

**UJI CEMARAN LOGAM BERAT (Pb, Cu, DAN Cd)
NORI DARI ALGA HIJAU (*Ulva lactuca*) YANG
DIPERKAYA DENGAN *SPIRULINA PLATENSIS*
(*Arthrospira platensis*) MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM (SSA)**

**HEAVY METAL CONTAMINATION TEST (Pb, Cu,
AND Cd) NORI FROM GREEN ALGAE (*Ulva lactuca*)
ENRICHED WITH *SPIRULINA PLATENSIS*
(*Arthrospira Platensis*) USING ATOMIC
ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER (AAS)**

NURUL ATISYAH

N011 17 1536



**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

**UJI CEMARAN LOGAM BERAT (Pb, Cu, DAN Cd) NORI DARI ALGA
HIJAU (*Ulva lactuca*) YANG DIPERKAYA DENGAN *SPIRULINA
PLATENSIS* (*Arthrospira platensis*) MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM (SSA)**

**HEAVY METAL CONTAMINATION TEST (Pb, Cu, AND Cd) NORI
FROM GREEN ALGAE (*Ulva lactuca*) ENRICHED WITH *SPIRULINA
PLATENSIS* (*Arthrospira Platensis*) USING ATOMIC ABSORPTION
SPECTROPHOTOMETER (AAS)**

SKRIPSI

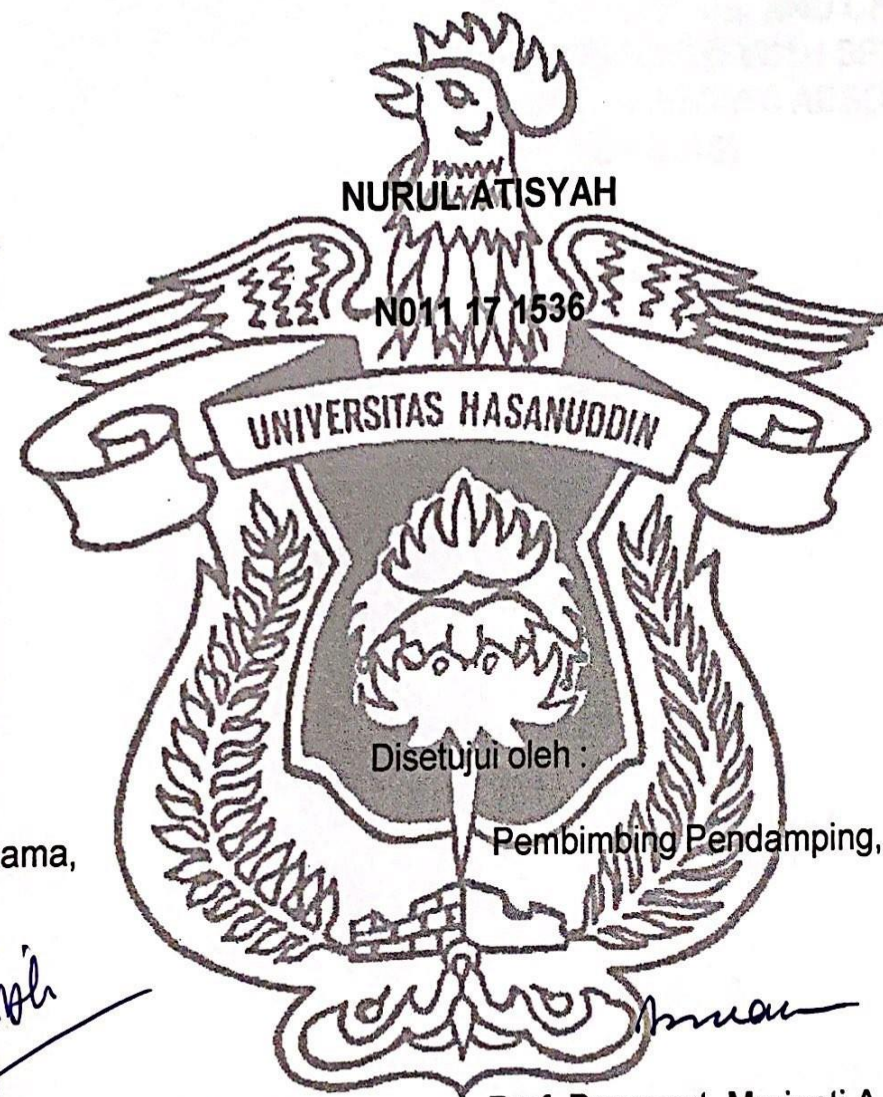
Untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi
syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana

NURUL ATISYAH

N011 17 1536

**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**UJI CEMARAN LOGAM BERAT (Pb, Cu, DAN Cd) NORI DARI ALGA
HIJAU (*Ulva lactuca*) YANG DIPERKAYA DENGAN *SPIRULINA
PLATENSIS* (*Arthospira platensis*) MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETER SERAPAN ATOM (SSA)**



Pembimbing Utama,

Dr. Risfah Yulianty, S.Si., M.Si., Apt.
NIP. 19780716 200312 2 001

Pembimbing Pendamping,

Prof. Dr.rer.nat. Marianti A. Manggau., Apt.
NIP. 19670319 199203 2 002

Pada Tanggal, 27 Juni 2023

SKRIPSI

UJI CEMARAN LOGAM BERAT (Pb, Cu, DAN Cd) NORI DARI ALGA HIJAU (*Ulva lactuca*) YANG DIPERKAYA DENGAN *SPIRULINA PLATENSIS* (*Arthrospira platensis*) MENGGUNAKAN SPEKTRIFOTOMETER SERAPAN ATOM (SSA)

HEAVY METAL CONTAMINATION TEST (Pb, Cu, AND Cd) NORI FROM GREEN ALGAE (*Ulva lactuca*) ENRICHED WITH *SPIRULINA PLATENSIS* (*Arthrospira Platensis*) USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER (AAS)

Disusun dan diajukan oleh :

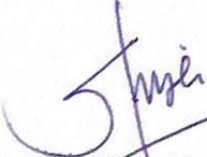
NURUL ATISYAH
N011.17.1536


telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin
pada tanggal 27 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

