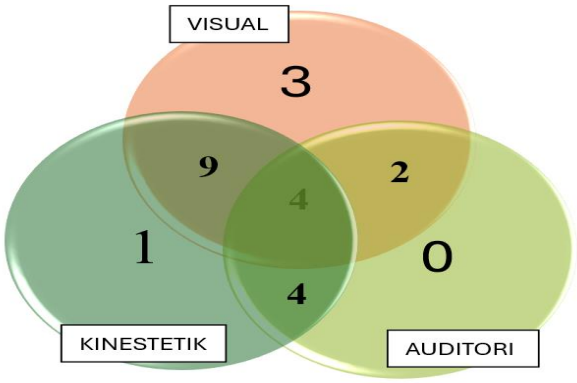
Penelitian mengatakan adanya kandungan berbagai senyawa bioaktif yang bersifat antibakteri, antirematik, antiasma, antivirus, antikanker dan bersifat toksik pada tumbuhan terong asam (Hazimah, Azharman, Yuharmen, et al., 2018). Penelitian lain menunjukkan ekstrak *Solanum ferox* mengandung senyawa Solasodin dan kandungannya dilaporkan sebagai antiparasit (Hardi et al., 2021). Solasodin menghambat kelangsungan hidup sel dalam waktu dan tergantung dosis, memicu pembentukan tubuh apoptosis, mengurangi potensi membran mitokondria sel, dan mengganggu degradasi auto lisosom pada sel kanker ovarium (Hameed et al., 2017). Mengkombinasikan obat kemoterapi konvensional dengan senyawa alami dapat secara efektif mengatasi berbagai jenis kanker sekaligus mengurangi toksisitas sistemik (Xu et al., 2017). Senyawa sitotoksik merupakan suatu senyawa yang bisa merusak pertumbuhan sel tidak normal dan berpotensi sebagai obat antikanker (Purwanto et al., 2015).

Ekstrak etanol buah terong asam (*Solanum ferox*) mengandung alkaloid, terpenoid, fenolat dan flavonoid dan memiliki aktivitas antioksidan yang sedang dengan nilai IC_{50} yaitu 177,16 ppm (Syarpin et al., 2018). Senyawa Solasodin adalah senyawa dari golongan alkaloid terutama glikoalkaloid yang banyak digunakan sebagai senyawa sitotoksik. Pada daun terong asam (*Solanum ferox*) mengandung senyawa metabolit sekunder golongan terpenoid/steroid dan fenolik serta memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC_{50} yaitu 268,57 µg/mL (Hazimah, Azharman, Triwuri, et al., 2018).

Penelitian lebih lanjut tentang sitotoksik pada tanaman *Solanum ferox* masih sedikit dibahas, mengingat genus *Solanum* dan keluarga *Solanaceae* berpotensi sebagai senyawa sitotoksik dan masih sedikit sumber pembelajaran mengenai potensi terapeutik tanaman ini sebagai zat antikanker.

Kajian mengenai sitotoksitas induksi apoptosis dan siklus sel diperoleh pada mata kuliah Struktur dan Fungsi Biomolekul yang tercantum pada CPMK 4 berisi "Menjelaskan tentang siklus sel, tipe kematian sel yang meliputi apoptosis, nekrosis, dan autopagi". Berdasarkan wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah struktur dan fungsi biomolekul bahwa tidak memiliki bahan ajar yang dapat digunakan sebagai penunjang perkuliahan sesuai dengan CPMK 4 tersebut. Berdasarkan hasil survey, ditemukan bahwa dari 23 mahasiswa Pendidikan Kimia FKIP UNTAN angkatan 2023 yang mengisi survey, sebanyak 17 orang menunjukkan preferensi pada masing-masing gaya belajar kinestetik, visual, kinestetik-visual dan kinestetik-visual-auditori serta sebanyak 2 orang dengan gaya belajar auditori-visual, 4 orang dengan gaya belajar kinestetik-auditori dan tidak ada gaya belajar yang hanya memanfaatkan auditori. Hal ini menandakan bahwa

gaya belajar kinestetik dan visual lebih dominan daripada gaya belajar auditori, seperti dilihat pada gambar 1.1.1.



