

**KARAKTERISTIK MORFOLOGI DAN UJI AKTIVITAS BAKTERI
TERMOFILIK YANG TERDAPAT DI KAWASAN WISATA
IE SEUUM KECAMATAN MESJID RAYA SEBAGAI
PENUNJANG PRAKTIKUM MIKROBIOLOGI**

SKRIPSI

Diajukan Oleh :

DESSRI WAHYUNI

NIM. 281 223 096

**Mahasiswi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Biologi**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM-BANDA ACEH
2017 M/ 1438 H**

**KARAKTERISTIK MORFOLOGI DAN UJI AKTIVITAS BAKTERI
TERMOFILIK YANG TERDAPAT DI KAWASAN WISATA
IE SEUUM KECAMATAN MESJID RAYA SEBAGAI
PENUNJANG PRAKTIKUM MIKROBIOLOGI**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK)
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh
Sebagai Beban Studi untuk Memperoleh Gelar Sarjana
dalam Ilmu Pendidikan Islam

Oleh

DESSRI WAHYUNI

NIM. 281223096

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Prodi Pendidikan Biologi

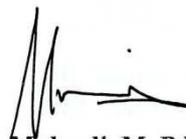
Disetujui Oleh:

Pembimbing I,



Zuraidah, M. Si.
NIP. 197701042006042002

Pembimbing II,



Mulyadi, M. Pd.
NIP. 198212222009041008

**KARAKTERISTIK MORFOLOGI DAN UJI AKTIVITAS BAKTERI
TERMOFILIK YANG TERDAPAT DI KAWASAN WISATA
IE SEUUM KECAMATAN MESJID RAYA SEBAGAI
PENUNJANG PRAKTIKUM MIKROBIOLOGI**

SKRIPSI

**Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
serta Diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Pendidikan Islam**

Pada Hari/Tanggal: Jum'at, 04 Agustus 2017 M
11 Dzulqaidah 1438 H

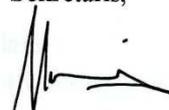
Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



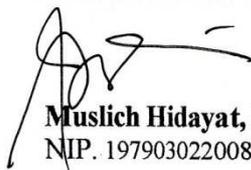
Zuraidah, M. Si
NIP. 197704012006042002

Sekretaris,



Mulyadi, M.Pd
NIP. 198212222009041008

Penguji I,



Muslich Hidayat, M. Si
NIP. 197903022008011008

Penguji II,



Dr. Mudatsir, M. Si
NIP. 196703251992031002

Mengetahui,

↳ Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry 
Darussalam, Banda Aceh




Dr. Mujiburrahman, M.Ag
NIP. 197109082001121001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : **Dessri Wahyuni**
Nim : 281 223 096
Prodi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Fakultas Tarbiyah dan keguruan
Judul Skripsi : **Karakteristik Morfologi dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik yang Terdapat Di Kawasan Wisata Ie Seuum Kecamatan Masjid Raya Sebagai Penunjang Praktikum Mikrobiologi**

Dengan ini menyatakan bahwa di dalam skripsi ini, saya :

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN ar-Raniry. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Banda Aceh, 17 Juli 2017

Pembuat Pernyataan


Dessri Wahyuni
281 223 096

ABSTRAK

Bakteri termofilik merupakan kelompok mikroorganisme yang tumbuh pada kisaran suhu antara 45°C sampai 80°C. Kawasan wisata Ie Seuum, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar merupakan salah satu sumber air panas di Aceh. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati karakteristik morfologi koloni bakteri dan uji aktivitas dalam menghasilkan enzim amilase dari bakteri termofilik yang terdapat di Ie Seuum. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif untuk karakteristiknya dan kuantitatif untuk ukuran zona beningnya. Hasil penelitian bakteri termofilik di kawasan wisata Ie Seuum ditemukan 4 isolat bakteri termofilik yaitu dengan kode nama K_a , K_b , K_c dan K_d . Karakteristiknya meliputi bentuk koloni bakteri ada yang berbentuk tidak beraturan (*irregular*), berbenang-benang dan bundar (*circular*). Tepi koloni ada yang berlekuk, bercabang serta licin. Elevasi koloni hanya ada 2 variasi yaitu datar dan timbul, begitu juga dengan permukaan koloni ada kasar dan ada yang halus mengkilap. Segi warna bakteri termofilik memiliki warna krem, krem kekuning-kuningan dan kuning bening. Dari keempat isolat tersebut 2 isolat yang mampu menghasilkan enzim amilase dan membentuk zona bening yaitu isolat K_b dan K_c . Zona bening K_b dengan rata-rata 11,5 mm dan zona bening K_c dengan rata-rata 9,5 mm pada suhu inkubasi 50°C selama 48 jam. Bentuk hasil penelitian tentang karakteristik morfologi dan uji aktivitas bakteri termofilik sebagai penunjang praktikum mikrobiologi berupa modul praktikum, buku saku dan bank isolat.

Kata kunci : Karakteristik, Uji Aktivitas, Bakteri Termofilik, Kawasan Wisata Ie Seuum.

