

**ASESMEN KUALITAS AIR PADA TAMBAK PEMBESARAN BENIH
UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) BERDASARKAN
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS DAN
*WATER QUALITY INDEX***

(Tesis)

Oleh

**RAHMAWATY
NPM 2127011002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**ASESMEN KUALITAS AIR PADA TAMBAK PEMBESARAN BENIH
UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) BERDASARKAN
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS DAN
*WATER QUALITY INDEX***

Oleh

RAHMAWATY

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS**

Pada

**Program Studi Magister Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

ASESMEN KUALITAS AIR PADA TAMBAK PEMBESARAN BENIH UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) BERDASARKAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS DAN WATER QUALITY INDEX

Oleh

RAHMAWATY

Provinsi Lampung adalah penghasil udang terbesar di Indonesia. Salah satu kegiatan budidaya udang yang menentukan keberhasilan produksi udang adalah PT. Citra Larva Cemerlang yang menyediakan benih udang yang berkualitas, berlokasi di Kalianda, Lampung Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air pada tambak pembesaran benih udang dengan pengelompokan parameter prioritas penting dalam penentuan kualitas air.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif analitik. Data dalam penelitian ini diperoleh dari data pengamatan *in situ*, hasil analisis di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT), hasil wawancara, observasi lapangan, dan pengisian kuesioner. Metode analisis data untuk mengetahui kualitas air adalah dengan membandingkan data hasil uji dengan baku mutu air. Dalam mengelompokkan parameter, digunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan penilaian kualitas air dengan *Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index* (CCME WQI).

Hasil yang diperoleh pH (8,03-8,25), suhu (24,24-28,16 °C), salinitas (31,2-33,4%), dan oksigen terlarut (6,6-7,3 mg/L), kekeruhan (0-2,3 NTU), *Total Suspended Solid* (TSS) berkisar antara 0,33-0,46 mg/L, amonia (0-0,8 mg/L), fosfat (0,01-0,22 mg/L), nitrat (0,16-0,32 mg/L), *Biological Oxygen Demand* (BOD) berkisar antara 0,77-4,68 mg/L, dan logam berat (Cr, Cd, Cu, Pb, Zn, Ni) yang rata-rata nilainya melebihi baku mutu, hanya kandungan logam Cu tidak melebihi baku mutu air. Analisis parameter kualitas air menggunakan AHP dan CCME WQI menunjukkan bahwa sampel air memiliki kualitas air yang kurang baik. sehingga memerlukan perbaikan kualitas air. Perbaikan dapat dilakukan dengan cara meningkatkan aerasi, penggantian air secara rutin, pengangkatan lumpur, penggunaan probiotik dan pemantauan rutin terhadap parameter kualitas air untuk menjaga keseimbangan ekosistem.

Kata kunci: Kualitas air, pembenihan, udang vaname, AHP, WQI

ABSTRACT

ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN VANAME HATCHERY (*Litopenaeus vannamei*) BASED ON ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS AND WATER QUALITY INDEX

By

RAHMAWATY

Lampung Province is the largest shrimp producer in Indonesia. One of the shrimp farming activities that determine the success of shrimp production is PT Citra Larva Cemerlang which provides quality shrimp seeds, located in Kalianda, South Lampung. This study aims to determine the water quality in shrimp seed enlargement ponds by grouping important priority parameters in determining water quality. This study used a descriptive-analytical method. Data in this study were obtained from in situ observation data, analysis results at the Integrated Laboratory and Technology Innovation Center (LTSIT), interviews, field observations, and questionnaires. The data analysis method to determine water quality is by comparing test data with water quality standards. In categorizing parameters, the Analytical Hierarchy Process (AHP) and water quality assessment with the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) were used. The results obtained pH (8.03-8.25), temperature (24.24-28.16 °C), salinity (31.2-33.4%), and dissolved oxygen (6.6-7.3 mg/L), turbidity (0-2.3 NTU), Total Suspended Solid (TSS) ranging from 0.33-0.46 mg/L, ammonia (0-0.8 mg/L), phosphate (0.01-0.22 mg/L), nitrate (0.16-0.32 mg/L), Biological Oxygen Demand (BOD) ranging from (0.77-4.68 mg/L), and heavy metals (Cr, Cd, Cu, Pb, Zn, Ni) whose average value exceeds the quality standards, only Cu metal content does not exceed water quality standards. Analysis of water quality parameters using AHP and CCME WQI showed that the water samples had poor water quality. so that it requires water quality improvement. Improvements can be made by increasing aeration, regular water changes, removing mud, using probiotics and regular monitoring of water quality parameters to maintain ecosystem balance.

Key words: Water quality, hatchery, vaname shrimp, AHP, WQI

Judul Tesis : **ASESMEN KUALITAS AIR PADA
TAMBAK PEMBESARAN BENIH
UDANG VANAME (*Litopenaeus
Vannamei*) BERDASARKAN
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS
DAN WATER QUALITY INDEX**

Nama Mahasiswa : *Rahmawaty*

Nomor Pokok Mahasiswa : 2127011002

Program Studi : Magister Kimia

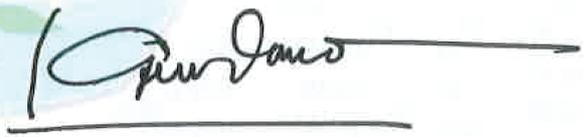
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Rinawati, S.Si., M.Si.
NIP 19710414 200003 2 001



Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.
NIP 19700705 200501 1 003

2. Ketua Program Studi Magister Kimia



Dr. Dra. Ilim, M.S.
NIP 19650525 199003 2 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Rinawati, S.Si., M.Si.**



Sekretaris : **Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.**



Anggota : **Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si.**



Prof. Andi Setiawan, M.Sc., Ph.D.



Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si, M.Sc.

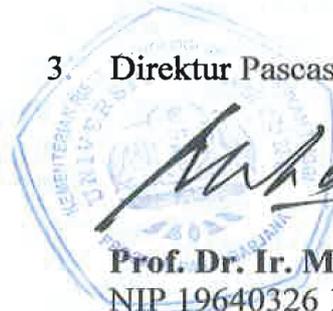


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 19711001 200501 1 002

3. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **13 November 2024**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tanda di bawah ini :

Nama : Rahmawaty
Nomor Pokok Mahasiswa : 2127011002
Program Studi : Magister Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa tesis saya yang berjudul “**Asesmen Kualitas Air Pada Tambak Pembesaran Benih Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Berdasarkan *Analytical Hierarchy Process* dan *Water Quality Index*** ” adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, hasil dan analisisnya. Saya tidak melakukan penjiplakan (*plagiarism*) atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan tata etika ilmiah yang berlaku. Selanjutnya saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam tesis ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sepanjang nama saya dicantumkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 11 Desember 2024
Pembuat pernyataan,



Rahmawaty
NPM 2127011002

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Tanjung Karang, pada tanggal 26 Mei 1980 dan merupakan anak keenam dari enam bersaudara, putra dari Bapak Arifin Umar dan Ibu Khadijah. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jalan Raden Gunawan II, Rajabasa, Bandar Lampung.

Penulis memulai pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Gulak Galik, lulus pada tahun 1993. Pada tahun 1996 penulis menyelesaikan pendidikan dari Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Teluk Betung. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Analis Kimia (SMAK) Bogor dan selesai pada tahun 2000. Pada tahun 2001 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa di Universitas Lampung, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian (FP) dan lulus pada tahun 2006.

Pada tahun 2000, penulis mulai berkerja di PT. Sucofindo yang bertempat di Garuntang, Bandar Lampung. Pada tahun 2001 penulis diterima sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS) di Universitas Lampung sebagai laboran laboratorium jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik. Tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan Magister Kimia di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu kita nantikan syafaat-Nya di Yaumul Akhir nanti. Aamiin ya rabbal alamin sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Asesmen Kualitas Air Pada Tambak Pembesaran Benih Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Berdasarkan *Analytical Hierarchy Process* dan *Water Quality Index*.”

Penulis menyadari bahwa dalam proses pengerjaan dan penulisan tesis ini tidak terlepas dari kesulitan dan rintangan yang penulis hadapi. Namun itu semua bisa terlewati berkat rahmat dan ridho Allah SWT serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ibu Rinawati, Ph.D., selaku pembimbing pertama dan sekaligus pembimbing akademik yang telah sabar membimbing dan memberi masukan serta saran dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc., selaku pembimbing dua yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Ibu Dr. Nurhasanah, S.Si, M.Si, selaku penguji dan pembahas pertama yang telah memberikan, kritik, saran, dan arahan kepada penulis, sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Prof. Andi Setiawan, M.Sc., Ph.D, selaku penguji dan pembahas kedua yang telah memberikan, kritik, saran, dan arahan kepada penulis, sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Bapak Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si, M.Sc., selaku penguji dan pembahas ketiga yang telah memberikan, kritik, saran, dan arahan kepada penulis, sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Ibu Dr. Dra. Ilim, M.S., selaku Ketua Program Studi Magister Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis selama menjalani proses perkuliahan maupun proses pengerjaan tesis
7. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis selama menjalani proses perkuliahan.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat kepada penulis selama menjadi mahasiswa jurusan kimia.
9. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
10. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung
11. Kedua orang tua yang sangat penulis cintai dan kakak serta teteh yang penulis cintai. Terimakasih abi Arifin, almarhumah umi Khadijah, teh Ida, kak Dzul, kak Aam, teh Lina dan teh Mul atas segala cinta, kasih sayang, perhatian, dukungan, motivasi, dan do'a, yang selalu diberikan sehingga penulis bisa menyelesaikan studi dan menjadi seorang magister kimia.
12. Suami Ari Rakatama, S.P., M.I.L, M.Sc, Ph.D tercinta yang selalu memberikan dukungan dan do'a kepada penulis. Dan juga anak-anakku Dzaki Annafi, Khansa Syakirah dan Falisha Zarifah yang menjadi penyemangat dalam menyelesaikan pendidikan ini.
13. Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. dan seluruh Dosen Jurusan Teknik Kimia, atas dukungan dan motivasi yang diberikan untuk menyelesaikan studi magister kimia.
14. Keluarga besar Magister Kimia 2021, terimakasih atas segala pertemanan dan kekeluargaannya selama ini. Semoga kita semua bisa menjadi orang yang sukses di masa depan serta berguna bagi keluarga, nusa, dan bangsa, aamiin.

15. Teman-teman keluarga besar Jurusan Teknik Kimia Eka Yulianti, S.Pd., Dian Rustiningsih, S.P., Adi Yuliantoro, Yunani dan Annisa Mufida, S.T., M.TP., atas bantuan dan motivasi yang diberikan untuk menyelesaikan pendidikan magister kimia.
16. Teman-teman keluarga besar PLP Fakultas Teknik, PLP Universitas Lampung dan Persatuan PLP Indonesia atas motivasi yang diberikan untuk menyelesaikan pendidikan magister kimia.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu, semoga Allah SWT membalas segala amal kebaikan kalian. Penulis berharap semoga tesis ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, Desember 2024
Penulis,

Rahmawaty

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 PT. Citra Larva Cemerlang	5
2.2 Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	7
2.3 Parameter Kualitas Air Tambak Benih Udang	11
2.4 <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	21
2.5 <i>Water Quality Index</i> (WQI)	26
III. METODE PENELITIAN	36
3.1 Waktu dan Tempat	36
3.2 Persiapan Pengambilan Sampel	37
3.3 Alat dan Bahan	37
3.4 Metode Sampling	38
3.5 Analisis <i>in situ</i> di PT Citra Larva Cemerlang	39
3.6 Analisis di Laboratorium	40
3.7 Analisis Data	43
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Hasil analisis <i>in situ</i>	47
4.1.1 pH Air	47
4.1.2 Suhu Air	49
4.1.3 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)/Oksigen Terlarut	51
4.1.4 Salinitas	53
4.2 Hasil analisis di LTSIT	55
4.2.1 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)/Total Padatan Tersuspensi	55
4.2.2 <i>Turbidity</i> /Kekeruhan	57
4.2.3 <i>Biological Oxygen Demand</i>	59
4.2.4 Amonia	61
4.2.5 Nitrat	63
4.2.6 Fosfat	65

4.2.7	Logam Kromium (Cr)	67
4.2.8	Logam Kadmium (Cd)	69
4.2.9	Logam Cuprum (Cu)	70
4.2.10	Logam Plumbum (Pb)	72
4.2.11	Logam Zinc (Zn)	74
4.2.12	Logam Nikel (Ni)	75
4.3	Analytical Hierarchy Process (AHP)	78
4.4	Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI)	83
V.	SIMPULAN DAN SARAN	86
5.1	Simpulan	86
5.2	Saran	87
	DAFTAR PUSTAKA	88
	LAMPIRAN	94

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Matriks perbandingan berpasangan untuk parameter kualitas air.....	25
2. Titik lokasi pengambilan sampel	39
3. Penjelasan skala tingkat kepentingan.....	43
4. Daftar narasumber	44
5. Matriks perbandingan berpasangan.....	45
6. Index CCME WQI (Lamb <i>et al.</i> , 2011)	46
7. Data pengamatan <i>in situ</i> yang dibandingkan dengan baku mutu air laut.....	48
8. Hasil analisis di laboratorium LTSIT minggu 1 sampai minggu 10.....	57
9. Parameter kualitas air untuk matriks perbandingan berpasangan	79
10. Matriks perbandingan berpasangan.....	80
11. Normalisasi matriks dari setiap parameter	81
12. Daftar nilai RI	82
13. Klasifikasi indeks kualitas air	85
14. Hasil analisis menggunakan metode CCME WQI.....	85
15. Rekapitulasi hasil kuesioner dari 10 responden	102
16. Rekapitulasi rerata hasil kuisisioner dari 10 responden.....	107
17. Hasil perhitungan skor penilaian.....	108
18. Hasil penjumlahan setiap kolom	109
19. Hasil perhitungan normalisasi, bobot relatif, prioritas dan λ max	109
20. Data pengamatan pada lokasi air laut pasang selama 10 minggu	111
21. Cara perhitungan CCME-WQI pada lokasi saat air laut pasang.....	111
22. Data pengamatan pada lokasi kolam penyaringan selama 10 minggu.....	113
23. Cara perhitungan CCME-WQI pada lokasi kolam penyaringan.....	113
24. Data pengamatan pada lokasi kolam pengolahan selama 10 minggu	115
25. Cara perhitungan CCME-WQI pada lokasi kolam pengolahan.....	115

