INDUKSI APOPTOSIS DAN PENGHAMBAT SIKSUS SEL EKSTRAK KULIT KAYU BATANG BENGKAL (*Nauclea Subdita*) PADA SEL KANKER PAYUDARA DAN PENERAPANNYA DALAM PEMBUATAN E-MODUL TIPE KEMATIAN SEL

SKRIPSI

Oleh:
Rosiana Pitri
F1061211001

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

INDUKSI APOPTOSIS DAN PENGHAMBAT SIKSUS SEL EKSTRAK KULIT KAYU BATANG BENGKAL (*Nauclea Subdita*) PADA SEL KANKER PAYUDARA DAN PENERAPANNYA DALAM PEMBUATAN E-MODUL TIPE KEMATIAN SEL

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Juruan Pendidikan Matematika Dan IPA
Program Studi Pendidikan Kimia

Oleh:
Rosiana Pitri
F1061211001

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama: : Rosiana Pitri

NIM : F1061211001

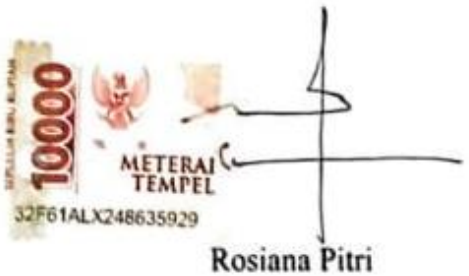
Jurusan/Program Studi : P.MIPA/Pendidikan Kimia

Menyatakan bahwa dengan sebenarnya bahwa proposal yang berjudul "Induksi Apoptosis dan Penghambat Siksus Sel Ekstrak Kulit Kayu batang Bengkal (*Nauclea Subdita*) Pada Sel Kanker Payudara dan Penerapannya dalam Pembuatan E-modul Tipe Kematian Sel" yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukanmerupakan pengambilalihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagaitulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dalam naskah ini yang sudah dicantumkan sumbernya.

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

Pontianak, Rabu 14 Januari 2025

Yang membuat persetujuan



Rosiana Pitri

F1061211001

LEMBAR PENGESAHAN

INDUKSI APOPTOSIS DAN PENGHAMBAT SIKSUS SEL EKSTRAK KULIT KAYU BATANG BENGKAL (*Nauclea Subdita*) PADA SEL KANKER PAYUDARA DAN PENERAPANNYA DALAM PEMBUATAN E-MODUL TIPE KEMATIAN SEL

ROSIANA PITRI

NIM.F1061211001

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Masriani	
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.,M.Pdi.
NIP. 196604011991021001

Lulus tanggal: 16 Januari 2025

INDUKSI APOPTOSIS DAN PENGHAMBAT SIKSUS SEL EKSTRAK KULIT KAYU BATANG BENGKAL (*Nauclea Subdita*) PADA SEL KANKER PAYUDARA DAN PENERAPANNYA DALAM PEMBUATAN E-MODUL TIPE KEMATIAN SEL

ROSIANA PITRI

NIM.F1061211001

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1

Dr. Masriani,M.Si., Apt.
NIP. 197105092000032001

Pembimbing 2

Dr. rer.nat. Rini Muharini, S.Si., M.Si
NIP. 197501142008122003

Penguji 1

Dr. Eny Enawaty, M.Si
NIP. 196605241992022001

Penguji 2

Dr. Andi Hairil Alimuddin, M.Si
NIP. 197109202000121001

Mengetahui
Ketua Program Studi Pendidikan Kimia

Prof. Erlina, M.Pd., PhD.
NIP. 197905172006042002

INDUKSI APOPTOSIS DAN PENGHAMBAT SIKSUS SEL EKSTRAK KULIT KAYU BATANG BENGKAL (*Nauclea Subdita*) PADA SEL KANKER PAYUDARA DAN PENERAPANNYA DALAM PEMBUATAN E-MODUL TIPE KEMATIAN SEL