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT karena berkat rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat beserta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada umatnya hingga akhir zaman. Penulisan skripsi ini salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Judul yang penulis ajukan adalah “Karakteristik Morfologi Dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik Yang Terdapat Di Kawasan Wisata Ie Seuum Kecamatan Masjid Raya Sebagai Penunjang Praktikum Mikrobiologi”

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Zuraidah, M.Si selaku pembimbing I yang telah banyak memotivasi serta membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini selama menempuh pendidikan di Program Studi Pendidikan Biologi.
2. Mulyadi, M.pd. selaku pembimbing II yang telah banyak memotivasi penulis dalam penulisan skripsi ini.
3. Qudwatin Nisak M. Isa, M. Pd, M. Ed selaku penasehat akademik selama proses perkuliahan.

4. Bapak Dr. Mujiburrahman, M.Ag selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) UIN Ar-Raniry yang telah menyetujui penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Samsul Kamal, M.Pd selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi dan kepada seluruh Dosen dan Staf Program Studi Pendidikan Biologi.
6. Kawan-kawan angkatan 2012, terutama kepada Susi Mulyanti, Rahmiati, Nurisda dan kawan-kawan lainnya yang selama ini telah menjadi teman yang baik dan selalu memberi dukungan dan semangat kepada penulis.

Teristimewa untuk Ayahanda Syamdani Syam dan Ibunda Rasmi Jakfar tercinta yang telah memberikan dukungan, baik moril maupun materil yang tulus dan ikhlas berdoa demi terselesainya skripsi ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Banda Aceh, Agustus 2017

Dessri Wahyuni

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBARAN JUDUL	i
PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN SIDANG	iii
SURAT PERTNYATAAN.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I : PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Definisi Operasional	6
BAB II : LANDASAN TEORI.....	10
A. Pengelompokan Archaea.....	10
B. Karakteristik Archaea.....	11
C. Pengertian Bakteri	12
D. Karakteristik Morfologi Bakteri.....	13
E. Pertumbuhan Bakteri	19
F. Bakteri Termofilik.....	21
G. Habitat Bakteri Termofilik.....	22
H. Adaptasi Bakteri Termofilik.....	23
I. Jenis-Jenis Bakteri Termofilik	27
J. Aktivitas Bakteri Termofilik	28
K. Uji Aktivitas Bakteri Termofilik Proteolitik.....	30
L. Uji Aktivitas Bakteri Termofilik Kitinolitik	30
M. Uji Aktivitas Bakteri Termofilik Amilolitik	31
N. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim	34
O. Pemanfaatan Hasil Penelitian Karakteristik Morfologi dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik sebagai Penunjang Praktikum Mikrobiologi.....	37

BAB III : METODE PENELITIAN	40
A. Tempat dan Waktu Penelitian	40
B. Objek Penelitian	41
C. Alat dan Bahan	42
D. Rancangan Penelitian	43
E. Prosedur Penelitian	44
F. Instrumen Pengumpulan Data	50
G. Teknik Analisis Data	50
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	51
A. Hasil Penelitian	51
1. Karakteristik Bakteri Termofilik	51
2. Uji Aktivitas (kemampuan) Bakteri Termofilik	60
3. Pemanfaatan Hasil Penelitian	63
B. Hasil Penelitian	65
1. Karakteristik bakteri termofilik	65
2. Uji Aktivitas Bakteri Termofilik Mendegradasi Amilum ..	70
3. Pemanfaatan Hasil Penelitian	74
BAB V : PENUTUP	76
A. Kesimpulan	76
B. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	81
RIWAYAT HIDUP	96

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Perbedaan Bakteri Gram Positif dan Gram negatif.....	18
3.1 Alat yang digunakan dalam penelitian.....	41
3.2 Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	42
3.3 Penamaan isolat bakteri sesuai dengan karakteristik morfologi koloni bakteri.....	47
4.1 Pengukuran parameter suhu dan pH	51
4.2 Hasil pengamatan makroskopis karakteristik morfologi koloni bakteri termofilik pada kawasan Ie Seuum	52
4.3 Jumlah Isolat Bakteri Termofilik pada Sumber Air Panas Ie Seuum.....	56
4.4 Jumlah koloni masing-masing jenis isolat	56
4.5 Hasil Pengamatan Mikroskopis Bakteri Termofilik pada Sumber Air Panas Ie Seuum	57
4.6 Data Hasil Diameter Zona Bening yang Terbentuk dari Masing-Masing Isolat Bakteri	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Suhu Pertumbuhan Mikroorganisme	11
2.2 Morfologi Koloni Bakteri	14
2.3 Bentuk-bentuk bakteri bulat	16
2.4 Bentuk-bentuk bakteri batang	16
2.5 Bentuk-bentuk bakteri lengkung	17
2.6 Kurva Pertumbuhan Bakteri.....	19
3.1 Lokasi Penelitian Di Wisata Ie Seuum, Aceh Besar	40
3.2 Skema Prosuder Penelitian.....	44
4.1 Koloni bakterti termofilik pada titik 1	53
4.2 Koloni bakterti termofilik pada titik 2	54
4.3 Koloni bakterti termofilik pada titik 3	55
4.4 Koloni bakteri K_d dan pewarnaan Gram.....	58
4.5 Koloni bakteri K_p dan pewarnaan Gram.....	58
4.6 Koloni bakteri K_c dan pewarnaan Gram	59
4.7 Koloni bakteri K_d dan pewarnaan gram.....	59
4.8 Diamater Zona bening hari pertama.....	61
4.9 Diamater Zona bening hari kedua	62
4.10 Cover Modul Praktikum.....	63
4.11 Cover Buku Saku	64
4.12 Bank Isolat Bakteri Termofilik	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. SK Skripsi	81
2. Surat Izin Melakukan Penelitian	82
3. Surat Telah Melakukan Penelitian	83
4. Isolasi Pertama Koloni Bakteri Termofilik	84
5. Isolasi Kedua Koloni Bakteri Termofilik	86
6. Foto Kegiatan Penelitian	88

