

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Luaran yang Diharapkan.....	3
1.5 Kegunaan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Fikosianin	3
2.2 <i>Spirulina platensis</i>	4
2.3 Teknik Ekstraksi Fikosianin: <i>Freeze-Thaw</i> dan Ultrasonikasi	4
2.4 Rekam Jejak Penelitian Terdahulu	5
BAB 3 METODE PENELITIAN	6
3.1 Tahapan Penelitian.....	6
3.2 Indikator Capaian	6
3.3 Prosedur Penelitian	7
3.4 Analisis dan Pengolahan Data	8
BAB 4 BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN	8
4.1 Anggaran Biaya	8
4.2. Jadwal Kegiatan.....	9
DAFTAR PUSTAKA	9
LAMPIRAN	11
Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota dan Dosen Pendamping.....	11
Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan	16
Lampiran 3. Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Pembagian Tugas	18
Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Peneliti	19

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perbandingan Hasil Ekstraksi Fikosianin dari <i>Spirulina platensis</i>	1
Tabel 2.1. Perbandingan Kandungan Fikosianin dari Berbagai Mikroalga	4
Tabel 2.2. Rekam Jejak Penelitian.	5

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Alir Rancangan Penelitian.....	6
---	---

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fikosianin adalah pigmen fotosintetik yang termasuk dalam kelompok fikobiliprotein dengan karakteristik berwarna biru terang dan larut dalam air (İlter et al., 2018). Fikosianin dapat diperoleh dari berbagai mikroorganisme terutama *Spirulina platensis*. Fikosianin memiliki kegunaan dalam berbagai hal, seperti pewarna bagi makanan dan kosmetik, *probe* pada analisis biokimia, dan bahan aktif bagi produk farmasetikal dan nutrasetikal karena sifat antikanker dan antioksidannya (Sonani et al., 2016). DiNicolantonio dan McCarty (2020) mengusulkan bahwa pemberian oral fikobiliprotein atau dalam bentuk *Spirulina* maupun fikosianin dapat mencegah komplikasi trombosis akibat COVID-19.

Untuk memperoleh fikosianin dalam konsentrasi dan kemurnian yang tinggi maka perlu dilakukan ekstraksi. Proses ekstraksi secara fisik dilakukan untuk memecah dinding sel *Spirulina platensis*. Sementara, perlakuan kimia pada biomassa diharapkan dapat mengikat fikosianin yang keluar dari dalam sel sehingga dimurnikan dan diaplikasikan lebih lanjut. Beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas ekstraksi fikosianin adalah jenis pelarut, rasio jumlah pelarut terhadap biomassa, durasi, dan temperatur (Dianursanti et al., 2018).

Freeze-thaw adalah salah satu metode terbaik untuk mengekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis* pada proses dengan metode ekstraksi tunggal (Tabel 1.1.) (Tavanandi et al., 2018; Tan et al., 2020). *Freeze-thaw* adalah proses ekstraksi secara fisika dan kimia di mana sampel dibekukan kemudian dicairkan. Untuk memperoleh rendemen yang tinggi, metode *freeze-thaw* sendiri masih memerlukan waktu yang relatif panjang. Tavanandi et al. (2018) melaporkan bahwa rendemen fikosianin teroptimal (*yield* fikosianin = 74,51 mg/g) dicapai pada siklus *freeze-thaw* keempat dengan interval waktu 5 jam per siklus. Pengulangan siklus ditujukan untuk memaksimalkan kerusakan dinding sel. Sementara, Tan et al. (2020) mendapati bahwa satu siklus *freeze-thaw* cukup untuk memperoleh fikosianin yang optimal, yaitu dengan *yield* fikosianin = $172,84 \pm 0,37$ mg/g, tetapi dengan interval mencapai 26 jam. Panjangnya interval pembekuan ini dianggap sebagai hambatan sehingga perlu dioptimasi.

Tabel 1.1. Perbandingan Hasil Ekstraksi Fikosianin dari *Spirulina platensis*

Metode	Kondisi Operasi	Yield (mg/g)	Efektivitas Ekstraksi (%) [*]
Ultrasonikasi	$t = 2,5$ menit	$51,51 \pm 2$	29.95%
Homogenisasi	$t = 10$ menit	$52,11 \pm 4$	30.30%
Maserasi	$t = 8$ menit	$55,91 \pm 3$	32.51%
<i>Freeze-thaw</i>	4 siklus (4 jam <i>freezing</i> , $T = -40 \pm 2^\circ\text{C}$ + 1 jam <i>thawing</i> , T kamar)	$73,73 \pm 1$	42.87%

^{*} relatif terhadap *yield* maksimum fikosianin pada *Spirulina* = 17,2% berat/berat (Belay, 2008)

Sumber: Tavanandi et al. (2018)