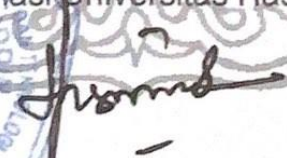
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Risfah Yulianty, S.Si., M.Si., Apt.
NIP. 19780716 200312 2 001


Prof. Dr. rer. nat. Marianti A. Manggau., Apt.
NIP. 19670319 199203 2 002

Ketua Program Studi S1 Farmasi
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin


Nurhasni Hasan, S.Si., M.Si., M.Pharm.Sc., Ph.D., Apt.
NIP. 19860116 201012 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurul Atisyah

NIM : N011 17 1536

Program Studi : Farmasi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan Judul “Uji Cemaran Logam Berat (Pb, Cu, Dan Cd) Nori Dari Alga Hijau (*Ulva Lactuca*) Yang Diperkaya Dengan *Spirulina Platensis* (*Arthospira Platensis*) Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari Skripsi karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 27 Juni 2023

Yang menyatakan




Nurul Atisyah

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahim, tiada kata yang lebih patut diucapkan oleh seorang hamba yang beriman selain ucapan puji syukur ke hadirat Allah *Subhanahu wata'ala*, Tuhan Yang Maha Mengetahui, pemilik segala ilmu, karena atas petunjuk-Nya maka skripsi ini dapat diselesaikan.

Dalam Penyusunan skripsi ini sangat banyak kendala yang penulis hadapi, namun karena pertolongan-Nya dan dukungan serta bantuan dari beberapa pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan kendala- kendala tersebut. Oleh karena itu perkenankan saya menyampaikan ucapan terima kasih saya yang tulus kepada:

1. Ibu Dr. Risfah Yulianty, S.Si., M.Si., Apt selaku pembimbing utama yang selalu meluangkan waktu, memberikan ilmu, masukan dan saran serta arahan kepada penulis selama pembuatan skripsi ini dan Ibu Prof. Dr. rer.nat. Marianti A. Manggau., Apt selaku pembimbing pendamping yang selalu memberikan masukan dan saran serta bimbingan dalam pembuatan skripsi ini.
2. Orang tua tercinta, Ayahanda H. Muh. Syahadat S.Pd., M.Pd dan Ibunda Dra. Hj. Darmawati M. Terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, doa serta dukungan yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Begitupun dengan saudara penulis, kedua adik saya, Imam Nursahid dan Mutia Khalidah terima kasih sudah meluangkan waktu untuk bertukar pikiran dan selalu memberi dukungan dan doanya.

3. Bapak Prof. Subehan, M.Pharm.Sc., Ph.D., Apt dan Ibu Prof. Dr. Sartini, M.Si., Apt selaku tim penguji yang selalu memberikan masukan dan saran yang mendukung dalam proses pembuatan skripsi penulis.
4. Dekan dan para Wakil Dekan Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin serta seluruh staf dan pegawai atas motivasi, ilmu serta fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh studi hingga dapat menyelesaikan penelitian ini.
5. Ibu A. Anggriani, S.Si., M.Clin.Pharm., Apt selaku pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan dan masukan kepada penulis selama menempuh studi di Fakultas Farmasi
6. Seluruh Tim penelitian Nori *Ulva lactuca* termasuk Aspa dan Vina atas bantuan dan motivasinya kepada penulis selama menyelesaikan skripsi.
7. Sahabat-sahabatku, Asmi, Awaliah, Berlin, Lisa, Fira, Dila dan Debby yang selalu menemani, memberikan arahan, ilmu dan bantuan kepada penulis selama penyelesaian skripsi ini.
8. Teman-teman +62Netijen yang senantiasa memberikan dukungan selama proses penulisan skripsi.
9. Teman-teman organisasi MAPERWA KEMAFAR-UH Parlemen Ekuilibrium Periode 2021, dan Pengurus IKASA Makassar angkatan 4 yang senantiasa menawarkan bantuan dan memberikan motivasi serta doa.
10. Teman-teman angkatan 08 "Atlantis" yang senantiasa memberikan motivasi dan doa.

11. CLOSTRI17IUM, selaku teman seperjuangan Angkatan 2017 selama penulis menempuh studi di Farmasi. Terimakasih atas dukungannya dan pengalaman yang telah diberikan.
12. Kepada Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung, Jeon Jungkook BTS secara tidak langsung telah menjadi penyemangat penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
13. *Last but not least, I wanna thank me, for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for just being me at all the time.*

Penulis menyadarisegala keterbatasan yang penulis miliki sehingga skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Dengan demikian penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Aamiin.

Makassar, 27 Juni 2023



Nurul Atisyah

ABSTRAK

NURUL ATISYAH. Uji Cemaran Logam Berat (Pb, Cu, Dan Cd) Nori Dari Alga Hijau (*Ulva Lactuca*) Yang Diperkaya Dengan *Spirulina Platensis* (*Arthospira Platensis*) Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). (Dibimbing oleh Risfah Yulianty dan Marianti A. Manggau)

Salah satu komoditas hasil laut yang paling menjanjikan di Indonesia yaitu *Ulva lactuca* yang dapat dikonsumsi dan memiliki aktivitas sebagai antibakteri, antijamur, antioksidan dan antitumor. Nori merupakan pengembangan rumput laut yang merupakan makanan berbentuk lembaran tipis dibuat dengan cara menghaluskan, membumbui dan mengeringkan dengan tekstur renyah dan kering disertai rasa asin. Pengembangan budidaya rumput laut memberikan pengaruh positif terhadap perekonomian dan pendapatan masyarakat, akan tetapi dapat memberikan dampak negatif bagi perairan laut disebabkan adanya aktivitas masyarakat yang menyebabkan perairan tercemar oleh logam berat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cemaran logam berat Nori dari alga *Ulva lactuca* yang diperkaya dengan *Spirulina platensis* dan Alga hijau (*Ulva lactuca*) menggunakan metode spektrofotometer serapan atom.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat Nori *Ulva lactuca* dari Alga Hijau yang telah diambil di Balai Perikanan Budidaya Air Payau Takalar dan diperkaya *Spirulina platensis* dengan beberapa perbandingan yaitu 10:1, 10:2 dan 10:3 dan Alga Hijau (*Ulva lactuca*).