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Salah satu tempat wisata di Aceh yang memiliki sumber mata air panas yaitu di Gampong Ie Seuum, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Gampong Ie Seuum yang terletak di kaki Gunung Meuh dengan sumber air panas dari Seulawah mempunyai sebuah objek wisata dengan nama yang sama yaitu “Ie Seuum”. Ie Seuum dalam bahasa Indonesia artinya “air panas”. Jarak antara Ie Seuum dengan kota Banda Aceh hanya 35 kilometer.¹ Sumber air panas tersebut juga diduga terdapatnya mikroorganisme berupa bakteri termofilik dan belum dieksplorasi dengan maksimal. Bakteri termofilik termasuk bakteri yang bisa bertahan hidup pada daerah yang ekstrim.

Penelitian mengenai bakteri termofilik dari Sumber Ie Seuum Kecamatan Masjid Raya belum banyak dilakukan. Selain itu, penelitian ini dilakukan karena daerah tersebut memiliki struktur batuan andesit dan basal yang menyebabkan adanya aktivitas geotermal yang cukup besar sehingga memungkinkan adanya bakteri termofilik.

Bakteri termofilik merupakan kelompok mikroorganisme yang tumbuh optimal pada suhu lebih dari 45°C dan kisaran umum pertumbuhan antara 45°C sampai 80°C. Bakteri termofilik mampu bertahan dan berkembang dalam kondisi

¹ Nita, J., *Melancong Ke Kaki Gunung Ie Seuum Aceh Besar*, 30 January 2015. Diakses pada tanggal 10 Maret 2016 dari situs: <http://www.acehnews.net/melancong-ke-kaki-gunung-ie-suuum-aceh-besar/>

suhu tinggi karena protein bakteri termofilik lebih stabil dan tahan panas dibandingkan dengan mesofil karena protein yang terdapat pada sel bakteri termofilik memiliki ikatan hidrofobik dan ikatan ionik yang sangat kuat.²

Bakteri termofilik termasuk golongan bakteri yang memiliki kemampuan yang sangat berbeda dengan golongan bakteri lain. Bakteri ini memiliki kemampuan bertahan pada suhu tinggi karena adanya enzim termostabil.³ Bakteri termofilik termasuk bakteri yang bersifat amilolitik. Amilolitik yaitu bakteri termofilik yang menghasilkan enzim amilase yang bisa mendegradasi amilum/pati.⁴ Dalam Al-Qur'an Allah berfirman :



Artinya: “Yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu baginya dalam kekuasaan(Nya), dan dia Telah menciptakan segala sesuatu, dan dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya”. (Q.S. Al-Furqaan: 2)

Penafsiran ayat di atas menjelaskan bahwa segala sesuatu yang dijadikan Tuhan diberi-Nya perlengkapan-perengkapan dan persiapan-persiapan, sesuai dengan naluri, sifat-sifat dan fungsinya masing-masing dalam hidup. Allah yang menurunkan Al-Furqaan itu adalah Dia yang milik-Nya itu sendiri kerajaan langit

² Yuliana, E.N., dan Nuniek. H., “Screening Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Amilase Dari Sumber Air Panas Singgahan Tuban, Jawa Timur”. *UNESA Journal of Chemistry*, Vol. 3, No. 3, September 2014, h. 190. Diakses Mei 2016.