26. Data pengamatan pada lokasi kolam pembesaran benih udang selama 10 minggu.....	117
27. Cara perhitungan CCME-WQI pada pembesaran benih udang	117
28. Data pengamatan pada lokasi lokasi saat air laut surut selama 10 minggu.	119
29. Cara perhitungan CCME-WQI pada saat air laut surut	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi tubuh udang vaname (<i>L. vannamei</i>) (Murwono, 2021)	8
2. Siklus hidup udang vaname (Wei et al., 2014)	10
3. Peta lokasi penelitian.....	36
4. Diagram alir penelitian.....	46
5. Hasil pengukuran pH pada 5 lokasi selama 10 minggu	48
6. Hasil pengukuran pH rata-rata pada 5 lokasi	49
7. Hasil pengukuran Suhu pada 5 lokasi selama 10 minggu.....	50
8. Hasil pengukuran Suhu rata-rata pada 5 lokasi.....	51
9. Hasil pengukuran <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) pada 5 lokasi selama 10 minggu...52	
10. Hasil pengukuran <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) rata-rata pada 5 lokasi.....53	
11. Hasil pengukuran salinitas pada 5 lokasi selama 10 minggu.....54	
12. Hasil pengukuran salinitas rata-rata pada 5 lokasi.....54	
13. Hasil pengukuran TSS pada 5 lokasi selama 10 minggu	55
14. Hasil pengukuran TSS rata-rata pada 5 lokasi	56
15. Hasil pengukuran <i>turbidity</i> pada 5 lokasi selama 10 minggu	58
16. Hasil pengukuran TSS rata-rata pada 5 lokasi	59
17. Hasil pengukuran BOD pada 5 lokasi selama 10 minggu	60
18. Hasil pengukuran BOD rata-rata pada 5 lokasi.....	60
19. Hasil pengukuran amonia pada 5 lokasi selama 10 minggu	62
20. Perbandingan hasil pengukuran amonia rata-rata pada 5 lokasi	63
21. Hasil pengukuran nitrat pada 5 lokasi selama 10 minggu	64
22. Hasil pengukuran nitrat rata-rata pada 5 lokasi.....	65
23. Hasil pengukuran fosfat pada 5 lokasi selama 10 minggu.....	66
24. Hasil pengukuran fosfat rata-rata pada 5 lokasi.....	67
25. Hasil pengukuran Logam Cr pada 5 lokasi selama 10 minggu.....	68

26. Hasil pengukuran Logam Cr rata-rata pada 5 lokasi.....	68
27. Hasil pengukuran Logam Cd pada 5 lokasi selama 10 minggu.....	69
28. Hasil pengukuran Logam Cd rata-rata pada 5 lokasi.....	70
29. Hasil pengukuran Logam Cu pada 5 lokasi selama 10 minggu.....	70
30. Hasil pengukuran Logam Cu rata-rata pada 5 lokasi.....	71
31. Hasil pengukuran Logam Pb pada 5 lokasi selama 10 minggu.....	72
32. Hasil pengukuran Logam Pb rata-rata pada 5 lokasi.....	73
33. Hasil pengukuran Logam Zn pada 5 lokasi selama 10 minggu.....	74
34. Hasil pengukuran Logam Zn rata-rata pada 5 lokasi.....	75
35. Hasil pengukuran Logam Ni pada 5 lokasi selama 10 minggu.....	76
36. Hasil pengukuran Logam Ni rata-rata pada 5 lokasi.....	77

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udang adalah produk ekspor yang diunggulkan di Indonesia, khususnya di Provinsi Lampung yang merupakan daerah penghasil udang terbesar di Indonesia, yaitu sebanyak 45% dari produksi udang nasional (Lampung, 2022). Produksi udang di Provinsi Lampung memiliki potensi untuk lebih ditingkatkan karena nilai jual udang dan meningkatnya permintaan produk udang di dalam maupun di luar negeri, hal ini dapat berdampak baik untuk peningkatan perekonomian masyarakat di Provinsi Lampung (Budidaya, 2020). Peningkatan perekonomian merupakan salah satu penerapan *green economy* dan *blue economy* yang menekankan pada pembangunan ekonomi yang berkelanjutan dan keberlanjutan ekosistem perairan. Pada tambak udang, pengelolaan air memiliki peran yang sangat penting sebagai elemen utama dalam menjaga keberlanjutan ekosistem perairan. Pengelolaan air tambak udang dengan memadukan prinsip-prinsip *blue economy* dan *green economy* dapat mewujudkan harmoni antara pertumbuhan ekonomi sektor perikanan dengan keberlanjutan sumber daya air dan ekosistem laut. Ini bukan hanya investasi dalam masa depan industri tambak udang, tetapi juga langkah positif menuju keseimbangan antara kegiatan manusia dan lingkungan laut yang rentan terhadap pencemaran.

Kegiatan budidaya udang yang menentukan keberhasilan produksi udang salah satunya adalah penyediaan benih udang yang berkualitas. Oleh karena itu ada beberapa perusahaan yang bergerak di bidang penyediaan benih udang, salah satunya adalah PT. Citra Larva Cemerlang yang merupakan perusahaan swasta yang bergerak pada bidang perikanan dalam penyediaan benih udang vaname yang berlokasi di Kalianda, Lampung Selatan. Kegiatan pembenihan udang

vaname dilakukan secara rutin oleh PT. Citra Larva Cemerlang, meliputi persiapan wadah, pemeliharaan induk, pemijahan induk, pengeluaran telur, penetasan telur, pemeliharaan *naupli*, pemeliharaan benih udang, kultur pakan alami, pengelolaan kualitas air, pencegahan hama dan penyakit, serta pemanenan benih udang.

Pada beberapa tahun terakhir produksi benih udang di PT. Citra Larva Cemerlang mengalami penurunan, hal ini diduga terjadi karena penurunan kualitas air yang digunakan pada kolam benih udang. Kualitas air berperan dalam mendukung pertumbuhan benih udang. Penurunan kualitas air dapat menyebabkan menurunnya laju pertumbuhan dan juga menyebabkan pertumbuhan bakteri dan organisme patogen (Arsad dkk., 2017). Pemantauan kualitas air pada budidaya benih udang vaname tidak hanya digunakan untuk memprediksi dan mengendalikan kondisi negatif untuk budidaya tersebut, tetapi juga menghindari menurunnya produksi benih udang vaname (Aziz *et al.*, 2018). Kegiatan pengelolaan kualitas air merupakan bagian penting dalam budidaya benih udang vaname yang harus diperhatikan (Rakhmanda *et al.*, 2021).

Budidaya benih udang di PT. Citra Larva Cemerlang saat ini menggunakan sumber air baku dari air laut perairan Way Urang. Oleh karena itu kualitas air sangat berpengaruh pada penurunan produksi benih udang vaname. Kualitas air laut yang digunakan dapat dipengaruhi oleh perubahan iklim seperti banjir pantai, angin topan, kenaikan permukaan air laut, salinitas, kekeringan, curah hujan, dan Suhu permukaan laut (Dasanto dkk., 2020). Perubahan kualitas air dapat terjadi pada bulan-bulan tertentu saat terjadi gelombang pasang, selain itu pertumbuhan populasi penduduk dan peningkatan aktivitas di sepanjang pesisir pantai Way Urang dapat menyebabkan kualitas air menurun.

Pembesaran benih udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) adalah salah satu kegiatan yang sangat penting dalam budidaya udang di Indonesia. Udang vaname merupakan spesies yang sangat potensial dalam budidaya udang karena memiliki pertumbuhan yang cepat dan daya tahan tubuh yang tinggi. Namun, kualitas air

pada tambak pembesaran benih udang vaname dapat mempengaruhi kesehatan dan pertumbuhan udang. Oleh karena itu, asesmen kualitas air pada tambak pembesaran benih udang vaname perlu dilakukan secara teratur, sehingga produktivitas benih udang vaname tidak mengalami penurunan.

Beberapa metode dapat digunakan untuk melakukan asesmen atau penilaian kualitas air. Selama ini, penilaian kualitas air tambak benih udang hanya dibandingkan dengan standar baku mutu air, sehingga sulit dipahami oleh pihak pengelola tambak, seperti pengelola di PT Citra Larva Cemerlang. Informasi yang mudah dipahami sangat diperlukan untuk mengetahui kualitas air tambak benih udang. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah metode yang dapat digunakan untuk melakukan asesmen kualitas air pada tambak pembesaran benih udang vaname. Metode ini memungkinkan pemilik tambak untuk mengidentifikasi parameter-parameter penting yang mempengaruhi kualitas air dan memberikan bobot pada masing-masing parameter tersebut (Saha and Paul, 2021)

Metode selanjutnya setelah dilakukan penentuan bobot masing-masing parameter dengan menggunakan metode AHP adalah *Water Quality Index* (WQI). Metode WQI yang digunakan adalah *Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index* (CCME WQI), yang sangat fleksibel dan dapat mencakup berbagai parameter, termasuk logam berat. Penilaian mendalam yang membutuhkan analisis logam berat dan parameter lainnya secara komprehensif, mempertimbangkan persentase parameter yang tidak memenuhi standar, frekuensi pelanggaran, dan tingkat keparahan pelanggaran, memberikan gambaran rinci tentang kualitas air dapat digambarkan dengan metode ini (Ratnaningsih dkk., 2018). Indeks tersebut adalah mekanisme matematis untuk menghitung data kualitas air menjadi istilah sederhana misalnya sangat baik, baik, cukup, kurang, dan buruk. Penggunaan metode CCME WQI, dapat membantu pemilik tambak untuk memantau kualitas air secara berkala dan memperbaiki kualitas air jika diperlukan.

Asesmen kualitas air pada pembesaran benih udang vaname, yang dilakukan dengan menggunakan metode AHP dan WQI sangat penting untuk menjaga kesehatan dan pertumbuhan udang. Pemilik tambak dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki kualitas air pada tambak pembesaran benih udang vaname (Nuntung dkk., 2018).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebab utama menurunnya produksi udang berdasarkan kualitas air kolam pembesaran benih udang.
2. Mengetahui kualitas air pada tambak pembesaran benih udang dengan pengelompokan parameter kualitas air menggunakan metode AHP dan WQI.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberi manfaat terhadap PT Citra Larva Cemerlang, sehingga produksi benih udang perusahaan tersebut dapat stabil dan tidak mengalami penurunan produksi.
2. Diperoleh metode yang tepat untuk penilaian kualitas air pada tambak pembesaran benih udang, sehingga dapat diterapkan pada perusahaan penghasil benih udang yang lain.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PT. Citra Larva Cemerlang

PT. Citra Larva Cemerlang, berlokasi di Way Urang, Kalianda, Lampung Selatan. Perusahaan ini berdiri tahun 2016, merupakan salah satu perusahaan swasta di bidang perikanan dalam penyediaan benih udang vaname, fasilitas yang dimiliki sangat lengkap, sehingga kegiatan pemeliharaan *larva* dan benih udang vaname dapat berjalan dengan baik (Putri dkk., 2020).

Budidaya benih udang vaname di perusahaan ini terbagi menjadi 2, yaitu pembenihan dan pembesaran. Pembenihan adalah kegiatan memijahkan induk udang vaname dan hasil dari pembenihan adalah benih (*benur*). Benih dari proses pembenihan digunakan untuk pembesaran benih udang vaname. Tahapan pada kegiatan pembenihan meliputi persiapan wadah, pemeliharaan induk, pemijahan induk, pengeluaran telur, penetasan telur, pemeliharaan *naupli*, pemeliharaan *benur*, kultur pakan alami, pengelolaan kualitas air, pencegahan hama dan penyakit, serta pemanenan *benur*.

Pembenihan di PT Citra Larva Cemerlang, diawali dari pemeliharaan induk. Induk di impor dari Kona Bay Marine Resource, Hawaii. Induk bersertifikasi *Specific Pathogen Free* (SPF). Dalam kegiatan pemeliharaan induk, terdapat beberapa jenis pakan yang digunakan yaitu cacing laut, cumi-cumi, dan pakan buatan (*vitalis*). Pemeliharaan induk dilakukan pada dua kolam yaitu kolam karantina dan kolam maturasi. Kolam karantina berupa kolam beton berukuran 4 m x 6 m x 0,8 m dan tinggi air 40 cm. Induk dipindahkan ke kolam maturasi berdasarkan *gonad* dengan padat tebar 5-6/m².

Kualitas pakan induk akan berpengaruh terhadap kualitas *naupli* yang dihasilkan. Induk udang diberikan pakan berupa campuran antara cumi - cumi, cacing laut, dan pelet selama proses pematangan *gonad*. Pakan induk menggunakan cacing hidup dengan *feeding rate* (FR) 18 - 25 %, cumi-cumi dengan FR 18 - 25 %, pelet vitalis dengan FR 2%. Pemberian makan dilakukan sebanyak 9 kali dalam sehari.

Pemijahan induk diawali dengan teknik rangsangan ablasi pada induk betina dengan cara memotong salah satu tangkai mata induk betina untuk mempercepat pematangan *gonad*. Pemantauan *gonad* dilakukan mulai pukul 08.00 WIB. Induk betina yang matang *gonadnya* dapat dilihat dari ovari atau bagian punggung udang yang berwarna merah kekuningan, saat *gonadnya* matang induk betina dipindahkan ke wadah pemeliharaan induk jantan. Induk betina yang telah dibuahi dipindahkan ke *spawning tank*.

Pemanenan telur dilakukan 8 jam setelah pemindahan induk ke *spawning tank*. Induk yang memijah per hari sekitar 17 induk dari total induk dengan produktivitas 264.058 butir ekor-1. *Naupli* yang dihasilkan yaitu 5.228.348 ekor hari-1. Pada pukul 07.30 WIB dilakukan pemanenan *naupli*, lalu *naupli* dipindahkan ke kolam pemeliharaan *larva*. Kolam pemeliharaan *larva* berukuran 6 m x 3,5 m x 2 m dan ketinggian air 1,5 m. Kolam *larva* dilengkapi dengan pipa inlet, outlet, serta sirkulasi dengan 112 titik aerasi dengan jarak antara dasar bak dengan batu aerasi sejauh 5 cm.

Pemeliharaan *larva* diawali dengan transfer *naupli* yang dilakukan manual menggunakan ember. *Naupli* dipelihara dengan padat tebar 125 ekor/liter. Pemberian pakan terbagi menjadi 3 jenis yaitu pakan alami berupa *algae* *Thalassiosira sp.* diberikan pada pukul 08.00 WIB dan 13.00 WIB, pakan buatan diberikan sebanyak 3-4 kali per hari, dan *Artemia sp.* diberikan 3-6 kali per hari. Pemanenan benih dilakukan pada saat memasuki usia panen, biasanya pada stadia *Post Larva* (PL) 8-10. Produksi yang dihasilkan dari kegiatan pembenihan yaitu PL 8-10 dengan *Survival Rate* (SR) 49%.

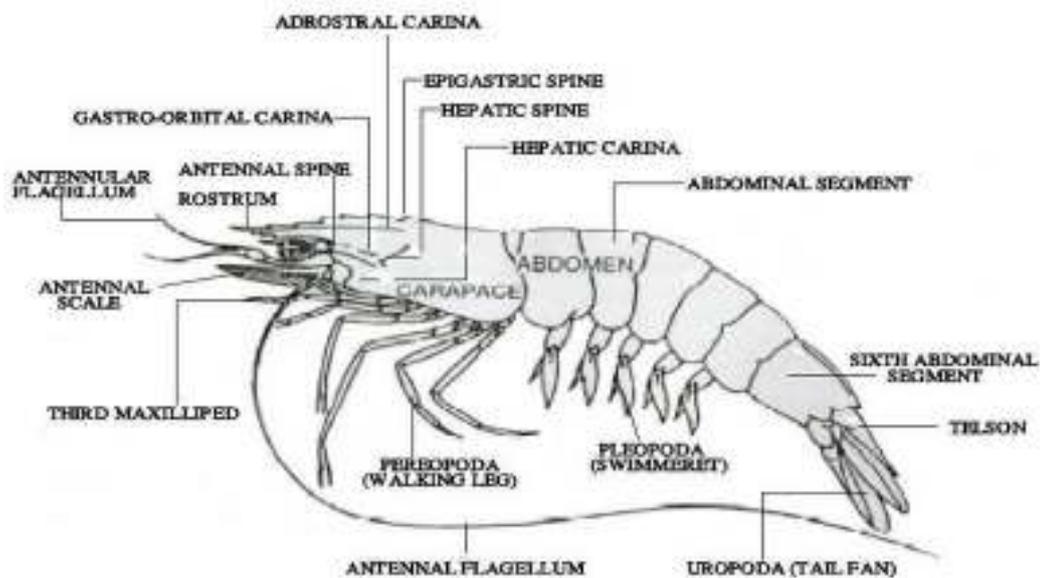
Pengelolaan kualitas air di PT. Citra Larva Cemerlang dilakukan setiap hari, air yang digunakan adalah air laut dari perairan Way Urang. Pengelolaan dilakukan melalui beberapa tahapan meliputi penampungan air di kolam sementara, kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan arang aktif, pasir dan batuan. Air yang telah disaring, dialirkan ke kolam *tandon* untuk diproses lebih lanjut. Pada kolam tandon ini, ditambahkan *aquasept 3.0* sebanyak 2-4 tablet/3.9 m³ air. *Aquasept 3.0* sebagai disinfektan yang digunakan untuk membunuh bakteri, virus, spora jamur, dan jamur pada proses persiapan air tambak yang dapat menyebabkan penyakit pada udang. Air yang sudah ditambahkan *aquasept 3.0*, selanjutnya diaerasi 1 x 24 jam, dan dapat digunakan setelah didiamkan di kolam selama 2 x 24 jam. Air yang telah siap digunakan, dialirkan ke kolam induk dan kolam-kolam pembenihan.