ROSIANA PITRI

NIM.F1061211001

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Dr. Masriani,M.Si., Apt.	Dr. rer.nat. Rini Muharini, S.Si., M.Si
NIP. 197105092000032001	NIP. 197501142008122003

Penguji 1	Penguji 2
Dr. Eny Enawaty, M.Si	Dr. Andi Hairil Alimuddin, M.Si
NIP. 196605241992022001	NIP. 197109202000121001

Mengetahui
Ketua Jurusan PMIPA

Dr. Kurnia Ningsih, M.Pd.
NIP. 196703191991012001

ABSTRAK

Kanker payudara merupakan penyebab kematian utama kedua pada perempuan di dunia. Saat ini, penanganan kanker seperti radiasi dan kemoterapi memerlukan biaya yang banyak serta memiliki efek samping yang besar, sehingga dibutuhkan pengobatan alternatif yang harganya bisa dijangkau semua pasien dari berbagai kalangan dengan efek samping yang lebih sedikit. Tujuan penelitian ini untuk menentukan mekanisme aktivitas sitotoksik dari ekstrak kulit batang bengkal (*N. subdita* (Korth.) Steud). melalui evaluasi induksi apoptosis dan penghambatan siklus sel pada sel kanker payudara. Sel kanker payudara 4T1, T47D, dan MCF-7 dikulturkan dan ditreatment dengan ekstrak etanol, ekstrak n-heksana, fraksi Diklormetana pH 3, dan pH 7. Sitotoksisitas ekstrak n-heksan, ekstrak etanol, fraksi DCM pH 3 dan fraksi DCM pH 7 diuji menggunakan metode MTT terhadap sel normal vero dan sel kanker 4T1, MCF-7, T47D. Penghambatan siklus sel fraksi DCM pH 3 dianalisis menggunakan kit RNase/PI dan induksi apoptosis menggunakan Annexin V-FITC/PI. Fraksi DCM pH 3 menunjukkan aktivitas sitotoksik yang paling kuat terhadap sel kanker 4T1 dengan nilai IC_{50} yaitu 81,68±3,85 µg/mL (moderat) namun tidak selektif dengan nilai IS adalah 1,80. Fraksi DCM pH 3 kulit batang bengkal mampu menginduksi apoptosis tetapi tidak menghambat siklus sel. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas sitotoksik fraksi DCM pH 3 kulit batang bengkal melalui induksi apoptosis dan berpotensi dikembangkan sebagai antikanker payudara.

Keywords: Apoptosis, Bengkal (*Nauclea Subdita*), kanker payudara, sitotoksisitas

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya, Sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul "Induksi Apoptosis Dan Penghambat Siksus Sel Ektrak Kulit Kayu Batang Bengkal *(Nauclea Subdita)* Pada Sel Kanker Payudara Dan Penerapannya Dalam Pembuatan E-Modul Tipe Kematian Sel". Dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini, penulis mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Masriani, M.Si,. Apt Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis hingga bisa menyelesaikan skripsi ini tepat waktu, serta memberikan bantuan kepada penulis baik dalam bentuk ilmu, dorongan semangat bahkan dorongan finansial.
2. Ibu Dr. rer.nat. Rini Muharini, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing penulis dengan memberikan berbagai masukan dalam kepenulisan skripsi sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Yang Teristimewa, Bapak Mansur, Ibu Anisa, dan saudara saya Desi Mandasari, Armansyahfudin, Rudini serta keluarga besar yang selalu memotivasi dan memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Rekan yang membantu penulis dalam melakukan penelitian yaitu tim bengkal (Eka Kusuma Wardani, Hengki Kurniawan, Muhammad Rafif dan Chesya Nabila.
5. Rekan Istimewa yang telah membantu dan senantiasa menemai dalam berbagai kondisi baik ataupun sulit penulis yaitu Anisa Nurfiqih, Tery Mardasela, Inna Aulianisa, Dian Oktavianti, Stefany Therisia, dan Aldi Tobing.