Hasil cemaran logam berat Nori *Ulva lactuca* yang diperkaya dengan *Spirulina platensis* menunjukkan cemaran logam berat Pb yaitu 4,87 untuk perbandingan 10:1, 4,92 untuk perbandingan 10:2, dan 4,14 untuk perbandingan 10:3, Cd yaitu -3,45 untuk perbandingan 10:1, -0,83 untuk perbandingan 10:2, dan -0,44 untuk perbandingan 10:3, dan Cu yaitu 4,10 untuk perbandingan 10:1, 1,96 untuk perbandingan 10:2, dan 2,53 untuk perbandingan 10:3. Sedangkan, untuk Alga hijau (*Ulva lactuca*) logam berat timbal 3,57, kadmium <0,0031, dan tembaga 3,09 mg/kg. Dengan demikian, Nori *Ulva lactuca* dengan dan tanpa *Spirulina platensis* mengandung cemaran logam berat timbal dan tembaga yang melebihi SNI 0,5 mg/kg.

Kata Kunci: *Ulva lactuca*, *Spirulina platensis*, Logam berat, Spektrofotometer Serapan Atom

ABSTRACT

NURUL ATISYAH. Test of Heavy Metal Contamination (Pb, Cu, and Cd) of Nori from Green Algae (*Ulva Lactuca*) Enriched with *Spirulina Platensis* (*Arthospira Platensis*) Using Atomic Absorption Spectrophotometer (SSA). (Supervised by Risfah Yulianty and Marianti A. Manggau)

One of the most promising seafood commodities in Indonesia is *Ulva lactuca* that can be consumed and has activities as antibacterial, antifungal, antioxidant and antitumor. Nori is the development of seaweed which is a thin sheet-shaped food made by smoothing, seasoning and drying with a crunchy and dry texture accompanied by a salty taste. The development of seaweed cultivation has a positive influence on the economy and community income, but can have a negative impact on marine waters due to community activities that cause waters to be polluted by heavy metals. Therefore, this study aims to determine the heavy metal contamination of Nori from *Ulva lactuca* algae enriched with *Spirulina platensis* and green algae (*Ulva lactuca*) using the atomic absorption spectrophotometer method.

This study was conducted by making Nori *Ulva lactuca* from green algae that had been taken at the Takalar Brackish Water Aquaculture Center and enriched with *Spirulina platensis* with several comparisons namely 10:1, 10:2 and 10:3 and green algae (*Ulva lactuca*).

The results of heavy metal contamination of *Ulva lactuca* nori enriched with *Spirulina platensis* showed heavy metal contamination of Pb which was 4.87 for the 10:1 comparison, 4.92 for the 10:2 comparison, and 4.14 for the 10:3 comparison, Cd which was -3.45 for the 10:1 comparison, -0.83 for the 10:2 comparison, and -0.44 for the 10:3 comparison, and Cu which was 4.10 for the 10:1 comparison, 1.96 for the 10:2 comparison, and 2.53 for the 10:3 comparison. Meanwhile, for green algae (*Ulva lactuca*), heavy metal lead was 3.57, cadmium was <0.0031, and copper was 3.09 mg/kg. Thus, *Ulva lactuca* nori with and without *Spirulina platensis* contains lead and copper heavy metal contamination that exceeds the SNI of 0.5 mg/kg.

Keywords: *Ulva lactuca*, *Spirulina platensis*, Heavy metals, Atomic Absorption Spectrophotometer

DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Alga	5
II.1.1 Uraian Umum Alga	5
II.1.2 Morfologi Alga	8
II.1.3 Kandungan dan Manfaat Alga	8
II.2 <i>Ulva lactuca</i>	10
II.2.1 Klasifikasi <i>Ulva lactuca</i>	10
II.2.2 Morfologi <i>Ulva lactuca</i>	10
II.2.3 Kandungan dan Manfaat <i>Ulva lactuca</i>	11
II.3 <i>Spirulina platensis</i>	12

II.3.1 Klasifikasi <i>Spirulina platensis</i>	12
II.3.2 Uraian Umum <i>Spirulina platensis</i>	12
II.3.3 Kandungan dan Manfaat <i>Spirulina platensis</i>	13
II.4 Logam Berat	13
II.4.1 Uraian Umum Logam Berat	13
II.4.2 Logam Berat Pb (Timbal)	14
II.4.3 Logam Berat Cd (Kadmium)	14
II.4.4 Logam Berat Cu (Tembaga)	15
II.5 Spektrofotometri Serapan Atom	15
II.5.1 Instrumentasi	16
II.5.2 Hukum Lambert-Beer	20
BAB III METODE KERJA	21
III.1 Alat dan Bahan	21
III.2 Cara Kerja	21
III.2.1 Penyiapan Sampel	21
III.2.2 Metode Pembuatan	22
III.3 Prosedur Kerja	23
III.3.1 Uji Kadar Air	23
III.3.2 Uji Kadar Abu	23
III.3.3 Destruksi Basah	24
III.3.4 Analisis Cemarkan Logam Pb, Cd, dan Cu	24
III.3.5 Perhitungan Kadar Logam	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25