2.2 Udang Vaname (*L. vannamei*)

Udang merupakan komoditas perikanan yang hidup di laut dan danau, dapat ditemukan juga di air tawar, dan payau pada kedalaman yang bervariasi, baik didekat permukaan hingga pada kedalaman beberapa ribu meter atau di bawah permukaan air. Komoditas udang dibudidayakan dalam tambak baik untuk dikonsumsi oleh masyarakat domestik atau untuk diekspor. Ada beberapa jenis udang yang bernilai tinggi untuk di ekspor seperti udang vaname dan udang windu. Udang yang digunakan untuk kebutuhan domestik ada beberapa jenis, seperti udang galah, udang karang, *banana shrimp* (udang pisang), udang dogol, udang jeblog dan jenis udang lainnya (Fahlevi, 2021).

Udang yang dibudidayakan di air payau adalah udang windu, pada saat mewabahnya penyakit *White Spot Syndrom Virus* (WSSV) yang mengakibatkan menurunnya usaha budidaya udang windu, pemerintah memperkenalkan budidaya udang vaname untuk diversifikasi komoditas perikanan sehingga dapat meningkatkan produksi udang di Indonesia (Suriawan dkk., 2019).

Udang vaname adalah spesies asli perairan Pasifik, yang banyak ditemukan di pantai Barat Meksiko hingga Peru. Udang ini diperkenalkan untuk dibudidayakan di Asia tahun 1996, salah satunya Taiwan yang mengimpor calon induk vaname dari Hawaii. Saat ini komoditas udang vaname telah menyebar ke seluruh wilayah Indonesia dan budidayanya telah dikembangkan oleh para petambak (Nuntung dkk., 2018). Morfologi tubuh udang vaname (*L. vannamei*) dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Morfologi tubuh udang vaname (*L. vannamei*) (Murwono, 2021).

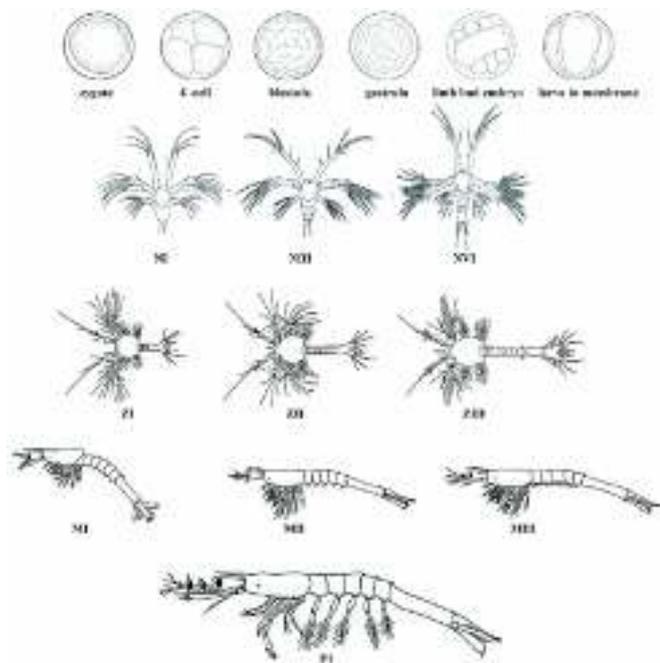
Morfologi tubuh udang vaname terbagi menjadi 2, yaitu bagian kepala dan bagian badan. Bagian kepala terdiri dari 13 ruas yang disebut *cephalothorax*, yaitu 5 ruas di kepala dan 8 ruas di dada. Badan dan *abdomen* terdiri dari 6 ruas, tiap ruas (segmen) memiliki sepasang kaki renang yang beruas-ruas. Empat ekor kipas terletak pada ujung ruas keenam dan terdapat satu *telson* yang berbentuk runcing (Wyban, 2019).

Morfologi udang dapat memiliki hubungan yang signifikan dengan kualitas air di tambak udang. Morfologi, atau struktur dan bentuk tubuh udang, dapat memberikan petunjuk tentang kondisi kesehatan dan keseimbangan lingkungan di dalam tambak. Berikut adalah beberapa aspek morfologi udang yang dapat berhubungan dengan kualitas air tambak:

1. Warna tubuh udang dapat mencerminkan kondisi kesehatan dan keberlanjutan air di tambak. Perubahan warna yang signifikan, misalnya menjadi lebih pucat atau lebih gelap, bisa menjadi indikasi adanya masalah seperti stres, penyakit, atau ketidakseimbangan nutrisi dalam air.
2. Ukuran dan bobot badan udang adalah parameter penting dalam penilaian pertumbuhan dan kesehatan udang. Pertumbuhan yang baik menunjukkan kondisi air yang sesuai dengan kebutuhan nutrisi dan lingkungan yang mendukung pertumbuhan udang.
3. Kondisi sirip dan kaki udang dapat memberikan petunjuk tentang aktivitas dan kesehatan umum udang. Kerusakan atau deformitas pada kaki atau sirip bisa menjadi tanda adanya tekanan lingkungan atau masalah kesehatan.
4. Antena yang utuh dan sehat dapat menunjukkan kesehatan yang baik pada udang. Kerusakan atau kehilangan antena bisa disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kondisi air yang tidak sesuai atau keberadaan predator.
5. Pola perilaku berenang dapat memberikan indikasi tentang kesejahteraan udang. Jika udang terlihat malas, atau jika terdapat perilaku aneh seperti berenang secara tidak teratur, ini bisa menjadi tanda adanya stres atau masalah kesehatan.

Pemantauan morfologi udang dapat menjadi bagian dari pemantauan rutin di tambak udang untuk mengidentifikasi potensi masalah sejak dini. Namun, perlu diingat bahwa morfologi hanya satu dari banyak faktor yang perlu dipertimbangkan dalam asesmen air tambak. Analisis air yang komprehensif, termasuk parameter seperti suhu, pH, oksigen terlarut, amonia, dan nitrit, juga sangat penting untuk memastikan kondisi air yang optimal bagi pertumbuhan dan kesehatan udang. Integrasi antara pemantauan morfologi udang dan parameter air

akan memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang keadaan tambak dan memungkinkan tindakan perbaikan yang lebih efektif jika diperlukan. Siklus hidup udang vaname diawali dari pembuahan telur, kemudian menjadi *naupli*, *mysis*, *post larva*, *juvenil*, dan terakhir menjadi udang dewasa. Udang dewasa dapat memijah di air laut dalam. Stadia *larva* dari stadia *naupli* sampai pada stadia *juvenil* berpindah ke perairan yang dangkal dimana terdapat banyak *vegetasi* yang dapat berfungsi sebagai tempat pemeliharaan. Udang yang telah remaja dikembalikan ke laut lepas, kemudian menjadi remaja dan siklus hidup berlanjut kembali. Siklus hidup udang vaname ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Siklus hidup udang vaname (Wei *et al.*, 2014)

Udang vaname yang dibudidayakan di Indonesia merupakan jenis udang introduksi dari kawasan sub-tropis sekitar perairan Meksiko, Amerika Latin. Walaupun udang vaname berasal dari kawasan sub-tropis, namun dapat dibudidayakan dikawasan tropis dengan penerapan teknologi dari teknologi yang sederhana hingga intensif. Udang vaname memiliki karakteristik yang spesifik dibandingkan dengan jenis udang lainnya, seperti adaptasi tinggi terhadap

lingkungan Suhu rendah, perubahan salinitas, laju pertumbuhan yang relatif cepat pada bulan pertama dan kedua serta kelangsungan hidup yang tinggi (Suriawan dkk., 2019). Beberapa keunggulan yang dimiliki udang vaname menunjukkan bahwa udang ini sangat potensial dan prospektif pengembangannya.

Beberapa keunggulan udang vaname dibandingkan dengan spesies lainnya, antara lain: laju pertumbuhan mencapai 1 - 1,5 gr/ minggu, bisa dibudidayakan dengan padat penebaran tinggi (80 - 500 ekor/m²), toleran terhadap salinitas (0,5 - 45 %), kebutuhan protein pakan lebih rendah (20 – 30 %), ukuran panen seragam, dan jumlah udang yg berukuran dibawah ukuran minimal sangat rendah (BPBAP, 2021).

Budidaya udang vaname di Indonesia adalah sektor perikanan yang diunggulkan dan menjadi prioritas pengembangan akuakultur di Indonesia untuk meningkatkan perekonomian nasional. Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2021) melaporkan, volume ekspor hasil perikanan mencapai 1,26 miliar kilogram (kg) dengan nilai US\$ 5,2 miliar pada 2020. Udang merupakan komoditas ekspor yang paling besar dengan volume 239,28 juta kg dan nilai US\$ 2,04 miliar. Peningkatan permintaan ekspor udang pada tahun 2019 adalah 28,96%, yaitu sebanyak 207,70 juta kg. Pada tahun 2020, kontribusi udang terhadap total permintaan ekspor hasil perikanan adalah 18,95%. Hal ini yang menunjukkan bahwa komoditas udang memiliki peranan yang sangat besar terhadap kinerja ekspor komoditas perikanan Indonesia.

2.3 Parameter Kualitas Air Tambak Benih Udang

Kualitas air merupakan ukuran kondisi air terhadap kebutuhan spesies biotik dan manusia (Omer, 2019). Untuk menentukan kualitas air tambak benih udang diperlukan penentuan beberapa parameter. Ada tiga jenis parameter kualitas air, yaitu parameter fisika, kimia, dan biologi.

2.3.1 Parameter Fisika

Parameter fisika adalah salah satu dari tiga parameter utama dalam penentuan kualitas air, bersama dengan parameter kimia dan biologi. Parameter fisika mengukur sifat fisik air seperti Suhu, kekeruhan, warna, bau, dan *total suspended solid* (TSS). Berikut adalah beberapa parameter fisika yang digunakan untuk menentukan kualitas air, yaitu:

2.3.1.1 Kekeruhan

Kekeruhan adalah ukuran relatif kejernihan air. Kekeruhan disebabkan oleh bahan tersuspensi seperti tanah liat, material organik, *plankton*, dan material partikulat lainnya di dalam air. Dampak yang akan terjadi apabila air tambak memiliki kekeruhan di atas ambang batas adalah sebagai berikut (Igwegbe *et al.*, 2019):

1. Dapat meningkatkan biaya pengolahan air.
2. Partikulat dapat menjadi tempat persembunyian bagi mikroorganisme berbahaya sehingga melindungi mereka dari proses desinfeksi.
3. Bahan tersuspensi dapat menyumbat atau merusak insang benih udang, sehingga daya tahannya menurun terhadap penyakit, mengurangi tingkat pertumbuhannya, dan mempengaruhi pematangan telur.
4. Partikel tersuspensi menyediakan media adsorpsi untuk logam berat seperti merkuri, kromium, timbal, kadmium, dan banyak polutan organik berbahaya dan banyak pestisida.
5. Jumlah makanan yang tersedia berkurang karena meningkatnya kekeruhan, Suhu air meningkat, mengingat fakta bahwa partikel tersuspensi menyerap lebih banyak panas matahari. Akibatnya, konsentrasi oksigen terlarut bisa berkurang karena air hangat membawa lebih sedikit oksigen terlarut daripada air dingin.

Kekeruhan diukur dengan menggunakan peralatan optik khusus di laboratorium atau di lapangan, alat tersebut adalah turbidimeter *nephelometric*. Sampel air dilewati cahaya, kemudian jumlah cahaya tersebar diukur. Satuan

pengukuran kekeruhan disebut *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) yang setara dengan 1mg/L silika dalam suspensi. Semakin besar hamburan cahaya, maka semakin tinggi kekeruhan. Nilai kekeruhan rendah menunjukkan kejernihan air yang tinggi, nilai yang tinggi menunjukkan kejernihan air yang rendah.

2.3.1.2 Suhu

Suhu adalah parameter air yang sering diukur, karena fungsinya dalam mempelajari proses fisika, kimia dan biologi. Perubahan Suhu air dapat dipengaruhi oleh keadaan ruang dan waktu. Suhu perairan tropis lebih tinggi daripada Suhu perairan sub tropis, khususnya pada musim dingin di perairan sub tropis.

Penyebaran Suhu di perairan terbuka disebabkan oleh gerakan air, seperti arus dan turbulensi. Viskositas, kelarutan, bau, dan reaksi kimia dipengaruhi oleh Suhu (Baird *et al.*, 2017). Dengan demikian, proses sedimentasi dan klorinasi dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) bergantung pada Suhu. Ini juga mempengaruhi proses biosorpsi logam berat yang terlarut dalam air.

Suhu air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan benih udang pada perairan tropis dapat berkisar antara 25-32 °C, kisaran Suhu ini dapat menguntungkan bagi budidaya benih udang. Proses kimia, fisika dan biologi pada perairan dipengaruhi oleh perubahan Suhu (Igwegbe *et al.*, 2019). Peningkatan Suhu dapat mengurangi ketersediaan oksigen terlarut dalam perairan, hal ini dikarenakan konsumsi organisme akuatik meningkat sekitar 2-3 kali lipat ketika Suhu air meningkat 10 °C.

2.3.1.3 Warna

Warna air dapat menjadi parameter penentuan kualitas air. Penentuan warna air ditentukan dengan menggunakan indra penglihatan. Bahan organik yang membusuk, yaitu tumbuhan dan bahan anorganik seperti tanah, bebatuan, dan

batuan dapat memberi warna pada air (Baird *et al.*, 2017). Perubahan warna air disebabkan oleh proses biologis maupun non-biologis, namun perubahan warna dapat juga disebabkan oleh kegiatan manusia yang menghasilkan limbah berwarna.

2.3.1.4 Bau

Benda asing seperti bahan organik, senyawa anorganik, atau gas terlarut dapat menyebabkan bau pada air (Baird *et al.*, 2017). Bahan-bahan ini berasal dari sumber alam, domestik, atau pertanian. Air yang memiliki kualitas yang baik tidak memiliki bau sama sekali. Air yang terkontaminasi dapat mengeluarkan bau yang mengganggu. Penentuan bau pada air ditentukan dengan menggunakan indra penciuman. Apabila ada bau yang mengganggu, dapat menunjukkan air sudah tercemar.

2.3.1.5 Total Suspended Solid (TSS)

TSS adalah residu dari padatan yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μ m yang menyebabkan kekeruhan pada air akibat padatan tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap (Asami *et al.*, 2021). Ukuran dan berat partikel TSS lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. TSS dapat dihilangkan dengan proses flokulasi dan penyaringan.