³ Maria Y.E., dan Surya R.P., “Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik Dari Sumber Mata Air Panas Di Songgoriti Setelah Dua Hari Inkubasi”, *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 1, No. 1, 2012, h. 1. Diakses Mei 2016

⁴ Irdawati dan Mades Fifendy, “Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Amilase Dari Sumber Air Panas Rimbo Panti Pasaman”, *Artikel*, 2011, h. 1. Diakses Mei 2016.

dan bumi sehingga sangat wajar jika Dia mengutus Rasul, memberi tuntunan dan disamping dia sendiri pemilik alam raya dan pengelolanya. Allah menciptakan salah sesuatu serta menetapkan ukuran-ukuran yang sesuai dengan masing-masing ciptaan-Nya penetapan melaksanakan fungsi-fungsi yang harus diembannya dengan teratur dan sistematis.⁵

Beberapa bakteri termofilik berhasil diisolasi dari berbagai sumber air panas di Indonesia antara lain bakteri termofilik sumber mata air panas di Pacet (8 genus bakteri antara lain *Thermus* sp., *Acetogenium* sp., *Thermomicrobium* sp., *Bacillus* sp., *Thermodesulfobacterium* sp., *Thermotrix* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Sulfobacillus* sp.). Selain itu, bakteri termofilik juga berhasil diisolasi dari sumber air panas Danau Ranau Sumatera Selatan dan dapat dua isolat yang merupakan genus *Bacillus* sp..⁶

Bakteri termofilik dipelajari pada mata kuliah Mikrobiologi pada materi pertumbuhan dan reproduksi bakteri sub pokok bahasan faktor lingkungan pertumbuhan bakteri. Salah satu bakteri yang memiliki lingkungan hidup khusus yaitu bakteri termofilik yang mampu hidup di lingkungan dengan suhu tinggi. Pada mata kuliah Mikrobiologi, bakteri termofilik hanya dipelajari pada teori saja namun belum pernah dilakukan praktikum. Sedangkan pada materi lain seperti bakteri di udara, di tanah, atau pun di air pada tempat tertentu sudah dilakukan praktikum, namun tentang bakteri termofilik belum pernah dilakukan praktikum yang memperlihatkan bagaimana karakteristik morfologi bakteri termofilik serta kemampuan-kemampuan yang bisa dilakukan oleh bakteri termofilik tersebut. Hal ini disebabkan praktikum yang dilakukan selama ini masih bersifat umum dan

⁵ M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an Volume 9*, (Jakarta: Lentera Hati, 2002), h. 419.

⁶ Maria Y.E., dan Surya R.P., "Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik...", h. 1.

belum dikembangkan, jadi belum dikhususkan seperti praktikum pada bakteri termofilik serta juga disebabkan belum terdapatnya modul tentang praktikum bakteri termofilik tersebut, sehingga praktikum tentang bakteri termofilik belum dilakukan. Jadi, penelitian ini perlu dilakukan untuk menyediakan modul praktikum serta mendukung materi-materi yang telah dipelajari tentang bakteri termofilik.⁷

Hasil penelitian ini dapat dijadikan penunjang materi-materi bagi mahasiswa dalam bentuk modul praktikum, buku saku dan bank isolat yang dapat menambah wawasan mahasiswa dan dimanfaatkan pada saat berlangsungnya praktikum.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul **“KARAKTERISTIK MORFOLOGI DAN UJI AKTIVITAS BAKTERI TERMOFILIK YANG TERDAPAT DI KAWASAN WISATA IE SEUUM KECAMATAN MESJID RAYA SEBAGAI PENUNJANG PRAKTIKUM MIKROBIOLOGI”**

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah karakteristik morfologi bakteri termofilik yang terdapat di kawasan Ie Seuum, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar?
2. Apakah bakteri termofilik yang terdapat di kawasan Ie Seuum mampu dalam mendegradasi media yang mengandung amilum?

⁷ Hasil wawancara dengan dosen mata kuliah Mikrobiologi Program Pendidikan Biologi FTK UINAr-Raniry pada tanggal 19 Mei 2016 di Banda Aceh.

3. Bagaimanakah pemanfaatan hasil penelitian tentang bakteri termofilik yang dapat dijadikan sebagai penunjang praktikum Mikrobiologi?

C. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah tersebut maka tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik morfologi bakteri termofilik yang terdapat di kawasan Ie Seuum.
2. Untuk mengetahui kemampuan bakteri termofilik yang ada di kawasan Ie Seuum dalam mendegradasi media yang mengandung amilum.
3. Untuk mengetahui pemanfaatan hasil penelitian tentang bakteri termofilik yang ada di kawasan Ie Seuum yang dapat dijadikan sebagai penunjang praktikum Mikrobiologi berupa modul, buku saku serta bank isolat bagi laboratorium Mikrobiologi.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk menunjang praktikum Mikrobiologi bagi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi yang berupa modul, buku saku serta isolat-isolat uji yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi media amilum akan disimpan sebagai bank isolat di laboratorium mikrobiologi pendidikan biologi.