Salah satu strategi untuk mengoptimalkan ekstraksi dengan *freeze-thaw* adalah dengan mensinergikannya dengan metode ekstraksi lain yaitu ultrasonikasi. Ultrasonikasi adalah pemberian energi ultrasonik pada biomassa dalam kisaran frekuensi 20 kHz-1 MHz (Majid et al., 2015). Pemberian energi ini menciptakan fenomena kavitasi akustik di dalam medium yang mampu merusak dinding sel dan membuat solut lebih mudah berdifusi ke dalam medium. Manfaat dari sinergi metode *freeze-thaw* dengan ultrasonikasi telah dibuktikan oleh Tavanandi et al. (2018), di mana perlakuan ultrasonikasi sebelum *freeze-thaw* telah mengurangi jumlah siklus *freeze*- optimal yaitu menjadi dua siklus dengan interval 5 jam per siklus dengan *yield* ekstrak fikosianin = 109,3 mg/g. Akan tetapi, suhu pembekuan yang diterapkan cukup rendah yaitu -40°C . Di sisi lain, Hafidzah (2020) telah meneliti pula ekstraksi fikosianin menggunakan metode ultrasonikasi-*freeze-thaw* pada suhu pembekuan yang relatif moderat (suhu *freezer* kulkas). Akan tetapi, dalam penelitian tersebut, interval waktu *freeze-thaw*-nya lebih lama yaitu 24 jam dengan *yield* ekstrak fikosianin = 35,69 mg/g.

Berangkat dari kondisi di atas, penelitian ini akan dilakukan untuk mengoptimasi variabel operasi *freeze-thaw* pada ekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis* menggunakan gabungan metode ultrasonikasi-*freeze-thaw* pada rentang suhu moderat -5°C — (-10°C) . Faktor suhu pembekuan menjadi penting karena akan berpengaruh pada kelayakan ekstraksi fikosianin secara ekonomi dan dampak lingkungan yang diakibatkan oleh proses pendinginan yang memerlukan banyak energi. Dengan demikian, dapat diketahui apakah ekstraksi dengan metode ultrasonikasi-*freeze thaw* pada suhu moderat dapat dilakukan lebih singkat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Apa jenis pelarut dan berapa rasio biomassa:pelarut yang optimal dalam proses ekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis* dengan metode *freeze-thaw*-ultrasonikasi?
2. Bagaimana kondisi operasi yang optimal untuk mengekstraksi senyawa aktif fikosianin dari *Spirulina platensis* secara efektif dengan metode *freeze-thaw*-ultrasonikasi?
3. Bagaimana karakteristik aktivitas antioksidan dari senyawa aktif fikosianin yang diekstraksi dari *Spirulina platensis* dengan metode *freeze-thaw*-ultrasonikasi?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan jenis pelarut, rasio biomassa-pelarut, dan kondisi *freezing* dan ultrasonikasi yang optimal pada proses ekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis* menggunakan metode ultrasonikasi-*freeze-thaw*.
2. Mengkaji karakteristik sifat antioksidan dari fikosianin yang diekstrak dari *Spirulina platensis* dengan metode ultrasonikasi-*freeze-thaw*.

1.4 Luaran yang Diharapkan

Luaran yang diharapkan dari riset ini adalah sebagai berikut.

1. Teknologi ekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis* dengan metode *freeze-thaw* dan ultrasonikasi yang efektif dan efisien serta dapat dikembangkan menuju skala industri.
2. Laporan kemajuan dan laporan akhir kegiatan riset.
3. Artikel ilmiah yang dipublikasikan pada seminar, konferensi, atau jurnal ilmiah internasional.

1.5 Kegunaan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Peningkatan pemanfaatan *Spirulina platensis* sebagai sumber fikosianin yang bermanfaat bagi kesehatan dan meningkatkan nilai tambah sumber daya hayati akuatik dalam negeri.
2. Terciptanya teknologi ekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis* yang lebih efektif dan efisien sehingga produk fikosianin dari *Spirulina platensis* yang dibuat di dalam negeri menjadi lebih bersaing secara ekonomi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fikosianin

Fikosianin, atau sering juga disebut sebagai *C-phycocyanin* adalah protein biru yang larut dalam air dengan sifat fluoresensi kuat (Stanic-Vucinic et al., 2017). Fikosianin termasuk dalam jenis fikobilirpotein. Di dalam sianobakteri dan alga merah, fikosianin berperan sebagai antena cahaya yang mengabsorpsi cahaya dan menghantarkannya ke pusat reaksi klorofil (Kuddus et al., 2013). Fikosianin tergabung dalam kompleks protein fikobiliosom bersama dengan pigmen lain yaitu alofikosianin dan fikoeritrin (Kuddus et al., 2013).

Karakteristik fisika dan kimia fikosianin adalah sebagai berikut: titik isoelektrik pada rentang 4,1 dan 6,4 (Jiang et al., 2017); pada suhu 25°C, stabil pada rentang pH 5 dan 7,5; secara molekuler, terdiri dari subunit α dan β yang membentuk heterodimer stabil $\alpha\beta$; dan memiliki bobot molekul antara 70—110 kD atau sekitar 232.000 g/mol (Manirafasha et al., 2016). Fikosianin tidak rusak pada pemaparan suhu hingga 72°C dalam waktu yang singkat. Spektrum absorpsi sinar tampak fikosianin spesifik pada 620 nm (Stanic-Vucinic et al., 2017). Fikosianin sensitif terhadap cahaya sehingga perlu disimpan dalam tempat gelap (Jiang et al., 2017).