2.3.2 Parameter Kimia

Parameter kimia adalah salah satu dari tiga parameter utama dalam penentuan kualitas air, bersama dengan parameter fisika dan biologi. Parameter kimia mengukur konsentrasi zat kimia dalam air, seperti pH, COD, BOD, logam berat, fosfat, amonia, nitrat dan salinitas. Beberapa parameter kimia yang digunakan untuk menentukan kualitas air tambak benih udang adalah sebagai berikut:

2.3.2.1 *Potential of Hydrogen (pH)*

Potential of Hydrogen (pH) adalah logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen dan merupakan parameter kualitas air yang sangat penting. pH adalah ukuran yang menunjukkan kekuatan larutan asam atau basa. Kisaran pH dari 0 hingga 14, dengan pH 7 berarti netral, pH yang lebih kecil dari 7 menunjukkan keasaman, dan pH yang lebih besar dari 7 menunjukkan larutan basa. Air murni memiliki pH mendekati 7 pada Suhu 25 °C cenderung bersifat netral, air hujan normal memiliki pH sekitar 5,6 (sedikit asam) karena gas karbon dioksida. Kisaran pH dari 6,5 hingga 8,5 aman untuk diminum, untuk penggunaan rumah tangga dan untuk kebutuhan organisme (Baird *et al.*, 2017).

Penentuan pH dapat dilakukan dengan metode elektrometri dan kolorimetri. pH yang tinggi dapat mengurangi efektivitas desinfeksi klorin dan membuat air terasa pahit. Jumlah oksigen di air meningkat dengan naiknya pH. Air dengan pH rendah akan menimbulkan korosi atau melarutkan logam dan zat lainnya.

2.3.2.2 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Parameter COD dibutuhkan untuk mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia tertentu dalam sampel air atau limbah cair. Parameter ini digunakan untuk menentukan jumlah bahan organik teroksidasi di dalam sampel, termasuk senyawa-senyawa yang sulit terurai seperti minyak, lemak, protein, dan karbohidrat.

Pengukuran COD digunakan untuk menilai kualitas air limbah dan untuk menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk membantu proses pengolahan limbah. Nilai COD seringkali digunakan sebagai indikator untuk mengukur tingkat pencemaran dalam air limbah, karena semakin tinggi nilai COD, semakin tinggi pula tingkat pencemarannya (Jarir dkk., 2020).

Satuan COD biasanya dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L) atau dalam persen (%). Metode pengukuran COD melibatkan pengoksidasi senyawa-senyawa organik dalam sampel air menggunakan bahan kimia oksidator, seperti kalium permanganat atau *dichromate*. Setelah oksidasi selesai, jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk reaksi tersebut diukur dan dijadikan acuan untuk menentukan nilai COD.

2.3.2.3 Biological Oxygen Demand (BOD)

Parameter BOD sering digunakan untuk menilai tingkat pencemaran organik dalam air limbah dan keberhasilan proses pengolahan limbah. Semakin tinggi nilai BOD, semakin tinggi tingkat pencemarannya dan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik dalam sampel air.

Satuan BOD biasanya dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/l). Selain itu, BOD juga dapat digunakan sebagai indikator kualitas air dan tingkat keberlanjutan lingkungan. Tingkat BOD yang rendah menunjukkan adanya kualitas air yang baik dan lingkungan yang berkelanjutan, sedangkan tingkat BOD yang tinggi menunjukkan adanya masalah pencemaran dan dampak negatif terhadap ekosistem perairan (Hasan *et al.*, 2020).

2.3.2.4 Logam Berat

Parameter logam berat adalah kategori parameter yang digunakan untuk mengukur konsentrasi logam berat dalam air, tanah, dan udara. Logam berat merupakan kelompok logam yang memiliki massa jenis tinggi dan cenderung beracun pada konsentrasi yang tinggi.

Beberapa contoh logam berat yang sering diukur dalam air dan limbah cair antara lain timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd), tembaga (Cu), seng (Zn), dan Nikel (Ni). Logam berat dapat berasal dari berbagai sumber, seperti industri, pertambangan, limbah domestik, limbah medis, dan aktivitas pertanian (Nurrohman dkk., 2019).

Paparan logam berat dalam jumlah yang tinggi dapat menyebabkan dampak negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan, seperti kerusakan organ tubuh, keracunan, dan kerusakan ekosistem perairan. Oleh karena itu, pengukuran konsentrasi logam berat sangat penting untuk menilai kualitas air dan memastikan bahwa air yang digunakan pada tambak benih udang tidak membahayakan kelangsungan hidup benih udang.

Metode pengukuran konsentrasi logam berat biasanya melibatkan penggunaan instrumen analitik seperti spektrofotometer atau spektrometri massa. Konsentrasi logam berat diukur dalam satuan miligram per liter (mg/L) atau mikrogram per liter ($\mu\text{g/L}$) untuk air dan limbah cair. Konsentrasi logam berat dalam tanah dapat diukur dalam satuan miligram per kilogram (mg/kg) atau bagian per juta (ppm), sedangkan untuk udara dapat diukur dalam satuan mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g/m}^3$).

2.3.2.5 Fosfat

Parameter fosfat mengukur konsentrasi fosfat dalam air atau limbah cair. Fosfat adalah senyawa kimia yang terdiri dari unsur fosfor dan oksigen, dan sering ditemukan dalam pupuk dan limbah pertanian, limbah domestik, serta limbah industri. Fosfat adalah nutrisi penting untuk pertumbuhan tanaman dan mikroorganisme, tetapi jika terdapat dalam jumlah yang berlebihan di dalam air, fosfat dapat menyebabkan masalah lingkungan seperti pertumbuhan alga yang berlebihan (Sari dkk., 2019).

Pertumbuhan alga yang berlebihan dapat menyebabkan kualitas air menurun dan dapat mengakibatkan masalah ekologis seperti hipoksia, yaitu kondisi dimana kadar oksigen di dalam air sangat rendah sehingga mengancam kelangsungan hidup benih udang. Pengukuran konsentrasi fosfat dilakukan dengan menggunakan metode fotometri atau spektrofotometri, dengan satuan ukur dalam miligram per liter (mg/L) atau mikrogram per liter ($\mu\text{g/L}$). Beberapa teknologi pengolahan air dan limbah juga menggunakan penghilangan fosfat dari air sebagai bagian dari proses pengolahan limbah.

2.3.2.6 Amonia

Parameter amonia adalah kategori parameter yang mengukur konsentrasi senyawa amonia dalam air atau limbah cair. amonia adalah senyawa kimia yang terdiri dari unsur nitrogen dan hidrogen, dan merupakan produk sampingan metabolisme organisme hidup dan limbah organik. amonia dapat berasal dari berbagai sumber, seperti limbah industri, limbah domestik, limbah peternakan, dan limbah pertanian.

Peningkatan konsentrasi amonia dalam air dapat menyebabkan masalah lingkungan seperti penurunan kualitas air, pertumbuhan alga yang berlebihan, dan keracunan ikan serta organisme air lainnya (Rakhmanda *et al.*, 2021). Pengukuran konsentrasi amonia biasanya dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri atau titrasi. Satuan ukur yang digunakan untuk konsentrasi amonia dalam air dan limbah cair adalah miligram per liter (mg/L) atau mikrogram per liter ($\mu\text{g/L}$).

Konsentrasi amonia dalam air juga dapat mempengaruhi kualitas air minum dan lingkungan. Oleh karena itu, pengukuran konsentrasi amonia sangat penting dalam memantau kualitas air dan menentukan apakah air tersebut aman untuk digunakan pada budidaya benih udang. Selain itu, pengukuran konsentrasi amonia juga penting dalam upaya pengolahan air dan limbah untuk mengurangi dampak

dari limbah industri, limbah domestik, limbah peternakan, dan limbah pertanian pada lingkungan.

2.3.2.7 Nitrat

Parameter nitrat adalah parameter yang digunakan untuk mengukur konsentrasi senyawa nitrat dalam air atau limbah cair. Nitrat adalah senyawa kimia yang terdiri dari unsur nitrogen dan oksigen, dan merupakan nutrisi penting bagi pertumbuhan tanaman. Namun, jika terdapat dalam jumlah yang berlebihan di dalam air atau limbah cair, nitrat dapat menyebabkan masalah lingkungan seperti eutrofikasi dan keracunan air (Pawar *et al.*, 2020).

Eutrofikasi terjadi ketika terdapat nutrisi yang berlebihan di dalam air, termasuk nitrat, yang menyebabkan pertumbuhan alga yang berlebihan dan mengurangi kadar oksigen di dalam air, yang dapat membahayakan kehidupan benih udang. Selain itu, konsentrasi nitrat yang tinggi dalam air minum juga dapat menyebabkan keracunan *methemoglobinemia*, yang dapat menyebabkan kesulitan bernapas. Pengukuran konsentrasi nitrat biasanya dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri atau ion selektif. Satuan ukur yang digunakan untuk konsentrasi nitrat dalam air adalah miligram per liter (mg/L) atau mikrogram per liter ($\mu\text{g/L}$).

2.3.2.8 Salinitas

Salinitas adalah ukuran dari jumlah garam terlarut dalam air laut atau air tawar. Salinitas umumnya diukur dalam satuan ppt (*part per thousand*) atau psu (*practical salinity unit*), yang menunjukkan jumlah gram garam dalam 1 kg air laut atau air tawar.

Air laut memiliki salinitas rata-rata sekitar 35 ppt, yang berarti terdapat 35 gram garam dalam setiap 1 kg air laut (Ponce-Palafox *et al.*, 2019). Sedangkan air tawar memiliki salinitas yang lebih rendah atau bahkan tidak memiliki garam terlarut

sama sekali. Salinitas dapat mempengaruhi kualitas air dan benih udang. Air dengan salinitas yang tinggi cenderung memiliki densitas yang lebih tinggi, sehingga dapat mempengaruhi sirkulasi air dan kecepatan aliran air. Selain itu, salinitas juga dapat mempengaruhi sifat kimia air, seperti kelarutan mineral dan gas.

Organisme air memiliki tingkat toleransi yang berbeda-beda terhadap salinitas. Beberapa organisme air seperti ikan, udang, dan tumbuhan air hanya dapat hidup pada salinitas yang sangat spesifik, sementara organisme lain seperti bakteri dan alga dapat hidup pada rentang salinitas yang lebih luas.

Salinitas juga dapat mempengaruhi kehidupan manusia karena dapat mempengaruhi ketersediaan air bersih untuk dikonsumsi dan digunakan dalam kegiatan manusia seperti pertanian dan industri. Oleh karena itu, pengukuran salinitas sangat penting dalam memantau kualitas air dan memastikan bahwa air dalam kondisi yang baik untuk digunakan oleh manusia dan organisme hidup. Pengukuran salinitas juga dapat membantu dalam menentukan langkah-langkah pengendalian dan pengolahan air yang tepat untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan manusia (Pawar *et al.*, 2020).

2.3.3 Parameter Biologi

Parameter biologi adalah salah satu dari tiga parameter utama dalam penentuan kualitas air, bersama dengan parameter fisika dan kimia. Parameter biologi mengukur keberadaan dan kesehatan organisme hidup dalam air, seperti bakteri, *plankton*, udang, ikan, dan *makroinvertebrata* (Rakhmanda *et al.*, 2021). Beberapa parameter biologi yang digunakan untuk menentukan kualitas air adalah sebagai berikut:

1. Indeks keanekaragaman biologi, parameter ini mengukur jumlah spesies dan keberagaman organisme hidup dalam air, yang dapat menjadi indikator kesehatan ekosistem air.

2. Indeks integritas biologis, parameter ini mengukur kesehatan organisme air, seperti kondisi fisik, dan perubahan genetik. Indeks ini dapat memberikan informasi tentang dampak polutan pada organisme air.
3. Bakteriologi, parameter ini mengukur jumlah bakteri yang terdapat dalam air, seperti bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*). Jumlah bakteri yang tinggi dapat menjadi indikator adanya limbah manusia dalam air dan mempengaruhi kesehatan manusia.
4. *Makroinvertebrata*, parameter ini mengukur keberadaan dan keanekaragaman spesies *makroinvertebrata*, seperti serangga air dan *moluska*. *Makroinvertebrata* sensitif terhadap perubahan lingkungan dan dapat menjadi indikator kesehatan ekosistem air.

Parameter biologi dapat memberikan informasi tentang keberadaan dan kesehatan organisme air, yang merupakan indikator kesehatan ekosistem air secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting untuk mengukur dan memantau parameter biologi secara teratur untuk menentukan kualitas air di suatu wilayah.

2.4 Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP adalah sebuah metode pengambilan keputusan yang digunakan untuk membantu seseorang atau kelompok dalam memilih alternatif terbaik dari sejumlah opsi yang tersedia. AHP diciptakan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1984 sebagai alat untuk memecahkan masalah pengambilan keputusan yang kompleks (Saaty, 1984).

AHP berdasarkan pada ide bahwa pengambilan keputusan melibatkan perbandingan antara beberapa kriteria atau faktor yang relevan. Metode AHP mengatur kriteria atau faktor dalam sebuah hierarki, yang memungkinkan pengambil keputusan untuk memecah masalah yang kompleks menjadi bagian-bagian yang lebih mudah diatur.

Setelah kriteria diatur dalam hierarki, AHP mengumpulkan data melalui matriks perbandingan berpasangan untuk menentukan bobot relatif antara kriteria. Data ini kemudian dianalisis menggunakan metode matematis untuk menentukan prioritas alternatif terbaik. Hal ini membantu pengambil keputusan untuk mengevaluasi alternatif berdasarkan kriteria dan prioritas yang telah ditetapkan.

AHP digunakan dalam berbagai bidang, termasuk manajemen, keuangan, teknik, dan sains. Contoh penggunaan AHP di antaranya adalah dalam perencanaan penggunaan lahan untuk budidaya udang (Ambarwulan *et al.*, 2015), perencanaan strategis, penilaian risiko, pemilihan investasi, dan penilaian kualitas air untuk pengelolaan air bersih yang lebih baik (Saha *et al.*, 2021).

Konsep dasar AHP adalah hierarki dan perbandingan berpasangan. Dalam AHP, masalah pengambilan keputusan dipecahkan menjadi beberapa level atau tingkat yang diatur dalam hierarki. Hierarki terdiri dari level atas atau tujuan utama, level menengah atau kriteria yang relevan, dan level terbawah atau alternatif yang mungkin. Setelah hierarki dibuat, langkah berikutnya adalah menentukan bobot relatif untuk setiap elemen dalam hierarki. Hal ini dilakukan melalui matriks perbandingan berpasangan, di mana pengambil keputusan membandingkan setiap elemen dalam satu level dengan elemen lainnya dalam level yang sama. Hasil perbandingan dinyatakan dalam skala nilai 1 sampai 9, di mana 1 berarti bahwa kedua elemen sama pentingnya dan 9 berarti bahwa satu elemen jauh lebih penting daripada elemen yang lain.