E. Definisi Operasional

1. Karakteristik Morfologi Bakteri Termofilik

Karakteristik adalah mempunyai sifat khas sesuai dengan perwatakan tertentu, sedangkan morfologi adalah bentuk luar dan susunan makhluk hidup.⁸ Bakteri umumnya berukuran kecil dengan karakteristik dimensi sekitar 1 μm . Bentuknya dapat bulat atau *cocci*, batang atau *bacilli* dan melengkung atau *spiral*. Sel dapat tunggal ataupun rantai. Beberapa kelompok memiliki *flagella* dan dapat bergerak aktif.⁹

Bakteri termofilik merupakan bakteri yang mampu hidup pada suhu di atas 45°C dan hidup optimal pada kisaran 50°C - 65°C.¹⁰ Bakteri termofilik yang dimaksud pada penelitian ini yaitu bakteri termofilik yang didapatkan di kawasan Ie Seuum, Aceh Besar. Pengambilan sampel di ambil secara acak yaitu berdasarkan suhu air dan aliran air yang terdapat di kawasan wisata Ie Seuum. Pengambilan sampel akan dilakukan pada tiga titik, yaitu titik pertama pada aliran utama air panas, titik kedua pada aliran air yang menuju ke kiri dan titik ketiga pada aliran air yang menuju ke kanan.

Karakteristik morfologi bakteri termofilik yang dimaksud pada penelitian ini yaitu berupa bentuk koloni, warna koloni, elevasi koloni, tepian koloni, permukaan koloni, lendir yang dihasilkan dan pewarnaan Gram (Gram positif

⁸ Kamus Besar Bahasa Indonesia diakses 20 Mei 2016.

⁹ Nur Hidayat, dkk., *Mikrobiologi Industri*, (Yogyakarta: C.V Andi Offset, 2006), h. 16.

¹⁰ Irdawati dan Mades Fifendy, "Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Amilase....", h. 1.

datau Gram negatif). Selain itu, pada penelitian ini juga mengukur faktor lingkungan di kawasan Ie Seuum berupa suhu dan pH sebagai data sekunder.

2. Uji Aktivitas Bakteri Termofilik

Uji aktivitas adalah kegiatan percobaan untuk mengetahui mutu sesuatu.¹¹ Uji aktivitas yang dimaksud pada penelitian ini yaitu untuk melihat kemampuan dari isolat bakteri termofilik yang terdapat di kawasan Ie Seuum, Aceh Besar dalam menghasilkan enzim amilase sehingga mampu mendegradasi amilum/pati dengan menggunakan media amilum. Hasil dari uji ini akan membentuk zona bening pada media amilum/pati yang mengandung isolat bakteri termofilik. Zona bening terbentuk akibat adanya aktivitas dari bakteri termofilik menghasilkan enzim amilase.

Dasar pengambilan uji aktivitas tersebut berdasarkan pengaplikasiannya ke depan, dimana bakteri yang memiliki kemampuan khusus akan diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari sesuai dengan kemampuan yang dimiliki oleh bakteri tersebut.¹²

3. Kawasan Wisata Ie Seuum

Salah satu tempat wisata di Aceh yang memiliki sumber mata air panas yaitu di Gampong Ie Seuum, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Gampong Ie Seuum yang terletak di kaki Gunung Meuh dengan sumber air panas

¹¹ Kamus Besar Bahasa Indonesia diakses 23 Mei 2016

¹² Hasil wawancara dengan dosen mata kuliah Mikrobiologi Program Pendidikan Biologi FTK UINAr-Raniry pada tanggal 08 November 2016 di Banda Aceh.

dari Seulawah mempunyai sebuah objek wisata dengan nama yang sama yaitu “Ie Seuum”. Ie Seuum dalam bahasa Indonesia artinya “air panas”. Jarak antara Ie Seuum dengan kota Banda Aceh hanya 35 kilometer.¹³

Perjalanan menuju pemandian air panas Ie Seuum melewati Kota Banda Aceh menjumpai kawasan memancing Lamnga, wisata Ujong Batee, titik wisata Ruyung, Ladong, Pelabuhan Malahayati. Untuk menuju ke pemandian air panas Ie Seuum tidak perlu melewati Pelabuhan Malahayati.¹⁴

4. Penunjang Praktikum Mikrobiologi

Praktikum adalah bagian dari pengajaran yang bertujuan agar siswa mendapatkan kesempatan untuk menguji dan melaksanakan dalam keadaan nyata apa yang didapat dalam teori.¹⁵ Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang organisme hidup yang berukuran mikroskopis yang berupa bakteri, protozoa, virus, serta cendawan mikroskopis.¹⁶

Penunjang praktikum yang dimaksud pada penelitian ini yaitu hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi penunjang dalam bentuk modul untuk mengadakan praktikum tentang bakteri termofilik dan hasil penelitian ini bisa

¹³ Nita, J., *Melancong Ke Kaki Gunung Ie Seuum Aceh Besar, ...* Diakses pada tanggal 10 Maret 2016.

¹⁴ loveaceh.com/wisata/menikmati-sensasi-pemandian-air-panas-ie-suum-aceh-besar/. Diakses Maret 2016.

¹⁵ Kamus Besar Bahasa Indonesia Diakses 21 Mei 2016.