Fikosianin dari *S. platensis* digunakan secara luas sebagai pewarna pada permen karet, produk susu, dan jeli (Sonani et al., 2016). Fikosianin terbukti bertindak sebagai antioksidan *in vitro*, menurunkan derajat nekrosis tumor pada tikus yang diberi endotoksin, menunjukkan sifat neuroprotektif pada kultur sel otak tikus, dan menghambat perbanyakan sel leukemia manusia K562 (Sonani et al., 2016). Fikosianin juga dimanfaatkan secara luas sebagai pewarna dalam industri

makanan karena warnanya yang cerah dan sifat non-toksik. Fikobiliprotein, termasuk fikosianin, diketahui dapat terkonjugasi dengan imunoglobulin, protein A, dan avidin. Sifat-sifat ini didayagunakan dengan mengaplikasikan fikosianin pada diagnostik dan penelitian biomedis seperti *immunoassays* dan sitometri.

2.2 *Spirulina platensis*

Spirulina adalah sianobakteria atau alga biru-hijau multiselular-berfilamen yang bersifat heterotrof-fotosintetik (Wan et al, 2016). Sel *Spirulina* memiliki bentuk silindris yang bergabung membentuk filamen tak bercabang mikroskopik yang umumnya tampak helikal (Small, 2011). Filamen *Spirulina* memiliki panjang bervariasi, sekitar 50—500 μm dengan diameter sekitar 3—12 μm .

Fikosianin dapat dijumpai pada berbagai mikroalga sebagaimana terangkum pada Tabel 2.2. *Spirulina platensis* dipilih sebagai sumber fikosianin dalam penelitian ini karena kadar fikosianin di dalamnya yang relatif tinggi. Selain itu, sejauh ini baru *Spirulina platensis* yang diakui oleh Food and Drug Administration (FDA) Amerika Serikat sebagai *Generally Recognized as Safe* (GRAS) (Belay, 2008). Dengan demikian, diharapkan hasil penelitian ini dapat diaplikasikan baik untuk keperluan pangan maupun non-pangan.

Tabel 2.1. Perbandingan Kandungan Fikosianin dari Berbagai Mikroalga

Mikroalga	Kandungan Fikosianin
<i>Synechococcus</i> sp.	1%—10,2%
<i>Spirulina fusiformis</i>	6%—46%
<i>Anabaena</i> sp.	8,3%—14,7%
<i>Nostoc</i> , <i>Phormidium</i>	14%—20%
<i>Spirulina platensis</i>	15,6%—17,2%
<i>Spirulina maxima</i>	26%

Sumber: Belay (2008), Koru (2012), Indraputri (2017).

2.3 Teknik Ekstraksi Fikosianin: *Freeze-Thaw* dan Ultrasonikasi

Ekstraksi adalah proses yang memungkinkan terjadinya pelepasan produk biologis dari sel (Fratelli et al., 2020). Ekstraksi bertujuan untuk memaksimalkan *yield* dari senyawa target dengan meminimalkan efek pada senyawa yang ingin diekstrak maupun meminimalkan ekstraksi senyawa tak diinginkan (Tiwari, 2015). Teknik-teknik konvensional dalam ekstraksi bahan hayati seperti maserasi dan sokletasi yang menggunakan pelarut (misal kloroform, aseton, dan metanol) memiliki risiko keamanan, toksisitas, dan *yield* yang rendah. Oleh karena itu, dewasa ini telah berkembang teknik ekstraksi yang lebih berkelanjutan seperti ultrasonikasi, *super-critical fluid*, gelombang mikro, dan *freeze-thaw*.

Freeze-thaw adalah metode ekstraksi biokimia dari sel atau mikroorganisme yang menyebabkan terbentuknya kristal es di dalam sel, perubahan struktur dinding sel, dan koyaknya sel sehingga solut intrasel yang ingin diekstrak (Tan et al., 2020; Li et al., 2018). Beberapa parameter operasi *freeze-thaw* yang perlu diperhatikan agar dapat memperoleh jumlah fikobiliprotein yang maksimal adalah jenis solven,

nilai pH, rasio biomassa-pelarut, temperatur, interval waktu, dan jumlah siklus (Tan et al., 2020).

Teknologi ultrasonikasi didasarkan pada gelombang mekanik dengan frekuensi di atas ambang pendengaran manusia ($> 16 \text{ kHz}$ — 10 mHz) (Majid et al., 2015; Tiwari, 2015). *Driving force* dalam proses sonikasi adalah kavitasi akustik. Kavitasi akustik adalah fenomena terbentuk, tumbuh, dan pecahnya gelembung fluida akibat kompresi dan *rarefaction* gelombang ultrasonik secara bergantian. Fenomena tadi menyebabkan disrupsi pada sel melalui berbagai fenomena fisik berupa terbentuknya *micro fissure* dan *microchannel* yang meningkatkan permeasi pelarut ke dalam matriks solut. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi dengan ultrasonikasi adalah jenis sistem atau reaktor (*bath* atau *horn/probe*), frekuensi gelombang, intensitas atau daya ultrasonik, durasi, temperatur operasi, dan jenis, rasio, dan sifat pelarut (Tiwari, 2015).

2.4 Rekam Jejak Penelitian Terdahulu

Tabel 2.2. Rekam Jejak Penelitian.