Gambar 1.1.1 Diagram Venn gaya belajar dari 23 mahasiswa yang melakukan survey

Melihat kecenderungan tersebut, pengembangan media pembelajaran *e-booklet* menjadi pilihan yang ideal karena memungkinkan penggabungan banyak elemen gambar dengan aktivitas interaktif yang mendukung pembelajaran kinestetik. *E-booklet* adalah salah satu media yang dapat digunakan untuk menunjang penyebaran informasi secara efektif. *E-booklet* memberikan berbagai manfaat, salah satunya menjadi sumber daya digital yang dapat digunakan untuk kegiatan pengajaran dan pembelajaran. Menurut Rehusisma (2017), penggunaan *e-booklet* dalam pembelajaran menawarkan kemudahan pemakaian dan pemahaman. Penambahan warna yang menarik dan gambar yang jelas dalam *e-booklet* akan memotivasi siswa untuk lebih aktif dan bersemangat dalam mengikuti kegiatan pembelajaran.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini akan mengkaji efek ekstrak etanol terong asam (*Solanum ferox*) terhadap sitotoksitas induksi apoptosis dan siklus sel pada sel kanker. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi ilmiah dan sebagai penunjang bahan ajar di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan khususnya di Prodi Pendidikan Kimia pada mata kuliah Struktur dan Fungsi Biomolekul yang sesuai dengan CPMK 4 yaitu “Menjelaskan tentang siklus sel, tipe kematian sel yang meliputi apoptosis, nekrosis, dan autopagi” dalam bentuk *e-booklet*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah.

1.2.1 Bagaimana kemampuan sitotoksitas ekstrak etanol buah terong asam (*Solanum ferox*) terhadap sel kanker?

1.2.2 Bagaimana kemampuan apoptosis ekstrak etanol buah terong asam (*Solanum ferox*) pada sel kanker?

1.2.3 Bagaimana kemampuan siklus sel ekstrak etanol buah terong asam (*Solanum ferox*) pada sel kanker?

1.2.4 Bagaimana desain E-Booklet "Struktur dan Fungsi Biomolekul" dengan penerapan ekstrak etanol buah dan daun terong asam (*Solanum ferox*) pada sel kanker?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah.

1.3.1 Untuk menentukan kemampuan sitotoksitas ekstrak etanol terong asam (*Solanum ferox*) terhadap sel kanker.

1.3.2 Untuk menentukan efek apoptosis ekstrak etanol terong asam (*Solanum ferox*) terhadap sel kanker.

1.3.3 Untuk menentukan efek siklus sel ekstrak etanol terong asam (*Solanum ferox*) terhadap sel kanker.

1.3.4 Mendapatkan prototipe E-Booklet efek ekstrak etanol terong asam (*Solanum ferox*) terhadap sitotoksitas induksi apoptosis dan siklus sel pada sel kanker.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dikembangkannya e-modul ini adalah:

1.4.1 Memberikan informasi ilmiah mengenai sitotoksisitas ekstrak terong asam (*Solanum ferox*) terhadap apoptosis dan siklus sel pada sel kanker.

1.4.2 Menjadi sumber pembelajaran sains bagi pembaca.

1.4.3 Menjadi sumber bahan ajar pada mata kuliah Struktur dan Fungsi Biomolekul.

1.5 Definisi Operasional

1.5.1 Sitotoksik Ekstrak Etanol *Solanum ferox*

Sitotoksik menggambarkan kemampuan suatu zat atau senyawa untuk merusak atau membunuh sel, baik itu sel kanker maupun sel normal. Uji sitotoksik adalah uji awal yang digunakan untuk menentukan potensi toksisitas suatu senyawa terhadap sel kanker dan sebagai parameter digunakan nilai IC_{50} (Rangkuti et al., 2019). Penelitian ini melakukan uji sitotoksik untuk menilai seberapa toksik atau berbahaya ekstrak etanol *Solanum ferox* terhadap sel 4T1, T47D, MCF-7, WiDr, HepG2, Hela dan Vero. Penelitian dilakukan secara in vitro menggunakan MTT Assay, di mana sel-sel dipaparkan langsung pada zat yang diuji dan kemudian diamati untuk melihat apakah terjadi kerusakan atau kematian sel.

1.5.2 Siklus Sel

Siklus sel merupakan proses teratur yang mencakup pertumbuhan dan pembelahan sel, dengan transisi antar tahapan siklus sel yang diatur oleh perubahan aktivitas kinase yang tergantung pada siklin (CDK) (Barr & Mansfeld, 2019). Siklus sel berkaitan dengan kanker karena tahapan-tahapan pada siklus sel berperan dalam mengendalikan proliferasi sel, dan kanker adalah penyakit yang melibatkan kelainan dalam proliferasi sel. Mutasi yang berkontribusi pada kanker terutama terjadi pada dua jenis gen, yaitu proto-onkogen dan gen penekan tumor.