Setelah matriks perbandingan berpasangan selesai, data dianalisis menggunakan metode matematis untuk menentukan bobot relatif untuk setiap elemen dalam hierarki. Bobot relatif ini kemudian digunakan untuk menghitung prioritas relatif dari alternatif yang mungkin. Dalam AHP, pengambil keputusan juga dapat melakukan analisis sensitivitas untuk memeriksa seberapa sensitif hasil keputusan terhadap perubahan dalam bobot relatif atau perubahan dalam matriks perbandingan berpasangan. Dengan menggunakan konsep dasar AHP, pengambil keputusan dapat memecahkan masalah pengambilan keputusan yang kompleks

dan memilih alternatif terbaik berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan (Jayanthi *et al.*, 2020). Berikut adalah langkah-langkah dalam AHP:

1. Mendefinisikan hierarki, identifikasi masalah dan definisikan hierarki dengan tujuan utama di puncak, kriteria yang relevan pada level di bawahnya, dan alternatif pada level terendah.
2. Membuat matriks perbandingan berpasangan, setelah hierarki dibuat, lakukan perbandingan berpasangan untuk menentukan bobot relatif antar elemen pada setiap level. Elemen dalam level yang sama diberi perbandingan satu sama lain. Setiap elemen dibandingkan dengan elemen lain dengan skala dari 1 sampai 9, dimana 1 berarti elemen tersebut sama pentingnya, dan 9 berarti elemen tersebut jauh lebih penting daripada elemen lainnya.
3. Normalisasi matrik, lakukan normalisasi untuk memperhitungkan ketidak-konsistenan dalam matriks perbandingan berpasangan. Normalisasi memastikan bahwa nilai perbandingan ditempatkan pada skala yang sama.
4. Menghitung bobot relatif, menghitung bobot relatif atau prioritas relatif untuk setiap elemen pada setiap level dalam hierarki. Hal ini dilakukan dengan mengalikan setiap baris dari matriks perbandingan berpasangan dengan bobot relatif pada level yang lebih tinggi.
5. Menghitung skor akhir, hitung skor akhir untuk setiap alternatif dengan mengalikan bobot relatif dari setiap alternatif pada level terbawah dengan bobot relatif pada level menengah dan level atas.
6. Analisis sensitivitas, lakukan analisis sensitivitas untuk memeriksa seberapa sensitif hasil keputusan terhadap perubahan dalam matriks perbandingan berpasangan atau bobot relatif. Pengambilan keputusan, setelah analisis selesai, pengambil keputusan dapat memilih alternatif terbaik berdasarkan skor akhir atau prioritas relatif yang diberikan.

Dengan mengikuti langkah-langkah ini, pengambil keputusan dapat menggunakan AHP untuk memecahkan masalah yang kompleks dan memilih alternatif terbaik berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Berikut adalah beberapa contoh aplikasi AHP dalam bidang monitoring kualitas air bersih (Mishra *et al.*, 2022):

1. Penentuan parameter penting, dalam pemantauan kualitas air bersih, banyak parameter yang harus diukur, seperti pH, Suhu, bahan organik, klorin, dan lain-lain. AHP dapat digunakan untuk menentukan parameter yang paling penting untuk dipantau. Dengan AHP, para ahli dapat membandingkan parameter dan menentukan prioritas mereka dalam memantau kualitas air bersih.
2. Penentuan sumber air terbaik, dalam pemantauan kualitas air bersih, penting untuk memilih sumber air yang terbaik. AHP dapat digunakan untuk mengevaluasi sumber air yang berbeda berdasarkan kriteria seperti keberlanjutan, ketersediaan, biaya, dan kualitas air.
3. Identifikasi risiko kontaminasi, AHP dapat digunakan untuk mengidentifikasi risiko kontaminasi dalam air bersih. Para ahli dapat mengevaluasi faktor risiko yang berbeda, seperti polutan industri, polusi dari pemukiman, dan faktor alami, dan menentukan prioritas untuk mengatasi risiko tertentu.
4. Evaluasi efektivitas pengolahan air, AHP dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas pengolahan air. Para ahli dapat membandingkan metode pengolahan yang berbeda, seperti filtrasi, desinfeksi, dan oksidasi, dan menentukan prioritas untuk penggunaan metode tertentu.

Dengan menggunakan AHP dalam pemantauan kualitas air bersih, para ahli dapat mengambil keputusan yang lebih baik dan lebih efektif dalam mengelola sumber daya air dan memastikan bahwa air yang dikonsumsi aman dan sehat untuk masyarakat (Mishra *et al.*, 2022). Berikut ini, pada Tabel 1 dapat dilihat contoh matriks perbandingan berpasangan untuk parameter kualitas air, dengan menggunakan skala penilaian dari 1 sampai 9 (Mishra *et al.*, 2022):

Tabel 1. Matriks perbandingan berpasangan untuk parameter kualitas air

	pH	BOD	DO	TDS	EC	TH	CH	MH	WT	AT	Na	K	NO3	PO4
pH	1	2	3	4	5	6	7	7	7	7	8	8	9	9
BOD	0.50	1	2	3	3	4	5	5	6	6	7	8	8	9
DO	0.33	0.50	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	8
TDS	0.25	0.33	0.50	1	2	3	3	4	5	6	6	7	7	8
EC	0.20	0.33	0.33	0.50	1	2	2	3	3	4	4	5	6	7
TH	0.17	0.25	0.33	0.33	0.50	1	1	1	2	2	3	3	4	5
CH	0.14	0.20	0.25	0.33	0.50	1	1	1	2	2	3	3	4	5
MH	0.14	0.20	0.20	0.25	0.33	1	1	1	2	2	3	3	4	5
WT	0.14	0.17	0.20	0.20	0.33	0.50	0.50	0.50	1	2	2	3	3	4
AT	0.14	0.17	0.17	0.17	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	1	1	1	2	3
Na	0.13	0.14	0.14	0.17	0.25	0.33	0.33	0.33	0.50	1	1	1	1	2
K	0.13	0.13	0.14	0.14	0.20	0.33	0.33	0.33	0.33	1	1	1	1	1
NO3	0.11	0.13	0.13	0.14	0.17	0.25	0.25	0.25	0.33	0.50	1	1	1	1
PO4	0.11	0.11	0.13	0.13	0.14	0.20	0.20	0.20	0.25	0.33	0.50	1	1	1

Setelah matriks perbandingan berpasangan dibuat, maka nilai konsistensi matriks dapat dihitung dan dievaluasi untuk memastikan bahwa matriks tersebut konsisten. Selanjutnya, nilai bobot relatif dari setiap parameter dapat dihitung dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas air laut berdasarkan parameter-parameter yang telah ditetapkan.

Kelebihan AHP adalah dapat membantu pengambil keputusan dalam memecahkan masalah yang kompleks dan menentukan prioritas alternatif berdasarkan kriteria yang relevan (Yunandar *et al.*, 2021). AHP juga dapat digunakan untuk memfasilitasi diskusi antara anggota tim dalam memilih alternatif terbaik. Namun, kekurangan AHP adalah memerlukan waktu dan sumber daya yang cukup untuk mengumpulkan data dan melakukan analisis, serta memerlukan keahlian khusus dalam matematika untuk menerapkannya.

Penggunaan AHP tidak sepenuhnya bebas dari kelemahan dan keterbatasan, seperti halnya metode pengambilan keputusan lainnya. Beberapa kelemahan AHP meliputi subjektivitas, kerumitan dalam pengumpulan data, dan risiko ketidak-konsistenan dalam matriks perbandingan berpasangan (Wulandari *et al.*, 2018). Oleh karena itu, sebelum menggunakan AHP, pengambil keputusan harus mempertimbangkan kelemahan dan keterbatasan metode ini dan melakukan analisis sensitivitas untuk memastikan keputusan yang diambil didasarkan pada data yang akurat dan konsisten.

AHP sebaiknya digunakan ketika kita ingin membuat keputusan yang melibatkan banyak kriteria atau faktor, serta ketika kita ingin menentukan prioritas relatif dari setiap kriteria tersebut. AHP juga berguna untuk mengatasi masalah ketidakpastian dan ketidakjelasan dalam pengambilan keputusan.

Metode AHP dapat digunakan untuk menentukan kualitas air tambak dengan menggunakan beberapa data parameter kualitas air laut (Wulandari *et al.*, 2018). Dalam hal ini, parameter kualitas air laut dapat dijadikan kriteria dalam menentukan kualitas air tambak. Misalnya, pH air laut, Suhu, oksigen terlarut, nitrat, fosfat, dan bakteri dapat dijadikan kriteria dalam menentukan kualitas air tambak. Setelah kriteria ditentukan, langkah selanjutnya adalah membuat matriks perbandingan berpasangan untuk menentukan bobot relatif dari setiap kriteria. Selanjutnya, nilai dari setiap parameter kualitas air laut yang digunakan sebagai kriteria dapat diukur dan dibandingkan dengan standar kualitas air tambak yang diinginkan. Data ini kemudian dapat diolah dan dianalisis dengan menggunakan metode AHP untuk menentukan kualitas air tambak secara keseluruhan. Dengan menggunakan metode AHP, pengambilan keputusan mengenai kualitas air tambak dapat dilakukan secara lebih obyektif dan sistematis. Selain itu, metode AHP juga dapat membantu untuk menentukan prioritas peningkatan kualitas air tambak dengan memperhitungkan bobot relatif dari setiap kriteria. Dengan demikian, metode AHP dapat digunakan sebagai alat bantu yang efektif dalam menentukan kualitas air tambak dan dalam memilih tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas air tambak.

2.5 *Water Quality Index (WQI)*

WQI adalah indeks yang digunakan untuk mengukur kualitas air dari sebuah sumber air. WQI memberikan nilai numerik yang menggambarkan kondisi keseluruhan dari suatu sumber air dengan mempertimbangkan beberapa parameter kualitas air yang diukur, seperti suhu, pH, oksigen terlarut, BOD, COD, kekeruhan, nitrat, fosfat, logam berat, dan mikroorganisme.

Pentingnya WQI terutama terkait dengan menjaga kualitas air untuk berbagai keperluan seperti untuk kebutuhan air minum, irigasi, perikanan, industri dan juga menjaga kesehatan lingkungan. WQI dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber polusi dan memungkinkan dilakukannya tindakan pencegahan yang diperlukan untuk mempertahankan atau meningkatkan kualitas air (Jha *et al.*, 2020). Dalam hal ini, WQI juga dapat digunakan sebagai alat pengawasan dan evaluasi oleh pihak yang terkait dalam pengelolaan sumber daya air, seperti pemerintah, pengusaha, maupun masyarakat. Selain itu, WQI juga dapat digunakan sebagai alat komunikasi untuk memberikan informasi yang mudah dimengerti kepada masyarakat mengenai kondisi kualitas air di suatu wilayah atau sumber air tertentu.

Metodologi yang digunakan dalam pembuatan WQI dapat bervariasi tergantung pada tujuan dan kebijakan yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang. Namun, secara umum, terdapat beberapa langkah dalam pembuatan WQI, seperti berikut:

1. Penentuan parameter yang diukur, langkah pertama adalah menentukan parameter-parameter kualitas air yang akan diukur. Parameter-parameter tersebut dapat bervariasi tergantung pada tujuan dan kondisi lingkungan dari sumber air tersebut. Beberapa parameter yang umumnya diukur dalam pembuatan WQI antara lain: Suhu, pH, oksigen terlarut, BOD, COD, kekeruhan, nitrat, fosfat, logam berat, dan mikroorganisme.
2. Penilaian setiap parameter, setelah parameter-parameter yang akan diukur ditentukan, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi nilai parameter yang diukur. Untuk setiap parameter yang diukur, biasanya ditetapkan nilai standar sesuai dengan kebijakan dan regulasi yang berlaku. Nilai standar ini kemudian dibandingkan dengan nilai yang diukur pada sampel air yang diambil. Hasil perbandingan tersebut dapat digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran atau kualitas air untuk setiap parameter.
3. Penentuan bobot untuk setiap parameter, setelah setiap parameter dinilai, langkah selanjutnya adalah menentukan bobot atau bobot relatif untuk setiap parameter. Bobot ini digunakan untuk menunjukkan pentingnya masing-

masing parameter dalam menentukan WQI. Bobot relatif dapat ditentukan dengan berbagai metode, seperti metode AHP, metode *Delphi*, atau metode penilaian ahli.

WQI adalah suatu metode yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas air dengan mempertimbangkan beberapa parameter fisika, kimia, dan biologi yang terdapat dalam air. Beberapa parameter yang biasanya digunakan dalam WQI adalah sebagai berikut: pH, oksigen terlarut, Suhu, kekeruhan (Hasan *et al.*, 2020). Parameter-parameter ini adalah beberapa contoh parameter yang digunakan dalam WQI. Ada juga parameter lainnya yang sering digunakan dalam WQI, seperti kandungan nitrat, fosfat, dan logam berat. Semua parameter ini digunakan untuk mengevaluasi kualitas air dan menentukan tingkat kesehatan lingkungan hidup. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang setiap parameter yang digunakan dalam WQI, dan mengapa parameter tersebut penting dalam menentukan kualitas air:

1. pH merupakan ukuran keasaman atau kebasaan dalam air, yang diukur pada skala 0 hingga 14. pH netral adalah 7, sedangkan pH kurang dari 7 menunjukkan keasaman dan pH di atas 7 menunjukkan kebasaan. Air yang terlalu asam atau terlalu basa dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. pH yang ideal untuk air bersih adalah sekitar 6,5 hingga 8,5.
2. Oksigen terlarut, oksigen terlarut mengukur jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut sangat penting bagi kehidupan organisme air, seperti ikan, tumbuhan air, dan bakteri. Jumlah oksigen terlarut yang rendah dapat menyebabkan stres pada organisme air atau bahkan kematian. Oksigen terlarut yang sehat untuk air segar adalah minimal 5 mg/L.
3. Suhu, suhu air mempengaruhi banyak proses biologis dalam air, seperti fotosintesis, respirasi, dan pertumbuhan organisme air. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat membahayakan kesehatan lingkungan hidup. Air dengan Suhu yang sehat seharusnya berada dalam kisaran antara 10 hingga 25 °C.
4. Kekeruhan, kekeruhan mengukur jumlah partikel padat dalam air, seperti lumpur, pasir, dan sisa organisme air. Kekeruhan dapat menyebabkan

pengurangan penetrasi cahaya, yang pada gilirannya dapat mengurangi efektivitas fotosintesis pada tumbuhan air. Kekeruhan air yang sehat seharusnya kurang dari 5 NTU.

5. Kandungan nitrat dan fosfat, nitrat dan fosfat adalah nutrisi penting bagi pertumbuhan tumbuhan air. Namun, konsentrasi yang terlalu tinggi dari kedua zat tersebut dapat menyebabkan pertumbuhan alga yang berlebihan, yang dapat menimbulkan keracunan dan merusak kualitas air.
6. Logam berat, logam berat seperti merkuri, kadmium, dan timbal, dapat terakumulasi dalam organisme air dan menyebabkan kerusakan pada organisme tersebut, termasuk pada manusia yang mengkonsumsinya.

Dalam keseluruhan, parameter-parameter yang diukur dalam WQI penting dalam menentukan kualitas air karena dapat memberikan informasi tentang kemungkinan adanya polusi air dan tingkat kesehatan lingkungan hidup. Oleh karena itu, pengukuran secara teratur dari parameter-parameter tersebut sangat penting untuk memastikan kualitas air yang baik dan lingkungan hidup yang sehat.

WQI adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas air dengan menggunakan beberapa parameter fisik, kimia, dan biologi. Setiap parameter ini memiliki bobot yang berbeda dalam perhitungan WQI, dan penentuan bobot ini dilakukan berdasarkan pentingnya masing-masing parameter dalam mempengaruhi kualitas air secara keseluruhan. Penentuan bobot ini biasanya dilakukan oleh ahli atau pakar dalam bidang lingkungan, yang mempertimbangkan beberapa faktor seperti jenis parameter, kepentingan parameter dalam mempengaruhi kualitas air, serta kebutuhan dan preferensi masyarakat yang menggunakan air tersebut.