Sebagai manusia yang jauh dari kata sempurna penulis menyadari masih terdapat kekurangan dari skripsi yang telah dibuat karena keterbatasan ilmu pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu penulis memohon maaf dan bersedia menerima saran serta kritikan yang membangun.

Terakhir, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Pontianak, 16 Januari 2025

Penulis

Rosiana Pitri

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN ii
ABSTRAK vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 4
C. Tujuan Penelitian 4
D. Manfaat Penelitian 5
E. Definisi Operasional 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8
A. Tumbuhan Bengkal *Nauclea subdita* (korth.) Steud 8
B. Kandungan Kimia Tumbuhan Bengkal 10
C. Alkaloid Indol 12
D. Kanker dan Kemoterapi 13
1. Kanker Payudara 13
2. Kemoterapi 17
E. Sitotoksik 18
F. Tipe Kematian Sel 21
1. Apoptosis 21
2. Nekrosis 22
3. Autopagi 23
G. Siklus Sel 25
H. Ekstraksi 26
I. Fraksinasi 29
J. E-modul 30
BAB III METODE PENELITIAN 31
A. Jenis Penelitian 31
B. Waktu dan Tempat 31
C. Variabel 32

D. Bahan dan Alat 32
1. Alat 32
2. Bahan 33
E. Prosedur 33
a. Pengumpulan dan Ekstraksi Sampel 33
b. Fraksinasi 35
c. Uji Skrining Fitokimia 35
d. Uji Sitotoksisitas 37
e. Analisis Induksi Apoptosis dengan *Flowcytometer* 37
f. Analisis Siklus Sel dengan *Flowcytometer* 38
F. Analisis Data 38
G. Cara Penafsiran dan Penyimpulan Hasil Riset 38
H. Rancangan E-modul 39
a. Merancang Isi E-modul 39
b. Membuat *Story Board* E-modul 40
BAB IV PEMBAHASAN 45
1. Ekstraksi dan fraksinasi Sampel 45
2. Skrining Fitokimia 47
3. Sitotoksik 48
4. Siklus Sel 53
5. Identifikasi Apoptosis 56
6. Desain E-Modul 58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 65
A. Kesimpulan 65
B. Saran 65
DAFTAR PUSTAKA 67
LAMPIRAN 79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tumbuhan bengkal. (a) daun dan kayu batang bengkal, (b) daun bengkal, (c) akar bengkal, (d) Kayu batang bengkal.....8

Gambar 2. Proses Karsinogenesis 14

Gambar 3. Contoh hasil uji MTT pada sel kanker.....20

Gambar 4. Tahap Apoptosis 21

Gambar 5. Tahap nekrosis dan apoptosis 23

Gambar 6. Tahap autophagy 25

Gambar 7. Tahap siklus sel.....26

Gambar 8. Skema ekstraksi sampel 34

Gambar 9. Skema Uji Sitotoksi, Apoptosis dan siklus sel.....39

Gambar 10. Pengaruh ekstrak dan fraksi kulit batang N. subdita terhadap viabilitas sel 4T1 (A), MCF-7 (B), dan T47D (C). 50

Gambar 11. Persentase sel pada setiap fase siklus sel (A) sel 4T1, (B) ¼ IC_{50}, (C) ½ IC_{50}, (D) IC_{50}, (E) Analisis komparatif diantara konsentrasi fraksi tumbuhan yang berbeda pada fase Sub G1, G0-G1, S, G2M dan Polyploid.....55

Gambar 12. Sel kanker payudara yang telah diberi perlakuan (A) IC_{50} (B) ½ IC_{50} (C) ¼ IC_{50} yang telah diinkubasi selama 24 jam. 57

Gambar 13. (A) Sel dikelompokkan kedalam empat kuadran, populasi hidup (Kuadran kiri bawah), sel apoptosis tahap awal (kuadran kanan bawah), sel apoptosis tahap akhir (kuadran kanan atas), dan sel nekrosis (kuadran kiri atas) (B) Diagram tingkat apoptosis sel 4T1.....58