IV.1 Hasil Penelitian	25
IV.1.1 Hasil Pengukuran Nori <i>Ulva Lactuca</i> yang Diperkaya <i>Spirulina platensis</i> Larutan Standar Logam Pb, Cu, dan Cd	25
IV.1.2 Hasil Pengukuran Alga hijau (<i>Ulva lactuca</i>) Larutan Standar Logam Pb, Cu, dan Cd	26
IV.1.3 Analisis Kadar Logam Pb, Cu, dan Cd	27
IV.2 Pembahasan	27
BAB V PENUTUP	33
V.1 Kesimpulan	33
V.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Makroalga	9
2. Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Pb Nori <i>Ulva lactuca</i> yang diperkaya <i>Spirulina platensis</i> (SSA) SHIMADZUU AA-7000	25
3. Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Cu Nori <i>Ulva lactuca</i> yang diperkaya <i>Spirulina platensis</i> (SSA) SHIMADZUU AA-7000	25
4. Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Cd Nori <i>Ulva lactuca</i> yang diperkaya <i>Spirulina platensis</i> (SSA) SHIMADZUU GFA-7000	26
5. Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Pb Alga hijau (<i>Ulva lactuca</i>) (SSA) SHIMADZUU AA-7000.	26
6. Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Cu Alga hijau (<i>Ulva lactuca</i>) (SSA) SHIMADZUU AA-7000.	26
7. Data Hasil Pengukuran Larutan Standar Cd Alga hijau (<i>Ulva lactuca</i>) (SSA) SHIMADZUU AA-7000.	27
8. Data hasil pengukuran kadar logam Pb, Cu, dan Cd	27
9. Tabel Kadar	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Ulva lactuca</i>	10
2. <i>Spirulina platensis</i>	12
3. Spektrofotometer Serapan Atom	16
4. Komponen Spektrofotometer Serapan Atom	17
5. Kurva kalibrasi logam timbal (Pb) Nori <i>Ulva lactuca</i> yang diperkaya <i>Spirulina platensis</i>	42
6. Kurva kalibrasi logam timbal (Pb) Alga hijau (<i>ulva lactuca</i>)	42
7. Kurva kalibrasi logam tembaga (Cu) Nori <i>Ulva lactuca</i> yang diperkaya <i>Spirulina platensis</i>	43
8. Kurva kalibrasi logam tembaga (Cu) Alga hijau (<i>ulva lactuca</i>)	43
9. Kurva kalibrasi logam kadmium (Cd) Nori <i>Ulva lactuca</i> yang diperkaya <i>Spirulina platensis</i>	44
10. Kurva kalibrasi logam timbal (Cd) Alga hijau (<i>Ulva lactuca</i>).	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Penelitian	38
2. Gambar Penelitian	39
3. Tabel Kadar	41
4. Kurva Kalibrasi	42
5. Perhitungan	45

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Komoditas hasil laut yang paling menjanjikan di Indonesia salah satunya adalah rumput laut. *Ulva lactuca* adalah salah satu dari jenis rumput laut hijau yang dapat dikonsumsi yang memiliki kandungan antibakteri, antijamur, antioksidan dan antitumor (Arbi et al., 2016). Salah satu pengembangan rumput laut yaitu Nori, yang merupakan makanan tradisional Jepang berbentuk lembaran tipis yang dibuat dengan cara menghaluskan, membumbui dan mengeringkan rumput laut, dengan tekstur renyah dan kering disertai rasa asin khas rumput laut (Zakaria et al., 2017 ; Kurniawan et al., 2019).

Arthrospira platensis atau yang biasa dikenal sebagai *Spirulina platensis* merupakan mikroalga hijau-biru yang banyak dibudidayakan secara komersil, dan telah banyak diteliti kandungan nutrisinya, baik dalam industri pangan, kesehatan maupun akuakultur. Selain itu, memiliki banyak manfaat nutrisi, termasuk 70% protein yang dihasilkan per bahan keringnya (Ashok et al., 2020; Jung, 2019; Böcker et al., 2021).

Pengembangan akan budidaya rumput laut memberikan pengaruh positif terhadap perekonomian dan pendapatan masyarakat, akan tetapi dapat memberikan dampak negatif bagi perairan laut disebabkan adanya aktivitas masyarakat yang menyebabkan perairan tercemar oleh kegiatan

bahaya atau bencana yang disebabkan oleh tindakan atau kelalaian manusia yang dikenal dengan sebutan antropogenik seperti pembuangan limbah rumah tangga dan industri, dimana salah satu limbah yang dapat masuk keperairan yaitu bahan pencemar logam seperti logam berat. Logam berat adalah salah satu jenis zat polutan yang biasanya dijumpai dalam perairan, yang dapat berdampak negatif terhadap manusia yang menggunakan air dan organisme yang ada di dalamnya. Kandungan logam berat pada suatu organisme mengindikasikan adanya sumber logam berat yang berasal dari aktivitas manusia (Yaqin dkk., 2014).

Sebagai organisme biota laut, rumput laut kemungkinan dapat terkena dampak dari adanya pencemaran logam berat. Beberapa penelitian diketahui bahwa berbagai spesies rumput laut terutama dari golongan Rhodophyceae (rumput laut merah), Phaeophyceae (rumput laut coklat), Chlorophyceae (rumput laut hijau) dan Chyanophyceae (rumput laut hijau-biru) baik dalam keadaan hidup (sel hidup) maupun dalam bentuk sel mati (biomassa) dapat mengadsorpsi ion-ion logam yang berikatan dengan gugus fungsi yang terdapat pada rumput laut dan melakukan pengikatan berupa senyawa polisakarida yang tersusun atas alginat kalsium dan sodium (Raya dan Ramlah, 2012).

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 tentang logam berat di perairan yang berkaitan dengan biota laut meliputi Merkuri (Hg), Kromium (Cr), Arsen (As), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Timbal (Pb) , Seng (Zn), dan Nikel (Ni). Logam berat yang umum

mencemari perairan di perkotaan adalah Pb, Zn, Cu, Cd, dan Co (Adibrata et al., 2021).

Pencemaran yang berada di perairan disebabkan oleh logam berat yang berasal dari aktivitas manusia diantaranya pembuatan perahu, zat pengawet kayu pada perahu dan cat anti karat pada kapal mengakibatkan adanya pencemaran logam seperti logam timbal (Pb), sedangkan untuk kadmium (Cd) diperoleh karena adanya aktivitas perahu bermotor dan terdapat pula dalam air buangan industri terutama industri elektroplating (Isru, 2021). Sumber antropogenik logam tembaga (Cu) berasal dari dan limbah rumah tangga dan pestisida yang digunakan dalam kegiatan pertanian yang memasuki air sungai melalui aliran permukaan (Pandey, 2017).