Salah satu contoh penentuan bobot parameter WQI adalah yang dilakukan oleh *Environment Canada*. Dalam metode ini, parameter yang digunakan dalam perhitungan WQI dibagi ke dalam 3 kategori, yaitu fisik, kimia, dan biologi. Setiap kategori diberikan bobot yang berbeda berdasarkan tingkat

kepentingannya. Bobot kategori fisik adalah 10, bobot kategori kimia adalah 15, dan bobot kategori biologi adalah 5. Selanjutnya, setiap parameter dalam kategori diberikan bobot yang lebih spesifik. Misalnya, dalam kategori kimia, parameter pH diberikan bobot 4, parameter oksigen terlarut diberikan bobot 7, dan parameter nitrogen diberikan bobot 1. Bobot ini ditentukan berdasarkan seberapa pentingnya setiap parameter dalam mempengaruhi kualitas air secara keseluruhan.

Bobot parameter dalam WQI penting karena dapat memberikan Gambaran yang lebih akurat tentang kualitas air. Dengan memberikan bobot yang tepat, parameter yang lebih penting dan memiliki pengaruh lebih besar terhadap kualitas air akan diberi bobot yang lebih tinggi. Sebaliknya, parameter yang kurang penting akan diberikan bobot yang lebih rendah. Dengan demikian, hasil perhitungan WQI akan lebih akurat dan dapat memberikan informasi yang lebih berguna bagi masyarakat dan pengambil keputusan dalam menjaga kualitas air yang baik. Proses penghitungan WQI dimulai dengan pengukuran parameter-parameter fisika, kimia, dan biologi yang relevan dengan kualitas air. Setiap parameter diberikan bobot yang sesuai dengan kepentingannya terhadap kualitas air. Bobot ini ditentukan berdasarkan faktor-faktor seperti efek kesehatan manusia, keberlanjutan lingkungan, dan pengaruh terhadap kegiatan manusia. Bobot ini digunakan untuk menghitung nilai indeks skor untuk setiap parameter. Selanjutnya, nilai indeks skor parameter-parameter tersebut akan dikombinasikan dengan menggunakan rumus tertentu untuk menghasilkan nilai WQI.

Rumus ini berbeda-beda tergantung pada negara atau lembaga yang menggunakannya, tetapi umumnya mencakup pengurangan dari total skor dan pengalihan ke skala 0-100. Arti dari nilai WQI adalah sebagai indikator kualitas air yang dapat digunakan untuk menentukan apakah air layak atau tidak layak digunakan untuk tujuan tertentu. Semakin tinggi nilai WQI, semakin baik kualitas air. Sebaliknya, semakin rendah nilai WQI, semakin buruk kualitas air (Omer, 2019).

Nilai WQI dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas air untuk berbagai tujuan, seperti untuk keperluan irigasi, konsumsi manusia, kehidupan akuatik, dan aktivitas rekreasi. Nilai WQI juga dapat membantu pemerintah dan lembaga terkait dalam membuat keputusan terkait pengelolaan sumber daya air, seperti untuk menentukan strategi pengendalian pencemaran atau kebijakan pelestarian lingkungan.

Dalam praktik, WQI dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti:

1. Evaluasi kualitas air, WQI dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas air dari suatu sumber air, seperti sungai, danau, atau sumur, dan memberikan informasi tentang kemungkinan dampak kualitas air terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Dengan mengetahui nilai WQI, dapat diputuskan apakah air tersebut layak digunakan untuk berbagai keperluan, seperti irigasi, konsumsi manusia, kehidupan akuatik, atau aktivitas rekreasi.
2. Identifikasi pencemar, dengan memonitor parameter-parameter yang dianalisis dalam WQI, dapat diidentifikasi jenis dan sumber pencemar yang mempengaruhi kualitas air. Informasi ini dapat digunakan untuk mengambil tindakan untuk mengurangi atau menghilangkan pencemar tersebut dan meningkatkan kualitas air.
3. Pemantauan kualitas air, WQI dapat digunakan untuk memantau kualitas air secara periodik untuk memastikan bahwa air tetap memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Jika nilai WQI menunjukkan penurunan, maka tindakan perbaikan dapat diambil untuk mengembalikan kualitas air menjadi kondisi yang aman dan layak digunakan.
4. Perencanaan pengelolaan sumber daya air, WQI dapat digunakan sebagai alat yang efektif untuk merencanakan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan. Dengan mengetahui nilai WQI suatu sumber air, dapat diputuskan apakah air tersebut cocok untuk kegiatan ekonomi, seperti pertanian atau industri, atau apakah harus dilindungi sebagai daerah konservasi.
5. Komunikasi publik, WQI dapat digunakan sebagai alat untuk mengkomunikasikan informasi tentang kualitas air kepada masyarakat secara

jelas dan mudah dipahami. Nilai WQI dapat dibandingkan dengan standar yang ditetapkan dan digunakan sebagai alat untuk memberi tahu masyarakat tentang kondisi kualitas air di lingkungan mereka.

Secara keseluruhan, WQI merupakan alat yang efektif untuk mengevaluasi kualitas air dan dapat digunakan untuk berbagai tujuan dalam praktik, mulai dari pemantauan kualitas air, identifikasi pencemar, hingga perencanaan pengelolaan sumber daya air. Dengan memahami nilai WQI, dapat diambil tindakan untuk menjaga dan meningkatkan kualitas air untuk kesehatan manusia dan keberlanjutan lingkungan.

Penggunaan WQI memiliki beberapa keuntungan dalam mengevaluasi kualitas air, yaitu:

1. Pengukuran yang komprehensif, WQI menggunakan beberapa parameter untuk mengevaluasi kualitas air, sehingga memberikan Gambaran yang lebih komprehensif tentang kualitas air di lokasi yang ditentukan. Ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam menentukan tindakan yang harus diambil untuk meningkatkan kualitas air.
2. Evaluasi secara kuantitatif, WQI memberikan nilai numerik untuk kualitas air, sehingga memudahkan dalam membandingkan kualitas air di lokasi yang berbeda. Nilai WQI yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan apakah kualitas air layak digunakan untuk tujuan tertentu, seperti irigasi atau konsumsi manusia.
3. Pengambilan keputusan yang lebih baik, dengan menggunakan WQI, dapat diambil keputusan yang lebih baik dalam menentukan tindakan yang harus diambil untuk meningkatkan kualitas air. Nilai WQI yang rendah menunjukkan bahwa air tidak aman atau tidak layak digunakan, sehingga tindakan perbaikan harus dilakukan untuk memperbaiki kualitas air.
4. Komunikasi yang lebih mudah, nilai WQI dapat digunakan untuk mengkomunikasikan informasi tentang kualitas air dengan masyarakat secara jelas dan mudah dipahami. Ini dapat membantu meningkatkan kesadaran

masyarakat tentang kualitas air dan pentingnya menjaga lingkungan agar tetap sehat.

WQI adalah metode yang efektif dan efisien dalam mengevaluasi kualitas air. Dengan menggunakan WQI, parameter-parameter penting yang mempengaruhi kualitas air dapat diukur dan dianalisis secara holistik, sehingga dapat memberikan Gambaran yang lebih komprehensif tentang kualitas air suatu wilayah (Siregar *et al.*, 2019).

Hasil evaluasi WQI juga dapat memberikan informasi yang berguna bagi para pengambil keputusan, baik pemerintah, masyarakat, maupun industri, dalam menentukan tindakan yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas air. Selain itu, WQI juga memungkinkan dilakukannya pemantauan kualitas air secara periodik sehingga perubahan kualitas air dapat dideteksi dengan cepat, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan dengan segera. Namun, penggunaan WQI juga memiliki beberapa keterbatasan, seperti sensitivitas terhadap perubahan musiman dan adanya pengaruh dari faktor luar seperti cuaca dan musim.

Rumus yang digunakan untuk menghitung WQI bervariasi tergantung pada metode yang digunakan. Beberapa metode WQI yang umum digunakan antara lain *National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI)*, *Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI)*, dan *Indian National Sanitation Foundation Water Quality Index (INSF-WQI)* (Uddin *et al.*, 2021). Namun, secara umum, rumus yang sering digunakan untuk menghitung WQI adalah NSF-WQI yang terdiri dari beberapa tahap yaitu:

1. Menentukan parameter yang akan diukur untuk mengevaluasi kualitas air, seperti DO, pH, BOD, COD, TDS, dan lain-lain.
2. Menentukan bobot atau pemberian nilai penting untuk setiap parameter. Bobot ini menunjukkan tingkat pentingnya masing-masing parameter dalam mempengaruhi kualitas air.
3. Mengukur nilai dari setiap parameter di lapangan dan mengkonversinya ke dalam bentuk dimensi standar.

4. Menentukan nilai indeks untuk setiap parameter dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan, seperti rumus penghitungan indeks DO yang dijelaskan sebelumnya.
5. Menentukan nilai sub-indeks untuk setiap kelompok parameter. Sub-indeks ini merupakan rata-rata dari nilai indeks dari parameter-parameter yang termasuk ke dalam kelompok tersebut.
6. Menghitung nilai WQI dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan berdasarkan sub-indeks dari seluruh kelompok parameter.

Secara umum, rumus untuk menghitung WQI dapat dituliskan sebagai berikut:

$$WQI = \sum (w_i \times S_i)$$

di mana WQI adalah nilai indeks kualitas air yang diinginkan, w_i adalah bobot atau pemberian nilai penting untuk setiap parameter, dan S_i adalah nilai indeks yang dihitung untuk setiap parameter.

Penentuan bobot atau pemberian nilai penting untuk setiap parameter dalam WQI dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang berbeda, seperti karakteristik wilayah yang diteliti, sumber pencemaran yang ada, dan kepentingan kesehatan dan lingkungan. Secara umum, ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan bobot pada parameter-parameter yang diukur dalam WQI, yaitu:

1. *Expert judgment*, para ahli dan pakar lingkungan dapat memberikan penilaian subjektif terhadap tingkat pentingnya setiap parameter dalam mempengaruhi kualitas air. Penilaian tersebut kemudian dijadikan dasar untuk menentukan bobot atau pemberian nilai penting untuk setiap parameter.
2. Regresi statistik, dalam metode ini, dilakukan analisis regresi antara data kualitas air dengan data biota atau lingkungan yang terkait. Regresi tersebut kemudian digunakan untuk menentukan bobot atau pemberian nilai penting untuk setiap parameter.
3. AHP, metode ini dilakukan dengan meminta masukan dari berbagai pemangku kepentingan (*stakeholder*) yang terkait, seperti masyarakat, pemerintah, dan industri. Stakeholder memberikan penilaian terhadap tingkat

pentingnya setiap parameter dan kriteria yang berkaitan. Penilaian tersebut kemudian diolah dengan menggunakan AHP untuk menentukan bobot atau pemberian nilai penting untuk setiap parameter.

Dalam prakteknya, penentuan bobot atau pemberian nilai penting untuk setiap parameter dapat dilakukan dengan memadukan metode-metode di atas atau menggunakan metode lain yang dianggap paling tepat. Pada umumnya, bobot yang digunakan dalam WQI bervariasi tergantung pada karakteristik wilayah dan tujuan evaluasi kualitas air yang dilakukan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini sudah dilaksanakan pada bulan April 2023 sampai dengan Agustus 2023 di PT Citra Larva Cemerlang, Kalianda, Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian.

3.2 Persiapan Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel terbagi menjadi 5 lokasi dengan interval pengambilan sampel 2 kali setiap bulan, dilakukan selama 5 bulan. Lokasi pengambilan sampel yang pertama adalah pada saat pasang dan diberi kode ALP, menggunakan aplikasi fishing point untuk menentukan pasang dan surut air laut. Aplikasi fishing point berkaitan dengan pasang surut air laut seperti prediksi pasang surut, grafik pasang surut, dan data historis. Sebelum menggunakan aplikasi, terlebih dahulu mendownload aplikasi pada *app store* atau *play store*. Lalu, tentukan Lokasi yang akan diamati pasang dan surut air lautnya. Akan terlihat waktu saat pasang dan saat surut.

Tempat kedua berada di kolam yang telah melalui proses penyaringan terlebih dahulu dan diberi kode K1. Tempat selanjutnya adalah di kolam pengolahan yang telah melalui proses netralisasi dan aerasi dan diberi kode K2. Kolam terakhir adalah tambak benih udang dan diberi kode K3. Kemudian kembali ke laut saat air surut dan diberi kode ALS. Semua sampel ditempatkan dalam pendingin untuk analisis lebih lanjut di Laboratorium Terpadu dan Pusat Inovasi Teknologi Universitas Lampung. Analisis *in situ* untuk parameter pH, suhu, salinitas, dan DO dilakukan saat pengambilan sampel.

3.3 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk analisis parameter *in situ* meliputi: pH meter HANNA HI 98107 (Romania, Eropa), termometer (Alla France Termometer, Cat. 5150T110-qp), rekraktometer (Refractometer 0-100% Salinity Meter With ATC), dan DO-Meter (DO-Meter 5509, Lutron). Sedangkan alat yang digunakan untuk analisis parameter logam berat (Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu) menggunakan *Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) 715ES metode EPA 2007 Revisi 5, kekeruhan (Milwaukee MI415 PRO Portable Turbidity

Meter), dan total suspensi solid (Millipore-Kit, Sigma-Aldrich) dilakukan di laboratorium.

Pengukuran kadar nitrat, fosfat dan amonia menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dilakukan sesuai metode Standar Nasional Indonesia (SNI). Koordinat pada setiap lokasi pengambilan sampel diukur dengan GPS MAP 78s (Garmin). Wadah yang digunakan untuk penyimpanan sampel adalah botol sampel plastik berukuran 1 liter untuk semua parameter kecuali parameter oksigen terlarut menggunakan botol kaca berukuran 500 ml. Peralatan gelas dan alat lain yang digunakan meliputi: gelas ukur, labu ukur, erlenmeyer, corong, pipet ukur, bola hisap, pipet volume, labu semprot, dan *analytical balance*.

Bahan yang digunakan yaitu: buffer pH 4, buffer pH 7, nutrient BOD, H₂SO₄ p.a, brucine sulfanilacid, indikator PP, H₂SO₄ 5N, kalium antimonil tartat, ammonium molibdat, asam askorbat, fenol, sodium nitroprusida 0,5 %, larutan pengoksidasi, kertas saring whatman no.41, kertas saring milipore, HNO₃ 1:1.

3.4 Metode Sampling

Pengambilan sampel dilakukan sesuai SNI 6964.8:2015. Sampel air diambil dari tempat pengelolaan air di PT Citra Larva Cemerlang yang memiliki 4 kolam pengelolaan air baku dan sumber air pesisir pantai, titik lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 2. Pengambilan sampel di masing-masing kolam dilakukan sebanyak 2 kali setiap bulan selama 5 bulan. Sampel ditempatkan pada botol sampel plastik berukuran 1 liter yang bersih dan botol dibilas dengan air yang akan diambil sebelum di isi sampel sampai penuh. Untuk sampel yang digunakan untuk pengujian logam total, sampel diawetkan dengan larutan HNO₃ 1:1 sebanyak 1 ml per 1 liter sampel, kemudian semua sampel disimpan di dalam kotak pendingin dan disimpan di lemari pendingin.