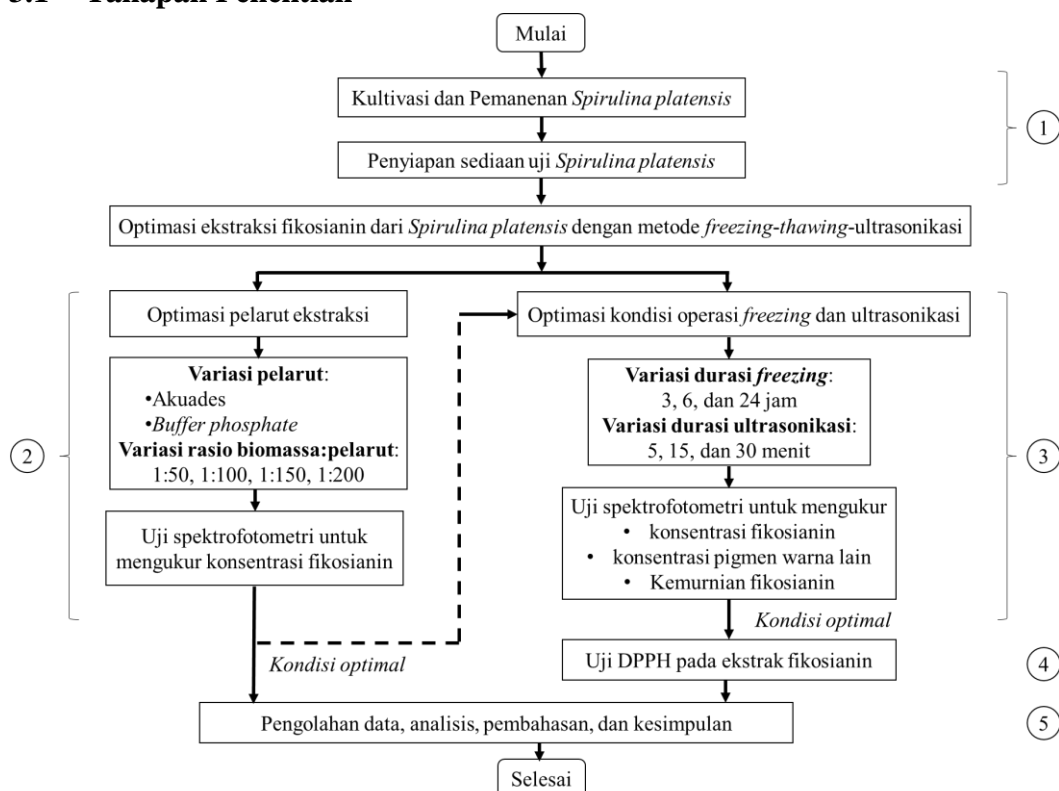
Penelitian	Meotde Ekstraksi	Hasil Optimal
Indraputri, (2017)	<ul style="list-style-type: none"> Homogenisasi dengan vorteks Ultrasonikasi Variasi: durasi ekstraksi, jenis pelarut 	Pelarut <i>buffer phosphate</i> , homogenisasi $t = 25$ menit, $yield = 9,62 \text{ mg/g}$
Margiati et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> Ultrasonikasi (30 menit) dan <i>shaking</i> (24 jam) Varias: pelarut akuades dan <i>phosphate buffer saline</i> 	Ekstraksi dengan PBS; $yield$ 2,5 mg/g dan IC_{50} (aktivitas antioksidan) = 387,36 ppm
Hafidzah (2020)	<ul style="list-style-type: none"> Ultrasonikasi (40 menit) + <i>freeze-thaw</i> (24 jam) Variasi: pelarut, rasio biomassa:pelarut, durasi 	Pelarut <i>phosphate buffer</i> , rasio biomassa:pelarut = 1:200, sonikasi $t = 60$ menit; $yield = 34,83 \text{ mg/g}$
Tan et al. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> <i>Freeze-thaw</i>; variasi: pelarut, rasio biomassa-pelarut, temperatur, durasi proses, jumlah siklus <i>freeze-thaw</i> 	Pelarut <i>double-distilled water</i> , rasio 0,50%, <i>freezing</i> (-80°C , 2 jam), <i>thawing</i> (25°C , 24 jam), 1 siklus

Berdasarkan penjelasan di atas maka disusunlah penelitian ini yang bertujuan untuk mengoptimasi ekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis* dengan teknik *freeze-thaw*-ultrasonikasi dan menyelidiki aktivitas antioksidan dari ekstrak tersebut. Secara implisit, penelitian ini juga diarahkan untuk menyelidiki potensi ekstraksi fikosianin dengan *freezing* pada suhu yang relatif tidak terlalu tinggi (hingga -15°C). Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif metode ekstraksi fikosianin yang efektif (menghasilkan $yield$ tinggi), ramah lingkungan (bebas pelarut organik yang cenderung beracun), dan ekonomis.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan berbasis eksperimen di laboratorium. Penelitian dapat dibagi menjadi lima bagian utama yaitu (1) preparasi sampel, (2) optimasi rasio biomassa:pelarut, (3) optimasi kondisi operasi *freezing* dan ultrasonikasi, (4) pengujian aktivitas antioksidan ekstrak fikosianin, dan (5) analisis hasil penelitian. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

3.1 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Rancangan Penelitian

3.2 Indikator Capaian

Indikator capaian yang diharapkan dari setiap tahapan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Jenis pelarut dan rasio biomassa:pelarut yang optimal untuk mengekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis*.
2. Durasi pembekuan yang optimal untuk mengekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis* dengan metode *freeze-thaw-ultrasonikasi*.
3. Durasi dan ultrasonikasi yang optimal untuk mengekstraksi fikosianin dari *Spirulina platensis* dengan *freeze-thaw-ultrasonikasi*.
4. Karakteristik kemurnian dan aktivitas antioksidan dari ekstrak fikosianin.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1. Kultivasi, Pemanenan *Spirulina*, dan Penyiapan Sediaan Uji

- 1) Kultur murni mikroalga dikultivasi di dalam menggunakan medium Zarrouk.
- 2) Kultur dipanen pada fase stasioner yaitu ketika *optical density* (OD) = 1.
- 3) Biomassa basah yang dipanen dari fotobioreaktor disaring dengan kain nilon, dikeringkan pada suhu ruang, digerus, dan disimpan dalam botol *vial* sebagai sediaan uji.