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tingkat kelarutan pelarut 28

Tabel 2. Jadwal kegiatan 31

Tabel 3. Persentase kadar air sampel kulit batang bengkal 45

Tabel 4. Rendemen sampel kulit batang bengkal 46

Tabel 5. Hasil Skrining Fitokimia Kulit Batang Bengkal (Nauclea subdita) 48

Tabel 6. Nilai IC_{50}±SD dan IS dari fraksi DCM pH 3, fraksi DCM pH 7, Ekstrak Etanol 52

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kanker payudara telah dikenal secara luas sebagai kanker yang paling banyakdidiagnosis dan penyebab kematian utama kedua pada perempuan di dunia. *American Cancer Society* mencatat jumlah kematian akibat kanker payudara di kalangan perempuan pada tahun 2023 berjumlah 297.790 (Siegel et al., 2023). Saat ini, penanganan kanker melalui peningkatan kekebalan tubuh, radiasi, dan kemoterapi, seringkali menyebabkan kerugian yang signifikan terhadap kualitas hidup pasien dan beban sosial ekonomi bernilai miliaran dolar. Kemoterapi sebagai metode utama penanganan kanker payudara yang bermetastase menghadapi permasahan dengan toksisitas obat yang tinggi, resistensi, dan efek samping parahlainnya. Disregulasi apoptosis dan siklus sel juga menjadi penyebab kegagalan penanganan kanker payudara (Serala et al., 2024).

Apoptosis merupakan proses kematian sel terprogram melalui digesti enzimatik, yang mengatur penghapusan sel-sel yang tidak diinginkan dalam organisme multiseluler. Apoptosis terlibat dalam berbagai proses biologis, termasuk diferensiasi dan proliferasi sel sel (Kashyap et al., 2021). Dengan demikian, disregulasi apoptosis menghasilkan berbagai penyakit, diantaranya kanker (Singh et al., 2019). Siklus sel merupakan proses teratur yang bertanggung jawab atas pembelahan sel (Liu et al., 2022). Pada kanker, kontrol genetik pembelahan sel tidak berfungsi, menyebabkan proliferasi sel tidak terbatas. Disregulasi siklus sel dan apoptosis merupakan ciri khas kanker.

Senyawa yang dapat menginduksi apoptosis dan menghambat siklus sel merupakan kandidat antikanker yang menjanjikan karena dapat menghindari efek samping dan mencegah kerusakan sel normal akibat kemoterapi. Oleh karena itu, agen yang menekan proliferasi sel dan menginduksi apoptosis adalah pilihan terapi kanker yang menjanjikan (Roy et al., 2017).

Beberapa senyawa alkaloid indole monoterpenoid menunjukkan aktivitas antikanker yang kuat karena efek sitotoksik yang tinggi , antitusif yang signifikan, antijamur terhadap jamur patogen, anti inflamasi, sebagaikontrol positif, sebagai imunosuprensif pada manusia, neuroprotektif, anti tumor, dan anti kecanduan (Mohammed et al., 2021). Tumbuhan dari genus Nuclea diketahui mengandung alkaloid indol monoterpenoid dengan keragaman struktur yang tinggi dan aktivitas biologis yang menarik seperti antikejang, antiproliferatif, vasorelaksan, dan antikikanker (Liew et al., 2014).

Nauclea subdita, yang dikenal dengan nama bengkal di Kalimantan Barat adalah salah satu spesies tumbuhan famili Rubiaceae berpotensi sebagai antikanker, Secara tradisional, tumbuhan ini telah digunakan untuk mengobati berbagai penyakit seperti demam, nyeri, karies gigi, septik mulut, malaria, disentri, diare, dan penyakit yang berhubungan dengan penyakit sistem saraf pusat, seperti epilepsi(Liew et.al., 2023), tekanan darah, diabetes, dan penyakit kulit (Fatin et al., 2012).