Tabel 2. Titik lokasi pengambilan sampel

Titik	Kode	Keterangan	Lintang	Bujur
1	ALS	Air Laut Surut (Way Urang)	S = 05° 70' 777"	E = 105° 56' 364"
2	K.1	Kolam Penampungan Air Laut	S = 05° 70' 743"	E = 105° 56' 434"
3	K.2	Kolam Pengolahan Air Laut	S = 05° 70' 744"	E = 105° 56' 439"
4	K.3	Kolam Benih Udang	S = 05° 70' 760"	E = 105° 56' 486"
5	ALP	Air Laut Pasang (Way Urang)	S = 05° 70' 775"	E = 105° 56' 358"

3.5 Analisis *in situ* di PT Citra Larva Cemerlang

Parameter yang diukur adalah pH, suhu, salinitas, dan oksigen terlarut. Setiap parameter menggunakan metode standar yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI). Berikut penjelasan dari masing-masing parameter yang diukur di tempat pengambilan sampel:

3.5.1 pH

Pengukuran pH air berdasarkan SNI 6989.11:2019 dengan menggunakan elektroda pH meter. Pengukuran pH dilakukan dengan mengkalibrasi elektroda pH meter menggunakan buffer standar pH 4 dan pH 7, lalu pH sampel diukur selama beberapa menit sampai pH meter menunjukkan nilai yang stabil. Pembacaan nilai pH pada pH meter diulangi dengan pengulangan sebanyak 3 kali pengukuran untuk memastikan keakuratan pengukuran pH.

3.5.2 Suhu

Metode pengukuran suhu air berdasarkan SNI 6989.23:2005 yang umum digunakan adalah dengan menggunakan termometer alkohol. Pengukuran suhu air dengan termometer alkohol dengan menyiapkan termometer dan bejana yang telah berisi sampel air, lalu termometer dimasukkan ke dalam air tersebut. Termometer dibiarkan selama beberapa menit untuk memastikan suhu air stabil, kemudian

baca suhu yang tertera pada termometer. Pengukuran dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali untuk memastikan keakuratan hasil pengukuran.

3.5.3 Salinitas

Pengukuran salinitas air dilakukan sesuai SNI 7644:2010 dengan cara menyiapkan alat refraktometer. Sebelum digunakan, lensa refraktometer dibersihkan dengan kertas tisu yang bersih dan kering, lalu sampel air yang akan diukur diteteskan pada lensa refraktometer. Selanjutnya, membaca skala pada refraktometer yang menunjukkan tingkat salinitas air. Nilai salinitas yang terbaca pada refraktometer dapat dinyatakan dalam bentuk persen (%) atau *Practical Salinity Unit* (PSU). Pengukuran diulangi dengan pengulangan sebanyak 3 kali untuk memastikan keakuratan pengukuran salinitas.

3.5.4 Dissolved Oxygen (DO)/Oksigen Terlarut

Pengukuran DO dilakukan sesuai SNI 06-2425-1991 dengan menggunakan DO meter, sebelum digunakan DO meter dikalibrasi, setelah dikalibrasi, elektroda dicelupkan ke dalam sampel air dan dipastikan bahwa elektroda sepenuhnya terendam dalam air, kemudian DO meter dibiarkan selama beberapa detik hingga nilai DO terstabilisasi. Pengukuran diulangi dengan pengulangan sebanyak 3 kali untuk memastikan keakuratan pengukuran DO.

3.6 Analisis di Laboratorium

Parameter yang diukur di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung (LTSIT) adalah: kekeruhan, *total suspended solid* (TSS), amonia, fosfat, nitrat, BOD, dan logam berat (Cr, Cd, Cu, Pb, Zn, Ni). Berikut ini penjelasan mengenai cara pengukuran setiap parameter:

3.6.1 Kekeruhan/*Turbidity*

Standar metode pengujian untuk mengukur kekeruhan pada air adalah SNI 7644:2010. Pengukuran dilakukan dengan mengkalibrasi turbidimeter menggunakan standar *turbidity*, kemudian menyiapkan sampel air dengan mengambil sejumlah air dan ditempatkan dalam wadah pengukur, selanjutnya dilakukan pencatatan nilai *turbidity* dari alat turbidimeter. Pengukuran dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali untuk memastikan keakuratan pengukuran.

3.6.2 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Metode yang digunakan untuk mengukur *Biological Oxygen Demand (BOD)* adalah metode BOD Trak II. Sampel air yang akan diuji ditempatkan di dalam botol BOD yang telah steril, kemudian Suhu inkubator diatur pada Suhu 20 °C, setelah itu ditambahkan satu ampul nutrien ke dalam botol BOD, lalu botol BOD tersebut dibiarkan dalam inkubator selama 5 hari. Pengaturan program pada display alat BOD Trak disesuaikan dengan perkiraan kadar BOD dalam sampel. Setelah 5 hari, nilai BOD yang tertera pada display BOD Trak dicatat.

3.6.3 Nitrat

Metode pengujian nitrat dalam air minum dan air limbah sesuai SNI 6989.79 tahun 2011 yang telah dimodifikasi, alat yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis. Sampel air diambil sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 10 ml asam sulfat pekat dan 0,5 ml reagen brucine sulfanilacid ke dalam sampel, setelah itu didiamkan selama 30 menit. Pengukuran absorbansi dilakukan setelah 30 menit, absorbansi campuran diukur pada panjang gelombang 410 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil pembacaan absorbansi akan menunjukkan konsentrasi nitrat dalam sampel dengan membandingkan dengan kurva kalibrasi larutan standar.

3.6.4 Fosfat

Metode pengujian fosfat diatur dalam SNI 06.6989.31-2005. Sampel air diambil sebanyak 50 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Ditambahkan 1 tetes indikator PP, bila terlihat warna merah muda, ditambahkan asam sulfat 5N sampai warna merah mudanya menghilang. Kemudian ditambahkan 8 ml larutan campuran (50 ml asam sulfat 5N, 5 ml Kalium antimonil tartat, 15 ml Ammonium Molibdat, 30 ml asam askorbat), campuran tersebut dihomogenkan selama beberapa saat dan diamkan selama 10 - 30 menit. Pengukuran absorbansi dilakukan setelah 10 - 30 menit, Pengukuran absorbansi campuran pada panjang gelombang 880 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil pembacaan absorbansi akan menunjukkan konsentrasi fosfat dalam sampel dengan membandingkan dengan kurva kalibrasi larutan standar.

3.6.5 Amonia

Pengukuran kadar amonia dalam air sesuai SNI 06-6989.30-2005 dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sampel air diambil sebanyak 25 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambahkan 1 mL larutan fenol, 1 ml Sodium Nitroprusida 0,5 %, dan 2,5 ml larutan pengoksidasi ke dalam erlenmeyer. Dihomogenkan selama 10 detik, kemudian didiamkan selama 1 jam untuk memberikan waktu pada pembentukan kompleks fenol dan ion amonium. Setelah 1 jam, absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 640 nm. Hasil pembacaan absorbansi akan menunjukkan konsentrasi fosfat dalam sampel dengan membandingkan dengan kurva kalibrasi larutan standar.

3.6.6 Logam Berat

Standar yang digunakan untuk pengukuran logam berat adalah EPA 2007 Revisi 5, dengan menggunakan alat *Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry (ICP - OES)*. Logam yang akan diukur adalah timbal (Pb), kromium

(Cr), kadmium (Cd), tembaga (Cu), seng (Zn), dan Ni (Ni). Sampel yang akan diuji dan ditambahkan reagen untuk menstabilkan atau menetralkan pH sampel. Sampel air disaring dengan Whatman No. 41 kemudian filtratnya dipipet sebanyak ± 20 ml, kemudian filtrat ditambahkan HNO_3 (1:1). Campuran tersebut kemudian dihomogenkan. Sampel siap untuk dianalisis menggunakan instrumen ICP-OES. Hasil pembacaan absorbansi akan menunjukkan konsentrasi logam berat dalam sampel dengan membandingkan dengan kurva kalibrasi larutan standar.

3.7 Analisis Data

Tahapan yang dilakukan dalam menganalisis data kualitas air tambak udang adalah dengan menentukan faktor-faktor utama yang mempengaruhi kualitas air tambak benih udang, seperti pH, BOD, DO, TSS, suhu, turbiditas, salinitas, NO_3 , PO_4 , NH_3 , Cd, Cu, Cr, Pb, Zn, dan Ni. Kemudian, menyebarkan kuisisioner untuk mencari prioritas atau tingkat kepentingan masing-masing parameter. Penjelasan skala tingkat kepentingan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penjelasan skala tingkat kepentingan

Nilai	Deskripsi
1	Kedua parameter sama pentingnya
3	Parameter yang satu sedikit lebih penting daripada parameter yang lainnya
5	Parameter yang satu lebih penting daripada parameter yang lainnya
7	Parameter yang satu mutlak penting daripada parameter yang lainnya
9	Parameter yang satu sangat penting daripada parameter yang lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan

Kuisisioner diberikan kepada beberapa narasumber yang kompeten dengan kriteria memiliki keahlian, pengalaman, menaruh perhatian dan tertarik pada bidang pengelolaan kualitas air tambak benih udang. Daftar narasumber dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4. Data yang diperoleh dari hasil kuisisioner akan dianalisis dengan software Minitab.

Hasil dari analisis dengan menggunakan software Minitab, digunakan untuk membuat matriks persegi dengan ukuran sebanyak parameter yang dibandingkan seperti yang terlihat pada Tabel 5. Setelah itu, mengisi diagonal utama matriks dengan angka 1, karena setiap parameter pasti memiliki perbandingan yang sama terhadap dirinya sendiri. Penentuan nilai perbandingan relatif antara setiap pasang parameter diperoleh dari hasil analisis kuisisioner yang menggunakan skala penilaian dari 1 sampai 9 untuk menentukan perbandingan tersebut. Kemudian, bagian bawah diagonal utama matriks diisi dengan nilai kebalikan dari perbandingan tersebut.

Tabel 4. Daftar narasumber

No	Kategori	Instansi	Jumlah
1	Akademisi	1 Dosen Jurusan Perikanan dan Kelautan Universitas Lampung	3
		2 Dosen Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Lampung	2
2	Pemerintahan	1 Kepala Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung	1
		2 Kepala Bidang Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung	1
3	Industri	1 Manajer produksi PT Citra Larva Cemerlang	1
		2 Manajer mutu PT Citra Larva Cemerlang	1
		3 Kepala Laboratorium PT Citra Larva Cemerlang	1

Selanjutnya konsistensi matriks diperiksa dengan menggunakan metode *Consistency Ratio* (CR). Menghitung *Consistency Ratio* (CR) dengan menggunakan rumus:

$$CR = CI / RI \quad (1)$$

dimana:

Random Index (RI) dengan menggunakan Tabel standar

$$\text{nilai CI} = (\lambda - n) / (n - 1) \quad (2)$$

dimana: *eigenvalue* utama (λ) dihitung dari matriks perbandingan berpasangan menggunakan software Minitab dan nilai n adalah jumlah parameter atau faktor yang dibandingkan.

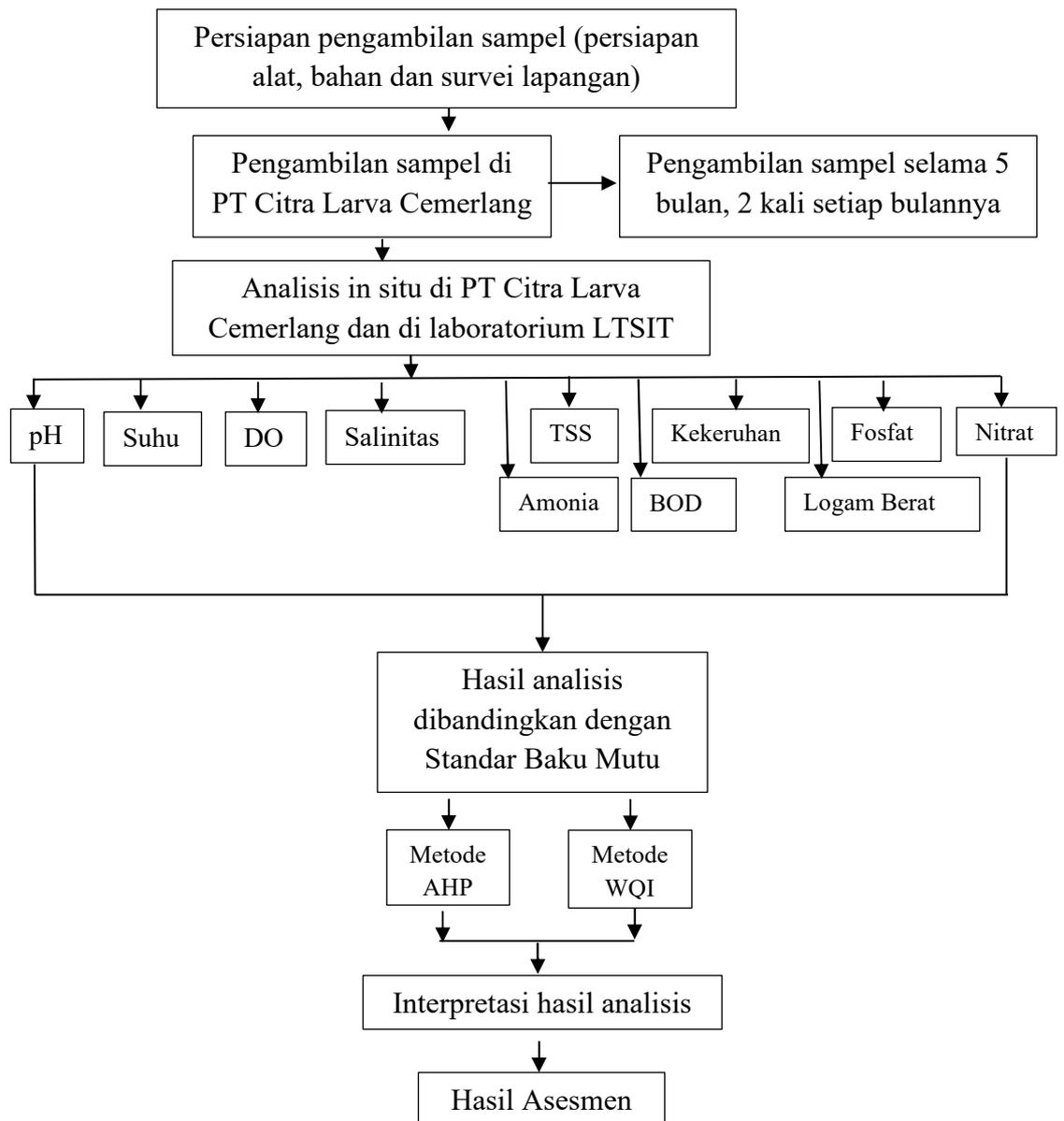
Tabel 5. Contoh parameter yang akan ditentukan matriks perbandingan berpasangannya

	pH	BOD	DO	TSS	TEMP	TBD	SAL	NO ₃	PO ₄	NH ₃	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Ni
pH																
BOD																
DO																
TSS																
TEMP																
TBD																
SAL																
NO ₃																
PO ₄																
NH ₃																
Cd																
Cr																
Cu																
Pb																
Zn																
Ni																

Penentuan bobot relatif setiap parameter pada metode WQI, dilakukan dengan metode AHP dengan pengisian kuisioner oleh para ahli yang kompeten dalam bidang pengelolaan lingkungan atau kualitas air. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index* (CCME WQI). CCME WQI adalah metode yang efektif untuk menilai kualitas air dengan memasukkan berbagai parameter, termasuk logam berat. Cara perhitungan CCME WQI melibatkan tiga faktor utama yang masing-masing mengukur aspek berbeda dari kualitas air, yaitu: F1 (*Scope*) untuk mengukur persentase parameter yang melanggar standar kualitas air, F2 (*Frequency*) untuk mengukur persentase sampel yang melanggar standar kualitas air, dan F3 (*Amplitude*) untuk mengukur sejauh mana parameter melanggar standar kualitas air. Nilai WQI yang diperoleh diinterpretasikan dengan cara membandingkan nilai WQI dengan klasifikasi indeks kualitas air pada Tabel 6. Semakin tinggi nilai WQI, semakin buruk kualitas air. Nilai WQI yang rendah menunjukkan kualitas air yang baik. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4, untuk memudahkan dalam memahami setiap proses pada penelitian ini.