3.3.2. Ekstraksi Fikosianin dari *Spirulina platensis* dengan Metode Freeze-Thaw-Ultrasonikasi

- 1) Sejumlah 1 g sediaan uji kering dilarutkan di dalam sejumlah pelarut dapar fosfat sehingga membentuk larutan dengan rasio biomassa-solven tertentu sesuai variasi penelitian.
- 2) Larutan sediaan diisikan ke dalam tabung *centrifuge* dan dibekukan di dalam *freezer* selama durasi tertentu sesuai dengan variasi penelitian.
- 3) Suspensi beku kemudian dicairkan di dalam suhu ruang.
- 4) Larutan biomassa kemudian disonikasi dengan frekuensi gelombang dan durasi sesuai variasi di dalam *sonicator bath*. Air pada *bath* dijaga agar tetap di bawah 30°C dengan pemberian es batu.
- 5) Suspensi biomassa disentrifugasi pada kecepatan 4.000 rpm selama 15 menit.
- 6) Supernatan hasil sentrifugasi kemudian dipisahkan dari pelet dan disimpan di dalam *vial* terbungkus lembar aluminium di dalam kulkas tetapi tidak sampai membeku.

3.3.3. Pengujian Konsentrasi dan Kemurnian Fikosianin dan Pigmen Warna Lain Dalam Ekstrak

- 1) Spektrofotometer terlebih dahulu dikalibrasi dengan pelarut dapar fosfat pada panjang gelombang 280 nm, 615 nm, 620 nm, dan 652 nm. Setelah kalibrasi, spektrofotometer siap untuk digunakan.
- 2) Setiap sampel yang dipindahkan ke dalam kuvet untuk diukur absorbansinya pada panjang gelombang di atas. Data nilai absorbansi tadi kemudian dicatat.

3.3.4. Pemurnian ekstrak dan uji aktivitas antioksidan (uji DPPH)

- 1) Sampel ekstrak kasar yang ingin diuji dilarutkan dalam larutan 0,025 M dapar fosfat di dalam gelas beker kemudian diendapkan dalam amonium sulfat ((NH₄)₂SO₄) 30% dan 70%.
- 2) Endapan protein-amonium sulfat dipisahkan dengan mensentrifugasi campuran endapan pada kecepatan 12.000 rpm pada suhu 4°C selama 10 menit.
- 3) Endapan dilarutkan dalam pelarut dapar fosfat 0,025 M pH 7.
- 4) Larutan endapan protein didialisis di dalam kantong selofan yang direndam dalam larutan dapar fosfat 0,025 M pH 7 di atas penangas es. Dialisat dikeringkan menggunakan *freeze-dryer*.

- 5) Sebagai kontrol aktivitas antioksidan adalah vitamin C. Sebanyak 2,5 mg vitamin C dan 0,05 g dialisat ekstrak dilarutkan dalam 50 mL metanol p.a di dalam gelas beker.
- 6) Larutan vitamin C-metanol dan ekstrak-metanol tadi kemudian diencerkan sehingga konsentrasinya menjadi 200, 400, 600, dan 800 ppm.
- 7) Sebanyak 2 mL larutan dari setiap konsentrasi di atas dicampurkan dengan 3 mL larutan DPPH 40 ppm
- 8) Campuran vitamin C- DPPH dan ekstrak-DPPH dari setiap konsentrasi tadi kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-VIS pada $\lambda = 515$ nm. Nilai absorbansi terukur dicatat sebagai absorbansi kontrol $A_{c,200}$, $A_{c,400}$, $A_{c,600}$, dan $A_{c,800}$.

3.4 Analisis dan Pengolahan Data

Perhitungan Rendemen, Konsentrasi, dan Kemurnian Ekstrak

- 1) Konsentrasi Fikosianin (C_{PC}), Alofikosianin (C_{AP}), dan Fikoeritrin (C_{PE}) (Bennet dan Bogoard, 1973)

$$C_{PC} = \frac{OD_{615} - 0,474(OD_{652})}{5,34} \quad C_{AP} = \frac{OD_{650} - 0,208(OD_{620})}{5,09}$$

$$C_{PE} = (OD_{562} - 2,41(C_{PC})) - 0,849$$

- 2) Rendemen Fikosianin $Y_{PC} = \frac{(C_{PC})V}{m}$

- 3) Kemurnian Fikosianin $P = \frac{OD_{620}}{OD_{280}}$

Menghitung Aktivitas Antioksidan Ekstrak Fikosianin

- 4) Aktivitas antioksidan ekstrak fikosianin dari setiap sampel.

$$\%aktivitas_{n\ ppm} = \left[1 - \frac{OD_{515nm; vit\ C, n\ ppm}}{OD_{515nm; sampel, n\ ppm}} \right] 100\%$$

Efektivitas antioksidan dari ekstrak dinyatakan sebagai IC_{50} yaitu konsentrasi ekstrak yang dapat memberikan aktivitas antioksidan sebesar 50%.