Logam-logam berat tersebut dapat terakumulasi kedalam biota laut seperti rumput laut. Logam berat merupakan suatu senyawa yang bersifat toksik terhadap makhluk hidup dan lingkungan sekitar (Yulianto, 2018). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 01-7387-2009 tentang Batas Maksimum Cemar Logam pada rumput laut segar dan hasil olahannya diatur bahwa batas maksimum cemaran logam yang diperbolehkan pada timbal (Pb) maksimal sebesar 0,5 ppm dan Kadmium (Cd) sebanyak 0,1 mg/kg (SNI 2690: 2015). Untuk logam tembaga (Cu) berdasarkan SNI 2007, telah melewati ambang batas maksimum apabila lebih dari 0,5 mg/kg.

Kandungan logam berat dalam rumput laut dapat ditentukan dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Metode ini memiliki kepekaan yang tinggi karena dapat mengukur kadar logam berat hingga konsentrasi sangat kecil. Selain itu, metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) juga memiliki selektifitas yang tinggi (Djunaidi, 2018).

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang Uji Cemaran Logam Berat (Pb, Cu, dan Cd) Nori dari Alga Hijau (*Ulva lactuca*) yang diperkaya dengan *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

I.2 Rumusan Masalah

1. Berapakah kadar cemaran logam berat Alga Hijau (*Ulva lactuca*)?
2. Berapakah kadar cemaran logam berat Nori dari Alga Hijau (*Ulva lactuca*) yang diperkaya dengan *Spirulina platensis* dengan perbandingan 10:1, 10:2 dan 10:3?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kadar cemaran logam berat Alga Hijau (*Ulva lactuca*).
2. Untuk mengetahui kadar cemaran logam berat Nori dari Alga Hijau (*Ulva lactuca*) yang diperkaya dengan *Spirulina platensis* dengan perbandingan 10:1, 10:2 dan 10:3.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Alga

II.1.1 Uraian Umum Alga

Alga secara umum termasuk bagian dalam kingdom protista mirip tumbuhan (*Thallophyta*) dengan struktur tubuh berupa talus dan mengandung pigmen klorofil yang berguna untuk melakukan fotosintesis. Struktur tubuh makroalga pada umumnya terdiri dari tiga bagian utama yaitu struktur yang menyerupai daun disebut *blade*, struktur tubuh yang menyerupai batang disebut stipe, dan struktur yang menyerupai akar dengan fungsinya untuk melekat pada substrat disebut *holdfast* (Pradana, F.dkk., 2020).

Alga pertama kali diperkenalkan oleh Linnaeus pada tahun 1753 yang dapat bersel tunggal atau multiseluler. Alga mempunyai kloroplas sebagai penunjang proses fotosintesis, dinding selnya banyak mengandung selulosa dan zat lain seperti asam alginat, fukoidan, kalsium karbonat, dan silika (Veluchamy *et al.*, 2020).

Makroalga adalah kelompok tumbuhan yang tidak mempunyai akar, batang, bunga, dan daun sejati dengan artian bahwa kelompok tumbuhan yang hanya mempunyai semacam daun, batang, bunga dan akar sebagai bagian dari morfologi tubuhnya. Tumbuhan laut tingkat rendah yang hidup di laut disebut dengan nama alga laut atau *seaweed* yang merupakan tumbuhan bertalus sehingga dikelompokkan dalam *thallophyta*. Tubuhnya

tidak berdaun, berbatang, serta berakar, tetapi menyerupai daun, batang, dan akar yang disebut *thallus* (Kasim, 2016).

Secara alamiah parameter yang menentukan pertumbuhan rumput laut adalah kualitas dan kuantitas nutrisi, cahaya matahari, pH, turbulensi, salinitas dan suhu. Makronutrien seperti nitrat, fosfat dan silikat serta mikronutrien seperti vitamin sangat diperlukan untuk pertumbuhan alga. Cahaya memegang peranan penting bagi pertumbuhan alga dan kebutuhannya sangat bervariasi tergantung kedalaman dan kerapatan pertumbuhan rumput laut. pH yang sesuai bagi rumput laut berkisar antara 7-9 dengan optimasi antara 8,2-8,6. Salinitas optimal bagi rumput laut berkisar antara 20-24 ppt (Kasanah *et al.*, 2018).

Berikut penggolongan alga berdasarkan kandungan warna:

1. Alga Merah (*Rhodophyta*), mengandung pigmen phycoerythrin dan phycobilin. Pigmen ini bertanggung jawab atas penyerapan warna biru sehingga memungkinkan alga merah untuk melakukan fotosintesis pada laut yang lebih dalam. Itulah sebabnya alga merah banyak dijumpai hidup di laut daripada alga hijau atau coklat. Alga merah juga mengandung pigmen (Kasanah *et al.*, 2018).
2. Alga Hijau (*Chlorophyta*), berwarna hijau terang karena mengandung klorofil a dan b. Pigmen lain yang dimiliki adalah beta karoten dan xantofil. Alga hidup di tempat dengan sinar matahari yang berlimpah seperti daerah laut dangkal atau intertidal. Akan tetapi alga hijau juga dijumpai di daerah air tawar dan lingkungan

terrestrial. Hanya 10% dari 7000 spesies hidup di laut. Beberapa spesies mendominasi lingkungan dengan variasi salinitas yang lebar. *Ulva* sp, *Caulerpa* sp, *Halimeda* sp merupakan contoh alga hijau yang populer (Kasanah *et al.*, 2018).

3. Alga coklat (*Phaeophyta*), berwarna bervariasi dari hijau sampai coklat gelap karena pigmen kuning terutama karena fucoxantin, klorofil a dan c. Fucoxantin merupakan senyawa spesifik pada alga coklat karena tidak ditemukan pada jenis rumput lain yang lain. Alga coklat dapat ditemukan di mana-mana dari daerah tropikal hingga kutub. Hampir 1500 spesies merupakan habitat laut. Contoh: *Sargassum* sp, *Ectocarpus* sp, *Desmarestia* sp. alga coklat ekonomis sebagai penghasil utama alginat (Kasanah *et al.*, 2018).
4. Alga Keemasan (*Chrysopyta*), memiliki klorofil a dan c serta pigmen dominant karoten. Habitatnya ada di air tawar, air laut, dan tempat yang basah, struktur tubuhnya terdiri atas satu sel atau banyak sel. Bereproduksi dengan 2 cara yaitu dengan cara aseksual dan seksual. Dengan aseksual yaitu dengan cara membelah diri dan membentuk zoospora atau aplanospora, sedangkan seksual dengan cara konjugasi dan oogami (Kasanah *et al.*, 2018).