Tabel 6. Index CCME WQI (Lumb *et al.*, 2011)

Index	Status Mutu
95-100	baik sekali
80-94	baik
65-79	cukup
45-65	kurang
0-44	buruk



Gambar 4. Diagram alir penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Penurunan produksi benih udang di tambak disebabkan oleh kualitas air yang kurang baik. Berdasarkan hasil penelitian, beberapa parameter air yang berada di luar baku mutu adalah logam Cr, Cd, Pb, Zn, dan Ni melebihi baku mutu, kecuali Cu. BOD yang berkisar antara 0,77 - 4,68 mg/L, menunjukkan kebutuhan oksigen yang tinggi. Amonia yang berkisar antara 0 - 0,8 mg/L, dengan beberapa titik mencapai konsentrasi tinggi yang berbahaya bagi udang. Kondisi ini berdampak negatif pada kesehatan dan produktivitas benih udang.

Penilaian kualitas air dengan metode AHP dan WQI untuk mengelompokkan dan mengevaluasi parameter kualitas air terbagi menjadi beberapa kelompok. Kelompok kriteria utama yang paling berpengaruh adalah pH (bobot 0,21), BOD (bobot 0,18), dan DO (bobot 0,13). Parameter ini sangat penting dalam menentukan kesehatan ekosistem tambak. Kelompok kriteria kedua adalah TSS (bobot 0,11), suhu (bobot 0,10), kekeruhan (bobot 0,07), dan salinitas (bobot 0,06). Kelompok kriteria ketiga adalah nitrat, fosfat, amonia, dan logam berat (masing-masing bobot 0,02).

Hasil indeks CCME WQI menunjukkan bahwa kualitas air tergolong kurang baik, sehingga memerlukan perbaikan segera. Rekomendasi perbaikan kualitas air dengan cara meningkatkan aerasi untuk menambah oksigen terlarut, mengurangi pencemaran eksternal, terutama dari limbah yang masuk ke tambak. Melakukan pemantauan rutin terhadap parameter kualitas air untuk menjaga keseimbangan ekosistem.

Penelitian ini memberikan gambaran menyeluruh tentang kualitas air di tambak dan penyebab utama menurunnya produksi udang, sekaligus menawarkan langkah-langkah strategis untuk perbaikan kualitas air dan peningkatan produktivitas.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan dengan cepat untuk memperbaiki kualitas air tambak udang, yaitu:

1. Pemantauan *real-time* dengan pemasangan sensor untuk memantau parameter penting seperti pH, DO, suhu, dan kekeruhan. Sistem ini memberikan peringatan dini jika parameter keluar dari batas aman, memungkinkan tindakan cepat.
2. Penambahan penggunaan aerator, terutama pada malam hari atau saat suhu tinggi. Aerasi tambahan meningkatkan oksigen terlarut yang sangat penting bagi kesehatan udang.
3. Pengangkatan lumpur dari dasar tambak untuk mencegah akumulasi bahan organik yang dapat meningkatkan amonia dan menyebabkan kekeruhan.
4. Penggantian air sebagian secara rutin jika kadar amonia atau nitrat tinggi, adalah solusi cepat untuk menurunkan konsentrasi bahan kimia berbahaya.
5. Penggunaan probiotik untuk membantu mengurangi bahan organik berlebihan dan menyeimbangkan mikroflora tambak. Probiotik dapat memperbaiki kualitas air secara efektif dalam waktu singkat.

Dengan menjalankan langkah-langkah ini, kondisi kualitas air tambak dapat diperbaiki dengan cepat dan mendukung pertumbuhan benih udang yang sehat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, J. A., and Lamata, M. T. 2006. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, 14(04), 445-459.
- Ambarwulan, W., Setiawan, Y., Purwanto, M. Y. J., and Effendi, H. 2015. Land use planning for brackish water shrimp ponds in the North Coast of Tuban, Indonesia. *The Indonesian Journal of Geography*, 47(2), 194.
- Ariadi, H., Wafi, A., Musa, M., dan Supriatna, S. 2021. Keterkaitan Hubungan Parameter Kualitas Air Pada Budidaya Intensif Udang Putih (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 12(1), 18-28.
- Arsad, S., Afandy, A., Purwadhi, A. P., Saputra, D. K., and Buwono, N. R. 2017. Studi Kegiatan Budidaya Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan Penerapan Sistem Pemeliharaan Berbeda [Study of Vaname Shrimp Culture (*Litopenaeus vannamei*) in Different Rearing System]. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 9(1), 1-14.
- Asami, H., Golabi, M., and Albaji, M. 2021. Simulation of the biochemical and chemical oxygen demand and total suspended solids in wastewater treatment plants: data-mining approach. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126533.
- Aziz, N., Misiran, M., Yin, T. S., Yee, T. H., Hui, N. J., Pei, L. Y., Ruddin, A. S. 2018. The effect of climate change to the farm shrimp growth and production: An empirical analysis. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.1), 138-141.
- Baird, R., Eaton, A. D., and Rice, E. W. 2017. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association.

- Bijang, C. M., Tehubijuluw, H., and Kaihatu, T. G. 2018. Biosorpsi Ion Logam Kadmium (Cd^{2+}) Pada Biosorben Rumpuk Laut Coklat (*Padina australis*) Asal Pantai Liti Pulau Kisar. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(1), 51-58.
- BPBAP. 2021. *Budidaya Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) di Tambak Milenial - Millennial Shrimp Farming (MSF)*. Situbondo: Balai Perikanan Budidaya Air Payau. <https://kkp.go.id/djpb/bpbapsitubondo/artikel/34255-budidaya-udang-vaname-di-tambak-milenial-millennial-shrimp-farming-msf>. Diakses pada tanggal 3 April 2022.
- Budidaya, D. J. P. 2020. KKP Akan Bangun Percontohan Kawasan Tambak Udang Berkelanjutan Di Perhutanan Sosial Lampung Selatan. In.: KKP. <https://kkp.go.id/djpb/artikel/19950-kkp-akan-bangun-percontohan-kawasan-tambak-udang-berkelanjutan-di-perhutanan-sosial-lampung-selatan>. Diakses pada 15 Maret 2022.
- Dasanto, B. D., Sulistiyanti, S., Anria, A., dan Boer, R. 2020. DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KENAIKAN MUKA AIR LAUT DI WILAYAH PESISIR PANGANDARAN. *RISALAH KEBIJAKAN PERTANIAN DAN LINGKUNGAN Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian Dan Lingkungan*, 7(2), 82-94.
- Fahlevi, M. 2021. Keragaman Udang Di Wilayah Sungai Pasang Surut. *BIOMA: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 3(2), 1-12.
- Hasan, M. M., Ahmed, M. S., Adnan, R., and Shafiquzzaman, M. 2020. Water quality indices to assess the spatiotemporal variations of Dhaleshwari river in central Bangladesh. *Environmental and Sustainability Indicators*, 8, 100068.
- Hendrajat, E. A., & Sahrijanna, A. 2018. Dominant water quality variables affecting plankton abundance in traditional brackish water ponds of tiger shrimp (*Penaeus monodon* Fabr.) in Pasuruan Regency, East Java Province. *Omni-Akuatika*, 14(1), 77-86.
- Igwegbe, C. A., Onukwuli, O. D., and Onyechi, P. C. 2019. Optimal route for turbidity removal from aquaculture wastewater by electrocoagulation-flocculation process. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15(1), 99-108.

- Jarir, D. V., Anton, A., Anton, S. W., Yunarti, Y., Fatmah, F., Jayadi, J., and Usman, H. 2020. Strategi Pengelolaan Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Terhadap Sebaran Penyakit Parasiter Di Kecamatan Tanete Riattang Timur. *JOURNAL OF INDONESIAN TROPICAL FISHERIES (JOINT-FISH): Jurnal Akuakultur, Teknologi Dan Manajemen Perikanan Tangkap, Ilmu Kelautan*, 3(1), 28-39.
- Jayanthi, M., Thirumurthy, S., Samynathan, M., Manimaran, K., Duraisamy, M., and Muralidhar, M. 2020. Assessment of land and water ecosystems capability to support aquaculture expansion in climate-vulnerable regions using analytical hierarchy process based geospatial analysis. *Journal of Environmental Management*, 270, 110952.
- Jha, M. K., Shekhar, A., and Jenifer, M. A. 2020. Assessing groundwater quality for drinking water supply using hybrid fuzzy-GIS-based water quality index. *Water research*, 179, 115867.
- KKP. 2021. Data Ekspor-Import. In.: Kementerian Kelautan dan Perikanan <https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=eksim&i=211>. Diakses pada 9 Maret 2022.
- Lampung, P. P. 2022. Lampung Miliki Potensi Budidaya Ikan Terbesar. Provinsi Lampung: Dinas Kominfo Provinsi Lampung. <https://lampungprov.go.id/detail-post/lampung-miliki-potensi-budidaya-ikan-terbesar>. Diakses pada tanggal 5 April 2022.
- Lumb, A., Sharma, T., Bibeault, J.-F., & Klawunn, P. 2011. A comparative study of USA and Canadian water quality index models. *Water Quality, Exposure and Health*, 3, 203-216.
- Male, Y. T., Malle, D., Bijang, C. M., Fransina, E. G., Seumahu, C. A., Dolaitery, L. M., Gaspersz, N. 2017. Analisis Kadar Logam Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Sedimen Di Teluk Ambon Bagian Dalam. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 5(1), 22-31.
- Mardani, N. P. S., Restu, I. W., dan Sari, A. H. W. 2018. Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada badan air dan ikan di perairan Teluk Benoa, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1), 106-113.

- Milasari, F., Hidayat, D., Rinawati, R., Supriyanto, R., dan Kiswando, A. A. 2020. Kajian Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kromium (Cr) Pada Sedimen Di Sekitar Perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 5(1), 92-100.
- Mishra, A. P., Singh, S., Jani, M., Singh, K. A., Pande, C. B., and Varade, A. M. 2022. Assessment of water quality index using Analytic Hierarchy Process (AHP) and GIS: a case study of a struggling Asan River. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-13.
- Murwono, S. A. 2021, 19 Juni 2021. Morfologi Udang Vannamei, Udang putih. Retrieved from https://www.kompasiana.com/setyagimurwono9456/60ccda55bb448613ea00f1e2/morfologi-udang-vannamei-udang-putih?page=2&page_images=1
- Nuntung, S., Idris, A. P. S., dan Wahidah, W. 2018. *Teknik Pemeliharaan Larva Udang Vaname (Litopenaeus vannamei Bonne) Di PT Central Pertiwi Bahari Rembang, Jawa Tengah*. Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
- Nurrohman, A. W., Widyastuti, M., and Suprayogi, S. 2019. Evaluasi kualitas air menggunakan indeks pencemaran di DAS Cimanuk, Indonesia. *Ecotrophic*, 13(1), 74-84.
- Omer, N. H. (2019). Water quality parameters. *Water quality-science, assessments and policy*, 18, 1-34.
- Pasongli, H., & Dirawan, G. D. 2015. Zonasi Kesesuaian Tambak Untuk Pengembangan Budidaya Udang Vaname (Penaeus Vannamei) Pada Aspek Kualitas Air Di Desa Todowongi Kecamatan Jailolo Kabupaten Halmahera Barat. *Jurnal Bioedukasi*, 3(2).
- Pawar, A. P., Sanaye, S. V., Shyama, S., Sreepada, R. A., and Dake, A. S. 2020. Effects of salinity and temperature on the acute toxicity of the pesticides, dimethoate and chlorpyrifos in post-larvae and juveniles of the whiteleg shrimp. *Aquaculture Reports*, 16, 100240.

- Ponce-Palafox, J. T., Pavia, Á. A., López, D. G. M., Arredondo-Figueroa, J. L., Lango-Reynoso, F., del Refugio Castañeda-Chávez, M., Castillo-Vargasmachuca, S. G. 2019. Response surface analysis of temperature-salinity interaction effects on water quality, growth and survival of shrimp *Penaeus vannamei* postlarvae raised in biofloc intensive nursery production. *Aquaculture*, 503, 312-321.
- Putri, T., Supono, S., dan Putri, B. 2020. Pengaruh jenis pakan buatan dan alami terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 8(2), 176-192.
- Rakhmanda, A., Pribadi, A., Parjiyo, P., and Wibisono, B. I. G. 2021. Production performance of white shrimp *Litopenaeus vannamei* with super-intensive culture on different rearing densities. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 20(1), 56-64.
- Ratnaningsih, D., Lestari, R. P., Nazir, E., Pitalokasari, O. D., dan Fauzi, R. 2018. Pengembangan Indeks Kualitas Air Sebagai Alternatif Penilaian Kualitas Air Sungai. *Ecolab*, 12(2), 53-61.
- Saha, P., and Paul, B. 2021. Identification of potential strategic sites for city planning based on water quality through GIS-AHP-integrated model. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 23073-23086.
- Sari, E. K., dan Wijaya, O. E. 2019. Penentuan status mutu air dengan metode indeks pencemaran dan strategi pengendalian pencemaran sungai ogan kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 486-491.
- Siregar, A., Romdoni, T., and Prayogo, N. 2019. *Water Quality Monitoring Using Wqi Method In Cemara Sewu Shrimp Farm Jetis Cilacap Regency*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Suriawan, A., Efendi, S., Asmoro, S., dan Wiyana, J. 2019. Sistem budidaya udang vaname *Litopenaeus vannamei* pada tambak hdpe dengan sumber air bawah tanah salinitas tinggi di kabupaten Pasuruan. *Jurnal Perencanaan Budidaya Air Payau dan Laut*, 14, 6-14.

- Uddin, M. G., Nash, S., and Olbert, A. 2021. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 122, 1470-1160. doi:10.1016/j.ecolind.2020.107218
- Wei, J., Zhang, X., Yu, Y., Huang, H., Li, F., and Xiang, J. 2014. Comparative Transcriptomic Characterization of the Early Development in Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *PloS one*, 9, e106201. doi:10.1371/journal.pone.0106201
- Saaty, Thomas L. 1984. 'The analytic hierarchy process: Decision making in complex environments.' in, *Quantitative assessment in arms control: mathematical modeling and simulation in the analysis of arms control problems* (Springer).
- Wyban, J. 2019. Selective breeding of *Penaeus vannamei*: impact on world aquaculture and lessons for future. *Journal of Coastal Research*, 86(SI), 1-5.
- Yunandar, Y., Effendi, H., Widiatmaka, W., and Setiawan, Y. 2021. The implementation of analytical hierarchy process method for determining livestock Alabio duck development strategy in Rawa Hulu Sungai Utara. *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, 5(1), 105-120.
- Yunarty, Y., Kurniaji, A., Budiayati, B., Renitasari, D. P., dan Resa, M. 2022. Karakteristik kualitas air dan performa pertumbuhan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pola intensif. *PENA Akuatika: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 21(1), 75-88.