¹⁶ Michael J. Pelczar, E.C.S. Chan, *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, (Jakarta: UI Press, 2005), hal. 5.

dijadikan referensi bagi mahasiswa dalam bentuk buku saku serta bank isolat di laboratorium mikrobiologi pendidikan biologi.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Pengelompokan Archae

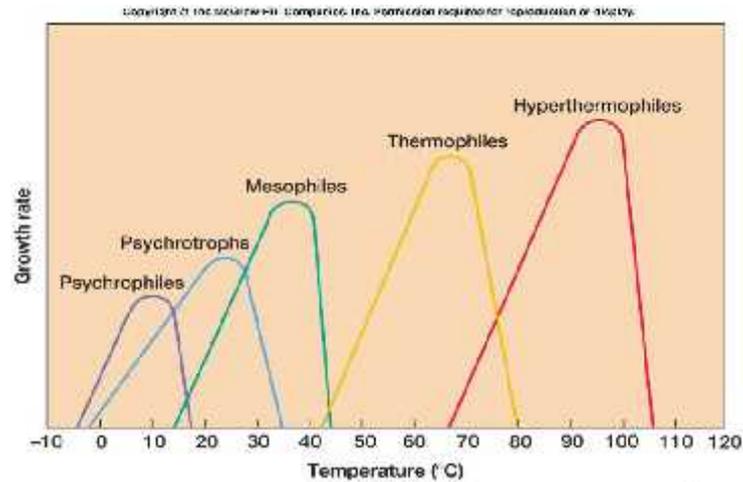
Archae dibedakan dari bakteri lain yang dikenal atau digolongkan dalam eubakteri dengan karakteristik fenotipe yang sangat terspesialisasi. Mayoritas archae juga berasal dari kondisi lingkungan ekstrim, sebagai contoh pada lingkungan ekstrim panas, ekstrim dingin, ekstrim kadar keasaman, ataupun tekanan.¹⁷

Berdasarkan daerah aktivitas temperatur, mikroorganisme dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Mikroorganisme psikrofil (kryofil) adalah golongan mikroorganisme yang dapat tumbuh pada daerah temperatur antara 0°C sampai 30°C dengan temperatur optimum 15°C. Kebanyakan dari golongan ini tumbuh di tempat-tempat dingin, baik di daratan ataupun di lautan.
2. Mikroorganisme mesofil adalah golongan mikroorganisme yang mempunyai temperatur optimum pertumbuhan antara 25°C-37°C, minimum 15°C dan maksimum di antara 55°C.
3. Mikroorganisme termofil adalah golongan mikroorganisme yang dapat tumbuh pada daerah temperatur tinggi, optimum di antara 45°C-65°C, minimum 40°C, sedangkan maksimum 75°C. Golongan ini terutama

¹⁷ Sylvia T. Pratiwi, *Mikrobiologi Farmasi*, (Jakarta: Erlangga, 2008), h. 32.

terdapat di dalam sumber-sumber air panas dan tempat-tempat lain yang temperatur lebih tinggi dari 55°C.¹⁸



Gambar 2.1 Suhu Pertumbuhan Mikroorganisme¹⁹

B. Karakteristik Archae

Morfologi Archae menyerupai morfologi eubakteria, yaitu berbentuk batang, kokus, heliks, namun beberapa genus Archae memiliki bentuk yang tidak biasa. Sebagai contoh adalah *Pyrodictium abyssi* yang hidup di dasar laut pada temperatur 110°C. *Pyrodictium abyssi* memiliki bentuk sel serupa cakram dengan jalinan benang-benang tubulus di sekitarnya. Beberapa archae tergolong dalam gram negatif, selebihnya merupakan gram positif. Ada yang membelah melalui pembelahan biner, fragmentasi, maupun pertunasan (*budding*). Fisiologi archae juga bervariasi dari yang bersifat aerob, fakultatif aerob, hingga mutlak anaerob.

¹⁸ Unus Suriawiria, *Mikrobiologi Air*, (Bandung: PT. Alumni, 2003), h. 53.

¹⁹ Edi Surya, *Penggolongan Bakteri Berdasarkan Suhu*, <http://www.google.co.id/search?q=penggolongan+bakteri+berdasarkan+suhu&biw>. Di akses Juli 2016.

Dari segi nutrisi, archae terbagi menjadi archae kemoautotrof, fotoautotrof, dan kemoheterotrof.²⁰

Membran sel bakteri archaea mempunyai fungsi relatif sama dengan membran sel bakteri. Membran sel archaea memiliki area hidrofob (di tengah) dan hidrofil (di kedua ujung). Lipid pada archaea termoasidofil (termofilik) dan metanogen adalah tetraetergliserolipid. Lipid itu mempunyai kepala polar pada kedua ujungnya, sehingga membentang membentuk lipid lapis tunggal dengan 2 ujung polar. Karena tidak ada area tengah yang kosong seperti pada lipid bilayer bakteri, maka membran archaea lebih resisten terhadap panas.²¹ Komposisi membran sel pada bakteri termofilik tersusun oleh asam lemak jenuh sehingga dapat bersifat stabil pada suhu tinggi.