II.1.2 Morfologi Alga

Rumput laut merupakan organisme eukariotik dan kompleks tetapi tidak memiliki spesialisasi struktur dan reproduksi seperti tanaman yang hidup di darat. Rumput laut merupakan bentuk primitif tanaman yang tidak memiliki daun, batang, dan akar disebut thallus dapat berbentuk filamen, lapisan daun yang tipis atau yang sesungguhnya. Tubuh yang lengkap rumput laut raksasa. Bagian-bagian rumput laut holdfast, stipe dan blade. Jika dibandingkan dengan tanaman terrestrial. Bagian holdfast menyerupai bentuk akar. Stipe merupakan batang dari tanaman rumput laut dan blade merupakan bagian daun (Kasanah *et al.*, 2018).

Secara morfologis, rumput laut merupakan tanaman yang berklorofil dan memiliki *thallus* atau batang. Rumput laut tidak memiliki perbedaan yang jelas antara akar, batang, dan daun. Pertumbuhan dan percabangan *thallus* rumput laut antara jenis yang satu dengan yang lainnya berbeda-beda. Bentuk *thallus* rumput laut juga bervariasi, antara lain bulat seperti tabung, pipih, gepeng, bulat seperti kantong, lembaran dan juga ada yang berbentuk seperti helai rambut (Nikmah, 2019).

II.1.3 Kandungan dan Manfaat Alga

Komposisi rumput laut Rumput laut sangat berbeda dari tanaman darat. Dibandingkan dengan biomassa terrestrial, makroalga mengandung kandungan tinggi air (90% berat segar), Karbohidrat (25–50% berat kering), protein (7–15% berat kering) dan kandungan lipid rendah (1–5% berat kering). Komposisi makroalga beserta penyusunnya dapat dilihat pada

tabel 1. Adapun komponen bioaktif rumput laut antara lain: fucoidan, fucoxanthin, laminarin (β -1,3 glukon), manitol, asam alginat, alginat M tinggi, pigmen, anti-oksidan, vitamin, dan mineral (Sudhakar *et al.*, 2018).

Tabel 1. Komposisi Makroalga

Komponen	Komposisi
Karbohidrat	Alga coklat: 30-50% berat kering Alga merah: 30-60% berat kering Alga hijau: 25-50% berat kering
Protein	Alga coklat: 3-15% berat kering Alga merah: 10-47% berat kering Alga hijau: 9-26% berat kering
Mineral	7-38%
Lipid	1-3%
Air	80-90%

Sumber: Sudhakar *et al.*, 2018.

Beberapa jenis rumput laut merupakan sumber potensial pangan fungsional yang dapat dimanfaatkan untuk kesehatan karena mengandung senyawa kimia yang mempunyai aktivitas biologis. Kandungan dalam rumput laut meliputi alkaloid, flavonoid, triterpenoid, steroid, tanin, dan saponin (Lantah *et al.*, 2017). Beberapa zat aktif yang diisolasi dari rumput laut, menunjukkan signifikan aktivitas antitumor, antibakteri, antivirus, dan antioksidan (Li *et al.*, 2018).

II.2 *Ulva lactuca*

II.2.1 Klasifikasi *Ulva lactuca*



Gambar 1. *Ulva lactuca* (Dewi, 2018)

Adapun klasifikasi *Ulva lactuca* adalah sebagai berikut: (Kasanah *et al.*, 2018).

Kingdom : Plantae

Divisi : Chlorophyta

Kelas : Ulvophyceae

Ordo : Ulvales

Famili : Ulvaceae

Genus : *Ulva*

Spesies : *Ulva lactuca*

II.2.2 Morfologi *Ulva lactuca*

Alga berwarna hijau dengan *thallus* bertipe *membranous* yang berbentuk lembaran seperti daun tipis dan halus yang dapat mencapai lebar 3 cm. Pinggiran lembaran bergelombang dan tinggi *thallus* mencapai 4 cm. Bentuk *thallus* pada *Ulva lactuca* berbeda dengan jenis ulva yang lain, dimana bentuk *thallus*-nya menyerupai segi empat yang

memanjang. Alga ini ditemukan melimpah di daerah dekat dengan bibir pantai sampai jarak 7 m dari bibir pantai pada surut terendah. *Holdfast*-nya berbentuk cakram yang melekat pada batuan dan karang (Kasanah *et al.*, 2018).

II.2.3 Kandungan dan Manfaat *Ulva lactuca*

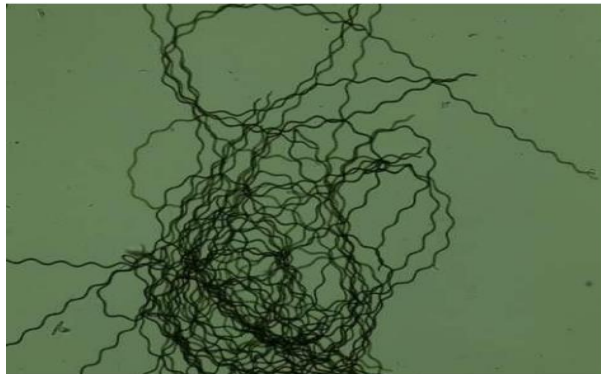
Roleda *et al.* (2021) menemukan bahwa *Ulva lactuca* memiliki kandungan nutrisi karbohidrat, protein, asam lemak yang setara dengan buah tertentu, sayuran, kacang-kacangan dan sereal.

Studi fitokimia menunjukkan beberapa bahan aktif fotosintesis dari *Ulva lactuca* seperti (+)- epiloliolide, turunan *carotenoid derivative* yang memberi efek *apoptotic via the regulation of the p53 gene*, ulfapyrone yang merupakan *anti-inflammatory pyrone* yang analog dengan *benzochromene named ulvapyrone* dan *3-O-β-D glucopyranosylstigmasta-5.25-dien* bersifat antibakterial dan antifungal.