Penelitian fitokimia dan aktivitas biologis tumbuhan *N. subdita* menunjukkan kulit kayu batang dan daun mengandung flavonoid, alkaloid, polifenol, dan saponin yang berperan penting dalam mengendalikan tekanan darah dan penyakit kardiovaskular. Isolasi kulit kayu batang bengkal

menghasilkan steroid yaitu senyawa fenol berupa *stigmast-4-en-3-on*, senyawa amida yaitu *benzamide*, dan senyawa alkaloid indole yaitu *angustine, angustidine, nauclefine, harmane dan angustolin* (Avanti et al., 2021). *Subditine*, senyawa alkaloid indol monoterpenoid dari kayu batang *N.subdita* menunjukkan efek antiproliferasi pada sel kanker prostat LNCaP dan PC-3 melalui induksi apoptosis. *Subditine* juga meningkatkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) intraseluler yang mengakibatkan gangguan pada potensial membrane mitkondria, pelepasan sitokrom c, dan aktivasi caspase-9, selanjutnya caspase-3/7, penurunan ekspresi Bcl-2, dan Bcl-xl (Liew et al., 2014).

Penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya. Penelitian ini akan mengkaji efek sitotoksik, induksi apoptosis, dan penghambatan siklus sel ekstrak kulit kayu batang *Nauclea subdita* terhadap sel kanker payudara. Hasil penelitian ini dapat menjadi sumber informasi ilmiah dan landasan untuk penemuan dan pengembangan obat antikanker baru yang efektif. Selain itu hasil penelitian ini juga digunakan sebagai penunjang bahan ajar di Fakultas Keguruan dan Ilmu pendidikan Prodi Pendidikan Kimia pada matakuliah Struktur dan fungsi biomolekul yang sesuai dengan CPMK yang ada di matakuliah Struktur dan fungsi biomolekul yaitu CPMK 4. "Menjelaskan tentang siklus sel, tipe kematian sel yang meliputi apoptosis, nekrosis, dan autopagi" dimana berdasarkan hasil wawancara bersama dosen pengampuh mata kuliah dan mahasiswa masih terdapat kekurangan bahan ajar yang digunakan untuk menunjung perkuliahan sesuai dengan CPMK tesebut.

Bahan ajar yang dipilih sebagai implementasi penelitian ini dalam bidang pendidikan adalah modul karena modul merupakan bahan ajar dalam pembelajaranyang isinya relatif singkat dan spesifik yang disusun guna untuk mencapai tujuan pembelajaran (Meyer,1978). Kelebihan Modul adalah mahasiswa dapat menyelesaikan materi sesuai dengan kecepatan belajar mereka sendiri, dimana modul juga merupakan paket pembelajaran terpadu, dan tervalidasi (Smaldino et al., 2011). Selain itu berdasarkan survei yang sudah saya lakukan pada mahasiswa pendidikan kimia dari segi gaya belajar terdapat 50,61% mahasiswa pendidikan kimia yang memiliki gaya belajar visual sehingga dari data ini dapat menjadi acuan saya untuk mengembangkan produk samping berupa E-modul.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana efek sitotoksik ekstrak kulit kayu batang bengkal *Nauclea subdita*) terhadap selkanker payudara MCF-7, T47D, dan 4T1 ?
2. Bagaimana efek induksi apoptosisdan penghambatan siklus sel ekstrak kulit kayu batang bengkal (*Nauclea subdita*) terhadap sel kanker payudara MCF-7, T47D, dan 4T1 ?
3. Bagaimana desain E-modul tipe kematian sel pada mata kuliah struktur dan fungsi biomolekul?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Untuk menentukan efek sitotoksik ekstrak kulit kayu batang bengkal *Nauclea subdita*) terhadap sel kanker payudara MCF-7, T47D, dan 4T1.