C. Pengertian Bakteri

Bakteri adalah organisme uniseluler yang umumnya mempunyai ukuran 0.5-1.0 sampai 2.0-10 mm dan mempunyai tiga bentuk morfologi, yaitu bulat (*cocci*), batang (*bacilli*), dan lengkung. Bakteri dapat membentuk gerombol atau rantai (dua atau lebih sel), atau tetrad. Bakteri dapat motil atau nonmotil. Material sitoplasma diselubungi dinding sel pada permukaan dan membran di bawah

²⁰ Edi Nugroho, R.F Maulany, *Mikrobiologi Kedokteran (Medical Microbiology) Edisi 20*, (Jakarta: EGC, 1996), h. 43.

²¹ Tjahjadi Purwoko, *Fisiologi Mikroba*, (Jakarta: Bumi Aksar, 2007), h. 24.

dinding. Nutrisi dan bentuk molekul atau ion ditransportasi dari lingkungan melalui membran dengan beberapa mekanisme spesifik.²²

Bakteri merupakan mikrobia uniseluler, pada umumnya bakteri tidak mempunyai khlorofil. Ada beberapa yang fotosintetik dan reproduksi aseksualnya secara pembelahan. Bakteri tersebar luas di alam, di dalam tanah, di atmosfer, di dalam endapan-endapan lumpur, di dalam lumpur laut, dalam air, pada sumber air panas, di daerah antartika, dalam tubuh hewan, manusia, dan tanaman.²³

Berdasarkan perlakuan pewarnaan gram, sel bakteri dibagi dalam kelompok, yaitu bakteri gram positif dan gram negatif. Sel bakteri negatif mempunyai dinding kompleks yang mengandung membran luar dan membran tengah. Membran luar tersusun oleh lipopolisakarida (LPS), lipoprotein (LP), dan fosfolipid. Sel bakteri gram positif mempunyai dinding sel tebal yang tersusun oleh beberapa lapis mukopeptida, yang bertanggung jawab terhadap struktur tebal dan kaku serta 2 jenis asam teikoat.²⁴

D. Karakteristik Morfologi Bakteri

Karakteristik adalah mempunyai sifat khas sesuai dengan perwatakan tertentu, sedangkan morfologi adalah bentuk luar dan susunan makhluk hidup.²⁵ Menurut Hadioetomo dalam Irdawati dan Mades Fifendy mengatakan bahwa

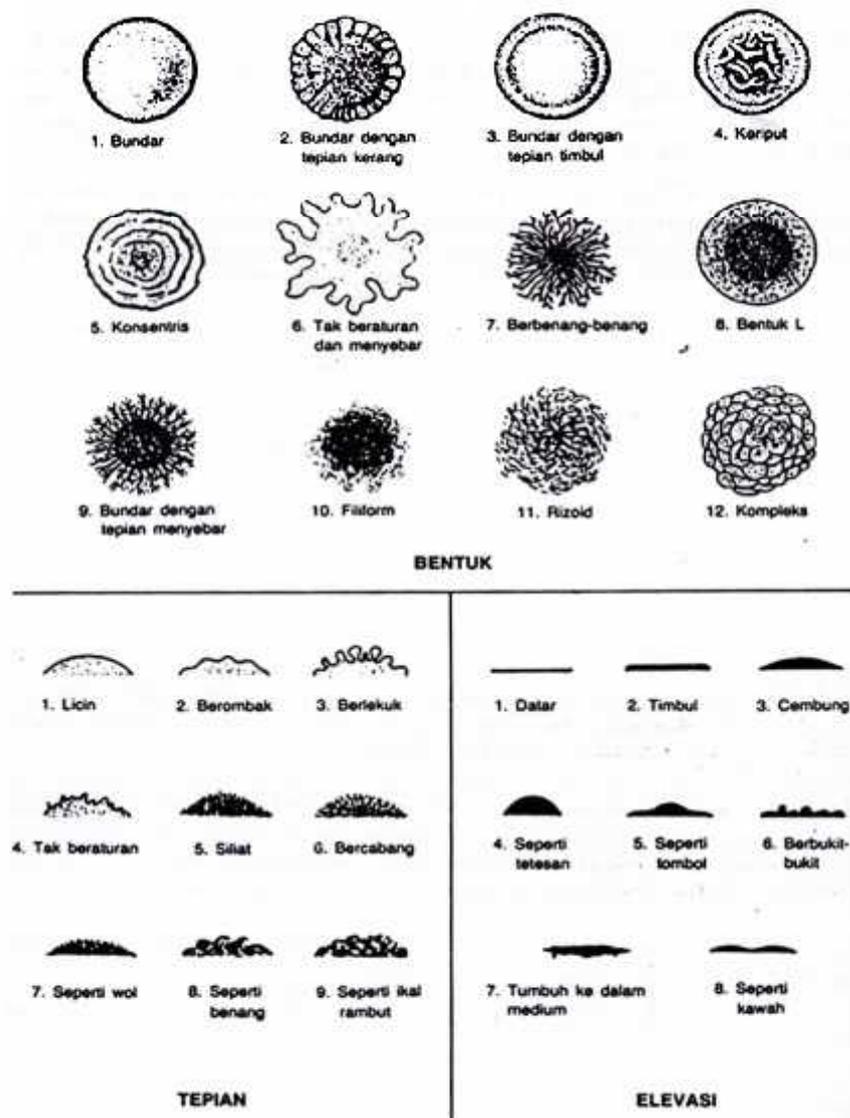
²² Tatang Sopandi, *Mikrobiologi Pangan*, (Yogyakarta:Andi Offset,2014), h.21.