1.5.3 Apoptosis Sel

Apoptosis adalah proses kematian sel terprogram yang ditandai oleh serangkaian perubahan morfologis dan biokimia seperti kondensasi kromatin, fragmentasi DNA di dalam nukleus, penyusutan ukuran sel, pembentukan bleb (tonjolan kecil yang muncul di permukaan membran sel selama proses apoptosis) pada membran, serta hilangnya adhesi terhadap matriks ekstraseluler. Dalam penelitian ini, apoptosis diukur dengan menggunakan metode *flowcytometry* dengan pewarnaan *Annexin V* dan *Propidium Iodide*

(PI). Analisis tahapan apoptosis ditunjukin perubahan warna, yaitu Hijau menunjukkan sel hidup, kuning menunjukkan apoptosis awal, dan merah muda menunjukkan apoptosis akhir. Sel hidup dan sel apoptosis diamati dibawah mikroskop elektron.

1.5.4 Ekstrak Etanol *Solanum ferox*

Ekstraksi adalah proses penarikan kandungan kimia yang dapat larut menggunakan pelarut cair sehingga terpisah dari bahan yang tidak dapat larut. Hasil dari ekstraksi ini disebut ekstrak. Ekstrak adalah sediaan kental yang dihasilkan dengan mengekstraksi senyawa aktif dari simplisia nabati atau hewani menggunakan pelarut yang sesuai, Kemudian semua pelarut diuapkan dan serbuk yang tersisa diolah untuk memenuhi standar yang telah ditetapkan (Saputra et al., 2020). Tujuan ekstraksi adalah untuk menarik komponen kimia yang terdapat pada bahan alam. Proses ekstraksi didasarkan pada prinsip perpindahan massa komponen zat ke dalam pelarut, di mana perpindahan dimulai pada lapisan antar muka dan kemudian berdifusi masuk ke dalam pelarut (Meigaria et al., 2016)

Bagian yang diekstraksi dalam penelitian ini adalah buah dari tumbuhan terong asam. Sampel dari buah terong asam dibagi menjadi 2 bagian dan diekstraksi masing masing dengan cara di sokletasi dan maserasi menggunakan pelarut etanol 96%. Ekstrak yang dihasilkan kemudian dipekatkan dengan menggunakan alat penguap, metode ekstraksi mengacu pada Puspitasari et al. (2016).

1.5.5 Pengembangan *E-Booklet*

E-Booklet merupakan salah satu media pembelajaran yang menyajikan materi dalam bentuk ringkasan. Menurut Amalia et al. (2020), *e-booklet* yang baik mencakup berbagai elemen seperti cover, daftar isi, pendahuluan, isi, dan daftar pustaka. Selain itu, *e-booklet* harus memperhatikan konsistensi, format, huruf, warna, serta ilustrasi. *E-booklet* juga perlu memperhatikan aspek isi materi, aspek penyajian, aspek bahasa dan keterbacaan, serta aspek grafika. *E-booklet* yang dirancang dengan baik akan mencakup elemen-elemen penting

seperti cover, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, kompetensi inti, kompetensi dasar, indikator, tujuan pembelajaran, peta konsep, isi, rangkuman, daftar pustaka, dan riwayat penulis. *E-booklet* dibuat dengan menggunakan canva berukuran A5 (Febriani et al., 2023) dan file yang dihasilkan berupa pdf. Media ini berfungsi sebagai sumber belajar yang efektif, membantu siswa memahami materi pembelajaran dengan lebih baik (Fauziyah, 2017). Dengan penggunaan media pembelajaran *E-Booklet,* materi disajikan dalam format yang ringkas, menarik, dan mudah dipahami, serta dilengkapi dengan gambar-gambar (Setiawan et al., 2021)

Pengembangan prototipe *e-booklet* pada penelitian ini menggunakan model ADDIE. Model ADDIE terdiri dari Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi dan Evaluasi tetapi pada penelitian ini hanya sampai pada tahap desain. Kelebihan model ADDIE yakni, setiap tahap dievaluasi dan disesuaikan berdasarkan hasil dari tahap sebelumnya (Harefa et al., 2023). Produk ini dirancang dengan fokus pada kebutuhan peserta didik. Dengan kata lain, konsep ADDIE digunakan untuk mengembangkan rancangan pembelajaran yang didasarkan pada (performance) peserta didik (Defina, 2018)