Selain itu, terdapat kandungan asam palmitat, *isofucosterol*, *hydrocarbons* dan *norterpenes*. Ekstrak kasar dari *Ulva lactuca* signifikan memperlihatkan kemampuan antivirus terhadap berbagai virus DNA and RNA (Litaay *et al.*, 2022).

II.3 *Spirulina platensis*

II.3.1 Klasifikasi *Spirulina platensis*



Gambar 2. *Spirulina platensis* (Nege, A. S., et al., 2020)

Adapun klasifikasi *Spirulina platensis* adalah sebagai berikut: (El Baky et al., 2019).

Kingdom : Eubacteria
Sub kingdom : Negibacteria
Phylum : Cyanobacteria
Class : Cyanophyceae
Subclass : Oscillatoriophycidae
Order : Spirulinales
Family : Spirulinaceae
Genus : Spirulina
Species : *Spirulina platensis*

II.3.2 Uraian Umum *Spirulina platensis*

Spirulina platensis merupakan mikroalga biru-hijau multiseluler (*Prokariota*) (panjang: 50–500 μm , lebar: 3-4 μm) milik filum *Cyanophyta* (*Cyanobacteria*). Namanya berasal dari sifat filamennya, yang dicirikan oleh trikoma multiseluler silindris dalam heliks tangan kiri terbuka. Secara

taksonomi, "*Spirulina*" menggambarkan terutama dua spesies *Cyanobacteria*, *Arthrospira platensis* dan *Arthrospira maxima*. Keduanya telah digunakan sebagai makanan, suplemen makanan, dan suplemen pakan (Jung *et al.*, 2019).

II.3.3 Kandungan dan Manfaat *Spirulina platensis*

Spirulina platensis terdiri dari hampir 71 persen total protein, proteinnya lima kali lipat dari daging, dan juga tiga kali lebih besar dari kedelai. Mengandung beberapa nutrisi penting, termasuk vitamin yang larut dalam lemak (A, E, dan K), asam lemak (DHA, EPA), beta karoten, asam lemak esensial, dan mineral.

Selain itu, *Spirulina platensis* bermanfaat bagi kondisi kesehatan seperti hipertensi, obesitas, kanker, meningkatkan kadar antioksidan dalam tubuh, menurunkan kadar gula darah, dan kadar kolesterol (Nege, A. S., *et al.*, 2020).

II.4 Logam Berat

II.4.1 Uraian Umum Logam Berat

Logam berat merupakan kelompok unsur logam yang memiliki massa jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 . Beberapa logam berat bersifat toksik meskipun dalam konsentrasi yang rendah (Duruibe *et al.*, 2007). Efek toksik yang disebabkan oleh logam berat terjadi karena logam tersebut akan berikatan dengan senyawa organik, seperti enzim dan protein. Logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dalam proses metabolisme tubuh, sehingga proses metabolisme terputus. Di samping itu, logam berat

bersifat tidak dapat dirombak atau dihancurkan oleh organisme hidup serta dapat terakumulasi dalam tubuh, akibatnya timbul permasalahan keracunan kronis.

II.4.2 Logam Berat Pb (Timbal)

Pencemaran lingkungan perairan yang disebabkan oleh Pb berasal dari asap kapal motor, pembuangan limbah pabrik, baterai, cat, tekstil dan buruknya sanitasi makanan. Sumber pencemaran transportasi yaitu pembakaran bensin pada motor, mobil, truk, pesawat terbang menghasilkan pencemaran ke udara dan partikel dari penggunaan ban menghasilkan pancaran ke udara, tanah dan air (Munandar dan Eurika, 2016). Selain itu timbal juga digunakan dalam pembuatan korek api, amunisi, kembang api, bahan peledak, keramik, penghambat api untuk plastik, sebagai katalis untuk produksi industri dan bahan pengawet (NPI AU, 2018).

II.4.3 Logam Berat Cd (Kadmium)

Kadmium merupakan hasil polutan dari pabrik-pabrik peleburan logam non-besi dan daur ulang limbah elektronik. Selain itu penyebab meningkatnya konsentrasi kadmium di lingkungan hidup (atmosfer, tanah, dan air) karena aktivitas vulkanik, proses erosi dan abrasi batuan dan tanah secara bertahap serta kebakaran hutan (Giuseppe, G., dkk. 2020).

Kadmium bersifat sangat beracun bahkan dalam konsentrasi rendah apabila telah terakumulasi dalam suatu organisme atau ekosistem, serta mampu bertahan jangka panjang dalam tubuh manusia berkisar 10 sampai

33 tahun. Paparan kadmium dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan ginjal. Logam berat Cd yang tertimbun dalam jaringan dan berikatan dengan protein disebut dengan metalotionein (Eri, Y dan Setiani, T.P., 2019).

II.4.4 Logam Berat Cu (Tembaga)

Tembaga adalah salah satu logam berat yang memiliki warna merah muda, logam ini lunak, mudah ditempa. Logam ini banyak dibutuhkan pabrik yang memproduksi alat listrik, gelas, atau zat pewarna, dan biasanya dicampur dengan bahan lainnya seperti timah, cadmium, dan seng. Unsur tembaga mudah ditemukan di alam bentuk logam bebas.

Tembaga juga memiliki toksisitas yang tinggi jika tidak dieksresikan oleh tubuh dalam jangka waktu yang lama. Dalam jumlah yang cukup tembaga berperan penting dalam proses metabolisme, namun jika terlalu banyak beresiko mengakibatkan kerusakan jaringan hati dan ginjal (Asriani, 2017).

II.5 Spektrofotometri Serapan Atom

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) merupakan suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi dari atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dari dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Prinsip dari metode SSA yaitu absorpsi cahaya oleh atom. Atom akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu tergantung dari sifat unsurnya. Keberhasilan analisis menggunakan

metode SSA bergantung pada proses eksitasi dan cara memperoleh garis resonansi yang tepat (Gandjar and Rohman, 2017).