2. Untuk menentukan kemampuan menginduksi apoptosis dan penghambatan siklus sel ekstrak kulit kayu batang bengkal (*Nauclea subdita*) terhadap sel kanker payudara MCF-7, T47D, dan 4T1.
3. Untuk mendesain E-modul tipe kematian sel pada mata kuliah struktur dan fungsi biomolekul.

D. Manfaat Penelitian

1. Menjadi sumber informasi ilmiah mengenai potensi antikanker dari kulit kayu batang bengkal *(N.subdita*) ditinjau dari efek sitotoksik, kemampuan menginduksi apoptosis dan menghambat siklus sel kanker.
2. Menjadi acuan dalam penemuan dan pengembangan senyawa antikanker baru.
3. Menjadi sumber pembelajaran sains bagi mahasiswa.
4. Menjadi sumber bahan ajar untuk mata kuliah struktur dan fungsi biomolekul yang dikembangkan dalam bentuk E-modul

E. Definisi Operasional

Berdasarkan Proposal yang telah dibuat, diperlukan adanya definisi operasional untuk memberikan gambaran tentang apa saja yang menjadi batasan oleh peneliti. Adapun batasan-batasan tersebut diantaranya sebagai berikut:

1. **Apoptosis**

Apoptosis merupakan kematian sel terprogram melalui digenti enzimatik oleh dirinya sendiri. Apoptosis merupakan mekanisme yang efisien untuk mengeliminasi sel yang tidak diperlukan atau berbahaya sehingga dapat menyelamatkan organisme dalam tubuh (Li et al., 2023). Disregulasi apoptosis

dapat menyebabkan berbagai penyakit diantaranya kanker. Dalam penelitian ini kita akan menguji kemampuan induksi apoptosis ekstrak kayu batang bengkal terhadap sel kanker payudaramenggunakan *flow cytometry* dengan metode uji Annexin V-FITC/PI.

2. Siklus sel

Siklus sel merupakan peristiwa yang terjadi didalam sel berupa pembelahan dan duplikasi sel (Almalki,2023). Pada penderita kanker, kontrol genetik terhadap pembelahan sel tidak berfungsi sehingga menyebabkan poliferase sel menjadi tidak terbatas. Pada penelitian ini kitaakan menguji penghambatan siklus sel ekstrak kayu batang bengkal pada sel kanker payudara menggunakan *flow cytometry* dengan metode uji larutan pewarna Rnase/PI kit.

3. Ekstrak kayu batang bengkal

Ekstrak kayu batang bengkal diidentifikasi mengandung alkaloid indol monoterpenoid, yaitu subditin. Subditin diidentifikasi memiliki aktivitas sitotoksik sehingga dapat melakukan apoptosis (Liew et al., 2014). Sampel kayu batang bengkal akan di ekstraksi secara meserasi menggunakan pelarut n- heksan, Diklorometana (DCM), dan etanol 96% selama 3 x 72 jam. Ekstrak yang dihasilkan dipekatkan menggunakan *Vaccum rotary evaporator* pada suhu 40°C, metode ekstraksi ini mengacu pada Liew et al. (2014)

4. E-Modul

Modul merupakan bahan ajar dalam pembelajaran yang isinya relatif singkat dan spesifik yang disusun guna untuk mencapai tujuan pembelajaran (Meyer,1978). E-modul yang dihasilkan dari penelitian ini adalah E-modul yang menjadi bahan ajar tambahan pada materi struktur dan fungsi biomolekul

yang menjelaskan tentang tipe kematian sel. E-modul akan dibuat menggunakan aplikasi canva. Adapun komponen yang terdapat didalam E-modul sebagai berikut:

1. Judul (Cover)
2. Identitas Suplemen dan petunjuk penggunaan
3. Glosarium
4. Materi (Halaman materi memuat materi singkat mengenai tanaman bengkal,kanker dan kemoterapi, tipe kematian sel dan siklus sel).
5. Soal Evaluasi dan kunci jawaban
6. Soal pengayaan
7. Daftar Pustaka