BAB 4 BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN

4.1 Anggaran Biaya

No	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp)
1	Perlengkapan yang diperlukan	881.000
2	Bahan Habis Pakai	2.390.000
3	Perjalanan dalam kota	1.200.000
4	Lain-lain	1.160.000
	Jumlah	5.631.000

4.2. Jadwal Kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Bulan			Penanggung Jawab
		1	2	3	
1	Studi Literatur	✓			Andri Josua
2	Penyiapan Alat dan Bahan	✓			Reinaldo Raymond
3	Proses Penelitian	✓	✓	✓	Andri Josua
4	Pengolahan Data dan Analisis		✓	✓	Andri Josua
5	Penyusunan Laporan			✓	Ahmad Haryanto

DAFTAR PUSTAKA

- Belay, A. 2008. *Spirulina in Human Nutrition and Health*. Boca Raton: CRC Press.
- Bennett, A. & Bogorad, L. 1973. Complementary chromatic adaptation in a filamentous blue-green alga. *The Journal of cell biology*, 58, 419.
- Carmichael, W. W., Stukenberg, M. & Betz, J. M. 2010. Blue-green algae (Cyanobacteria). *Encyclopedia of dietary supplements*. CRC Press.
- Dianursanti, Taurina, Z., & Indraputri, C. M. 2018. *Optimization growth of Spirulina platensis in bean sprouts extract medium with urea fertilizer for phycocyanin production as antioxidant*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.
- Dinicolantonio, J. J. & Mccarty, M. 2020. Thrombotic complications of COVID-19 may reflect an upregulation of endothelial tissue factor expression that is contingent on activation of endosomal NADPH oxidase. *Open Heart*, 7, e001337.
- Fratelli, C., Burck, M., De Amarante, M. C. A. & Braga, A. R. C. 2020. Antioxidant potential of nature's "something blue": Something new in the marriage of biological activity and extraction methods applied to C-phycocyanin. *Trends in Food Science & Technology*.
- Hafidzah, M. A. (2020). *Peningkatan Perolehan Senyawa Fikosianin dari Ekstraksi Mikroalga Spirulina Platensis Melalui Pengaturan Jenis Pelarut*. Depok: Universitas Indonesia.
- İlter, I., Akyıl, S., Demirel, Z., Koç, M., Conk-Dalay, M. & Kaymak-Ertekin, F. 2018. Optimization of phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* using different techniques. *Journal of Food Composition and Analysis*, 70, 78-88.
- Indraputri, C. M. 2017. *Optimasi ekstraksi fikosianin dari mikroalga spirulina platensis dengan metode sonikasi dan homogenisasi menggunakan vortex*. Depok: Universitas Indonesia.
- Jiang, L., Wang, Y., Yin, Q., Liu, G., Liu, H., Huang, Y. & Li, B. 2017. Phycocyanin: a potential drug for cancer treatment. *Journal of Cancer*, 8, 3416.
- Koru, E. 2012. Earth Food *Spirulina* (Arthrospira): Production and Quality Standarts.
- Kuddus, M., Singh, P., Thomas, G. & Al-Hazimi, A. 2013. Recent developments in production and biotechnological applications of C-phycocyanin. *BioMed research international*, 2013.

- Li, D., Zhu, Z. & Sun, D.-W. 2018. Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 46-55.
- Majid, I., Nayik, G. A. & Nanda, V. 2015. Ultrasonication and food technology: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 1, 1071022.
- Manirafasha, E., Ndikubwimana, T., Zeng, X., Lu, Y. & Jing, K. 2016. Phycobiliprotein: Potential microalgae derived pharmaceutical and biological reagent. *Biochemical Engineering Journal*, 109, 282-296.
- Margiati, D., Ramdani, D. & Wulandari, A. P. 2019. Comparative Study of Antioxidant Phycocyanin Extracts Activity between *S. platensis* with *S. fusiformis* Using DPPH Method. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 6, 52-58.
- Small, E. 2011. 37. Spirulina—food for the universe. *Biodiversity*, 12, 255-265.
- Sonani, R. R., Rastogi, R. P., Patel, R. & Madamwar, D. 2016. Recent advances in production, purification and applications of phycobiliproteins. *World journal of biological chemistry*, 7, 100.
- Stanic-Vucinic, D., Minic, S., Nikolic, M. R. & Velickovic, T. C. 2018. Spirulina phycobiliproteins as food components and complements. *Microalgal Biotechnology*, 129-149.
- Tan, H. T., Khong, N. M., Khaw, Y. S., Ahmad, S. A. & Yusoff, F. M. 2020. Optimization of the Freezing-Thawing Method for Extracting Phycobiliproteins from *Arthrospira* sp. *Molecules*, 25, 3894.
- Tavanandi, H. A., Devi, A. C. & Raghavarao, K. 2018. A newer approach for the primary extraction of allophycocyanin with high purity and yield from dry biomass of *Arthrospira platensis*. *Separation and Purification Technology*, 204, 162-174.
- Tiwari, B. K. 2015. Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 100-109.
- Wan, D., Wu, Q. & Kuča, K. 2016. *Spirulina. Nutraceuticals*. Elsevier.
- Zheng, J., Inoguchi, T., Sasaki, S., Maeda, Y., Mccarty, M. F., Fujii, M., Ikeda, N., Kobayashi, K., Sonoda, N. & Takayanagi, R. 2013. Phycocyanin and phycocyanobilin from *Spirulina platensis* protect against diabetic nephropathy by inhibiting oxidative stress. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 304, R110-R120.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota dan Dosen Pendamping