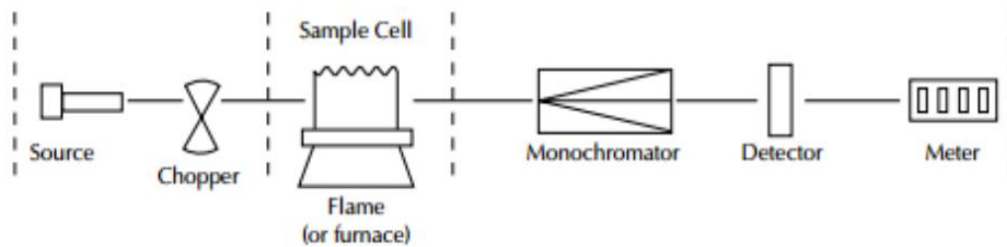
Spektrofotometri Serapan Atom digunakan untuk menganalisis secara kuantitatif unsur-unsur logam dalam jumlah yang sekelumit (*trace*) dan sangat kelumit (*ultratrace*). Analisis menggunakan SSA memberikan kadar total unsur logam yang terdapat didalam sampel dan tidak bergantung pada bentuk molekul dari logam yang terdapat didalam sampel. Metode ini memiliki kepekaan yang tinggi sehingga cocok digunakan untuk menganalisis kadar logam dalam jumlah yang kecil atau sedikit (Gandjar and Rohman, 2017).



Gambar 3. Spektrofotometer Serapan Atom (Sari, 2010)

II.5.1 Instrumentasi

Spektrofotometer Serapan Atom terdiri atas beberapa komponen seperti pada gambar berikut (Gandjar and Rohman, 2017).



Gambar 4. Komponen Spektrofotometer Serapan Atom (Irianti *et al.*, 2017)

1. Sumber Sinar atau Cahaya

Sumber sinar yang biasa digunakan dalam spektrofotometer serapan atom adalah lampu katoda berongga yang terdiri dari tabung kaca yang tertutup yang mana mengandung suatu anoda dan katoda. Didalam katoda terdapat silinder berongga yang terbuat dari logam yang biasanya berisi gas mulia. Gas mulia yang paling disukai adalah neon karena memberikan intensitas lampu yang lebih rendah. Kekurangan dari penggunaan katoda berongga yaitu hanya dapat digunakan untuk satu logam saja. Namun, telah dijumpai katoda berongga kombinasi dimana satu lampu dilapisi oleh beberapa logam sehingga dapat digunakan untuk menganalisis beberapa unsur sekaligus.

2. Tempat Sampel

Pada instrumen spektrofotometer serapan atom, sampel akan diubah menjadi atom-atom sehingga dapat dianalisis. Beberapa cara untuk mengubah sampel menjadi atom yaitu dapat dilakukan dengan nyala (*flame*) atau dengan tanpa nyala (*flameless*).

a. Nyala

Nyala digunakan bertujuan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi berupa uap atomnya atau biasa

dikatakan atomisasi. Suhu yang dihasilkan oleh nyala bergantung pada gas-gas yang digunakan. Gas yang paling sering digunakan yaitu gas asetilen-dinitrogen oksida, dimana suhu yang dihasilkan dapat mencapai 3000°C. Cara pengatoman pada nyala dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara langsung dan secara tidak langsung.

Cara langsung dilakukan dengan sampel langsung dihembuskan ke dalam nyala sehingga sampel langsung dibakar oleh nyala. Sedangkan cara tidak langsung dilakukan dengan larutan sampel dicampur terlebih dahulu dengan bahan pembakar dan bahan pengoksidasi sebelum dibakar. Pada cara tidak langsung, ukuran terbesar yang masuk ke dalam nyala ± 10 mikron sehingga nyala lebih stabil dibandingkan dengan cara langsung. Akan tetapi, cara tidak langsung memiliki konsekuensi terjadinya ledakan akibat nyala akan membakar bahan pengoksidasi. Namun hal ini dapat diatasi dengan menggunakan lubang yang sempit.

b. Tanpa Nyala

Pembakaran tanpa nyala dibuat karena teknik atomisasi dengan nyala kurang peka karena tetesan yang masuk terlalu besar sehingga proses atomisasi yang berlangsung kurang sempurna. Atomisasi tanpa nyala dilakukan di dalam sebuah tungku dari grafit dimana sejumlah sampel diambil dalam jumlah yang sedikit kemudian diletakkan ke dalam tabung grafit yang kemudian akan

dialiri arus listrik menggunakan sistem elektris. Pemanasan yang terjadi akan menyebabkan sampel yang dianalisis berubah menjadi atom-atom.

3. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang akan digunakan dalam analisis sesuai dengan yang dipancarkan oleh lampu katoda berongga. Di dalam monokromator terdapat alat yang bertujuan untuk memisahkan radiasi resonansi dan *kontiyu* yang disebut *chopper*.

4. Detektor

Detektor bertujuan untuk mengukur intensitas cahaya yang akan melewati tempat pengamatan sehingga detektor yang digunakan merupakan sel fotosensitif. Detektor yang biasa digunakan adalah tabung penggandaan foton (*photomultiplier tube*). Hal yang perlu diperhatikan yaitu menggunakan detektor yang hanya peka terhadap radiasi resonan yang termodulasi.

5. *Readout*

Readout merupakan alat yang bertujuan untuk mencatat hasil analisis. Pencatatan dilakukan oleh suatu alat yang telah terkalibrasi untuk pembacaan transmisi atau absorpsi. Hasil yang tercatat dapat berupa angka atau kurva yang menggambarkan absorbansi sampel.

II.5.2 Hukum Lambert-Beer

Hukum Lambert-Beer adalah dasar dalam pembuatan kurva kalibrasi larutan standar. Prinsip kerja spektrofotometer adalah berdasarkan hukum Lambert-Beer, yaitu seberkas sinar dilewatkan suatu larutan pada panjang gelombang tertentu, sehingga sinar tersebut sebagian ada yang diteruskan dan sebagian lainnya diserap oleh larutan. Besarnya sinar (A) berbanding lurus dengan konsentrasi zat penyerap (C) dan jarak yang ditempuh sinar (a) dalam larutan (tebal larutan, b). Dilihat dari persamaan hukum Lambert-Beer, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi sampel maka akan semakin tinggi absorbansi yang dihasilkan (Rafferty, 2022).