A. Biodata Ketua

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap	Andri Josua Sianipar
2.	Jenis Kelamin	Laki-laki
3.	Program Studi	Teknik Bioproses
4.	NIM	1706987160
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Karawang, 1 September 1999
6.	Alamat e-mail	andrijosuas@gmail.com
7.	No. Telepon/HP	087853100848

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Ikatan Mahasiswa Teknik Kimia FTUI	Staf Kesekretariatan	2018; Fakultas Teknik Universitas Indonesia
2	<i>Chemical Engineering in Charity (Cherry)</i> 2018	Staf Materi	2018; Departemen Teknik Kimia, FTUI
3	Olimpiade Ilmiah Mahasiswa (OIM) FTUI 2019	Staf Perlombaan	2019; Fakultas Teknik Universitas Indonesia

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Juara 2 Lomba Karya Tulis Ilmiah Chemical Engineering Festival (CEFEST) 2020	HMTK Institut Teknologi Indonesia	2020

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-RE

Depok, 14 Februari 2021
Ketua


Andri Josua Sianipar

B. Biodata Anggota ke-1

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap	Reinaldo Raymond
2.	Jenis Kelamin	Laki-laki
3.	Program Studi	Teknik Kimia
4.	NIM	1806148561
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Jakarta, 28 Juli 2000
6.	Alamat e-mail	reinaldo.raymond@ui.ac.id
7.	No. Telepon/HIP	0895611908892

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Ikatan Mahasiswa Teknik Kimia FTUI	Staf Sosial Mahasiswa	2019, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
2	Ikatan Mahasiswa Teknik Kimia FTUI	Wakil Kepala Bidang Sosial Mahasiswa	2020, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
3	Chemical Engineering In Charity (Cherry) 2019	Staf Sponsorship	2019, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-RE.

Depok, 14 Februari 2021

Anggota



(Reinaldo Raymond)

B. Biodata Anggota ke-2

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap	Ahmad Haryanto
2.	Jenis Kelamin	Laki-laki
3.	Program Studi	Teknologi Bioproses
4.	NIM	1806207614
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Jakarta, 25 Desember 1998
6.	Alamat e-mail	ahmad.haryanto@ui.ac.id
7.	No. Telepon/HP	087888443646

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1			
2			
3			

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	1 st Winner Comic Competition	Milenial Islami, PT Indika Energy Tbk.	2018

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-RE.

Depok, 14 Februari 2021

Anggota



AHMAD HARYANTO
(Nama Lengkap)

C. Biodata Dosen Pendamping

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Dianursanti, S.T., M.T.
2.	Jenis Kelamin	Perempuan
3.	Program Studi	Teknik Bioproses
4.	NIP/NIDN	197201211997022001/0021017205
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Bandung/21-01-1972
6.	Alamat E-mail	dianursanti@ui.ac.id
7.	No. Telepon/HP	08111921565

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Institusi	Universitas Indonesia	Universitas Indonesia	Universitas Indonesia
Jurusan / Prodi	Teknik gas dan Petrokimia	Teknik Kimia	Teknik Kimia
Tahun masuk-lulus	1991-1996	1999-2002	2019-2012

C. Rekam Jejak Tri Dharma PT

C.1. Pendidikan/Pengajaran

No	Nama Mata Kuliah	Wajib / Pilihan	SKS
1.	Bioenergetika	Wajib	2
2.	Kecakapan Komunikasi	Wajib	2
3.	Kimia Analitik Instrumental	Wajib	3
4.	Perpindahan Kalor	Wajib	3
5.	Rekayasa Bioreaktor	Wajib	3
6.	Industri Oleokimia	Pilihan	3
7.	Teknologi Penyimpanan dan Pengemasan	Pilihan	3

C.2. Penelitian

No	Judul Penelitian	Penyandang Dana	Tahun
1	Pemanfaatan Ekstrak dari <i>Spirulina platensis</i> sebagai Bahan Baku Pembuatan Produk Farmasi: Cangkang kapsul dan Sabun	UI (PITTA B)	2019
2	<i>Upgrading Bio-Oil</i> melalui Proses Hidrotermal Katalitik dan Pengembangan Senyawa Esensial dari Biomassa Hayati	UI (PITTA B)	2019
3	Pengolahan Mikroalga Strain Lokal untuk Pembuatan Biomaterial Peningkat Mutu Pangan dan Produk Hayati	UI (PUTI Prosiding)	2020
4	Konversi Bio-oil menjadi BTX melalui Perengkahan Hidrotermal Katalitik (<i>Conversion of Bio-oil into BTX through the Hydrothermal Catalytic Cracking</i>)	UI (PUTI Saintekes)	2020
5	Pengembangan Teknik Ekstraksi Senyawa Esensial dari Mikroalga Strain Lokal sebagai Bahan Baku Peningkat Mutu Pangan dan Produk Hayati	UI (PUTI Q2)	2020

C.3. Pengabdian Kepada Masyarakat

No	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Penyandang Dana	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-RE.

Depok, 15 Februari 2021
Dosen Pendamping



(Dr. Dianursanti, S.T., M.T.)

Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan

1. Perlengkapan yang Diperlukan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
Fotobioreaktor	1 unit	100.000/unit	100.000
Kompresor udara + <i>sparger</i>	1 unit	40.000/unit	40.000
Selang plastik	1 set	5.000/set	5.000
Lampu	1 set	70.000/set	70.000
Pipet ukur 5 mL	2 pcs	20.000/pcs	40.000
Pipet ukur 10 mL	2 pcs	35.000/pcs	70.000
Corong	2 pcs	30.000/pcs	60.000
Botol semprot	2 pcs	15.000/pcs	30.000
Cawan petri	2 pcs	15.000/pcs	30.000
Alu dan lumpang	1 set	40.000/set	40.000
Botol vial kaca (20 mL)	16 pcs	1.000/pcs	16.000
Gelas ukur 50 mL	1 pcs	40.000/pcs	40.000
Gelas ukur 100 mL	1 pcs	50.000/pcs	50.000
Gelas beker 50 mL	2 pcs	20.000/pcs	40.000
Gelas beker 100 mL	2 pcs	25.000/pcs	50.000
Gelas beker 250 mL	2 pcs	50.00/pcs	100.000
Tabung <i>centrifuge</i> (15 mL)	20 pcs	3.000/pcs	60.000
Kaca arloji	2 pcs	15.000/pcs	30.000
Spatula	2 pcs	5.000/pcs	10.000
SUBTOTAL (1) (Rp)			881.000
2. Barang Habis	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
Akuades	2 L	7.000/L	14.000
Air laut	20 L	1.500/L	30.000
Starter mikroalga <i>Spirulina platensis</i>	1 set (500 mL)	90.000/set	90.000
Medium pertumbuhan	1 set (500 mL)	100.000/set	100.000
Dapar fosfat (<i>phosphate buffer</i>)	2 L	375.000/L	750.000
Metanol p.a. (99%)	2 L	25.000/L	50.000
DPPH	1 botol (50 mg)	395.000/botol	395.000
Vitamin C	4 pcs (@500 mg)	1.000/pcs	4.000
Kertas saring	1 dus	150.000/dus	150.000
Selofan (tabung dialisis)	1 m	150.000/m	150.000
Amonium sulfat	500 g	200.000/kg	100.000

<i>Aluminium foil</i>	2 roll	30.000/roll	60.000
<i>Plastic Wrap</i>	1 roll	15.000/roll	15.000
Sabun Cuci Alat	1 pcs (720 ml)	12.000/pcs	12.000
Spons	2 pcs	3.000/pcs	3.000
Tisu Kering	2 pcs	6.000/pcs	12.000
Sarung Tangan Karet	2 set	30.000/set	60.000
Masker Medis	6 dus	60.000/dus	360.000
Sabun Cuci Tangan	2 pcs	10.000/pcs	20.000
Disinfektan Semprot	2 pcs	30.000/pcs	15.000
SUBTOTAL (2) (Rp)			2.390.000
3. Perjalanan dalam kota	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
Perjalanan ke Laboratorium	2	300.000	600.000
Pembelian Alat dan Bahan	2	300.000	600.000
SUBTOTAL (3) (Rp)			1.200.000
4. Lain-lain	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
Biaya Jasa Laboratorium untuk <i>Freeze-Dryer</i>	2	90.000	180.000
Biaya Jasa Laboratorium untuk Uji Spektrofotometri AAS	32	15.000	480.000
Publikasi	1	500.000	500.000
SUBTOTAL (4) (Rp)			1.160.000
TOTAL 1+2+3+4 (Rp)			5.631.000
Terbilang: Lima Juta Enam Ratus Tiga Puluh Satu Ribu Rupiah			

Lampiran 3. Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Pembagian Tugas

No	Nama / NIM	Program Studi	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam / minggu)	Uraian Tugas
1	Andri Josua Sianipar 1706987160	Teknik Bioproses	Teknik Bioproses	20	<ul style="list-style-type: none"> •Memimpin koordinasi antar anggota •Mengkoordinasi studi literatur, pelaksanaan penelitian, dan pengolahan data dan analisis. •Melakukan variasi jumlah siklus <i>freeze-thaw</i>. •Menulis laporan.
2	Reinaldo Raymond 1806148561	Teknik Kimia	Teknik Kimia	20	<ul style="list-style-type: none"> •Mengkoordinasi penyiapan alat dan bahan. •Melakukan variasi rasio biomassa:pelarut. •Menulis laporan.
3	Ahmad Haryanto 1806207614	Teknik Bioproses	Teknik Bioproses	20	<ul style="list-style-type: none"> •Mengkoordinasi penyusunan laporan. •Melakukan variasi durasi proses <i>freeze-thaw</i>. •Menulis laporan.

Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Peneliti

SURAT PERNYATAAN KETUA TIM PELAKSANA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andri Josua Sianipar

NIM : 1706987160

Program Studi : Teknik Bioproses

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa proposal PKM-RE saya dengan judul Pemanfaatan *Spirulina platensis* Sebagai Sumber Senyawa Antioksidan Fikosianin: Sebuah Studi Optimasi Ekstraksi yang diusulkan untuk tahun anggaran 2021 adalah asli karya kami dan belum pernah dibiayai oleh lembaga atau sumber dana lain.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penelitian yang sudah diterima ke kas negara. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Depok, 14 Februari 2021

Yang menyatakan,


Andri Josua Sianipar
NIM 1706987160