²³ Nur Hidayat, *Mikrobiologi Industri*, (Malang :Penerbit Andi, 2006), h.16.

²⁴ Tatang Sopandi, *Mikrobiologi Pangan*, (Yogyakarta:Andi Offset,2014), h.22-23.

²⁵ Kamus Besar Bahasa Indonesia Diakses 20 Mei 2016.

morfologi koloni yang tumbuh dapat dibedakan berdasarkan tepi koloni, elevasi koloni, warna koloni dan struktur dalamnya seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Morfologi Koloni Bakteri ²⁶

²⁶ Irdawati dan Mades Fifendy, Isolasi Bakteri..., h. 7.

Bakteri umumnya berukuran kecil dengan karakteristik dimensi sekitar 1 μm . Bentuknya dapat bulat atau *cocci*, batang atau *bacilli* atau pun bentuk lengkung. Sel dapat tunggal ataupun rangkaian. Beberapa kelompok memiliki *flagella* dan dapat bergerak aktif.²⁷

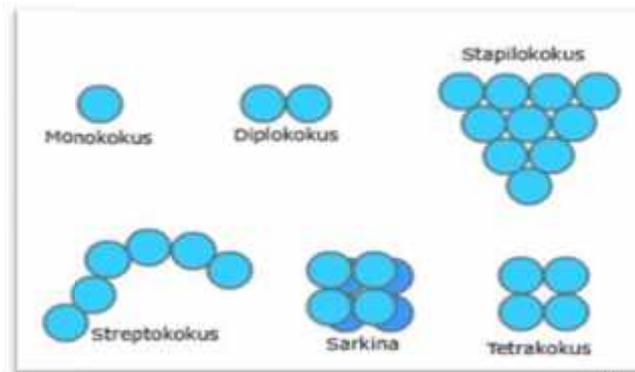
Karakterisasi isolat bakteri termofilik meliputi, makroskopis koloni seperti bentuk, elevasi, warna koloni dan tepian koloni; mikroskopis sel seperti bentuk sel, sifat gram dan ada tidaknya endospora; motilitas serta uji biokimia.

a) Bentuk Bakteri

1. Bentuk bulat (*coccus*), dapat dibedakan lagi dalam :

- 1) Mikrokokus, bulat satu-satu.
- 2) Diplokokus, bulat bergandengan dua-dua.
- 3) Streptokokus, bulat bergandengan seperti rantai sebagai hasil pembelahan sel ke satu atau dua arah dalam satu garis.
- 4) Tetrakokus, bulat terdiri dari 4 sel yang tersusun dalam bentuk bujur sangkar sebagai hasil pembelahan sel ke dua arah.
- 5) Sarsina, terdiri dari 8 sel yang tersusun dalam bentuk kubus sebagai hasil pembelahan sel ketiga arah.
- 6) Stafilokokus, bulat tersusun sebagai kelompok buah anggur sebagai hasil pembelahan sel ke segala arah.

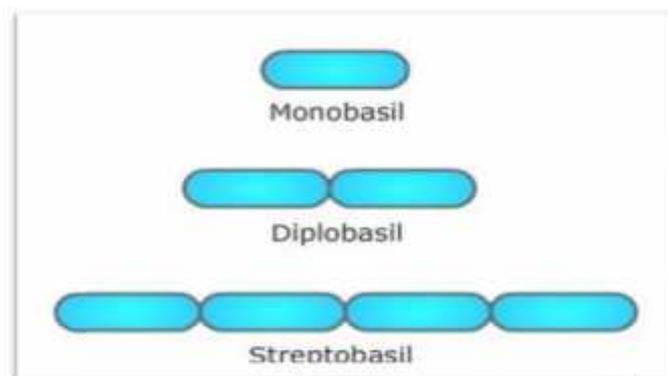
²⁷ Nur Hidayat, dkk., *Mikrobiologi Industri*, (Yogyakarta: C.V Andi Offset, 2006), h. 16.



Gambar 2.3 Bentuk-bentuk bakteri kokus²⁸

2. Bentuk batang (*bacill*)

Bakteri berbentuk batang dapat dibedakan lagi ke dalam bentuk batang panjang dan batang pendek dengan ujung datar atau lengkung. Bentuk batang dibedakan lagi atas bentuk batang yang mempunyai garis tengah sama dan tidak sama di seluruh bagian panjangnya. Banteri bentuk batang dapat terdiri atas sel tunggal, bergandengan dua-dua (diplobasilus), dan sebagian rantai (streptobasilus).



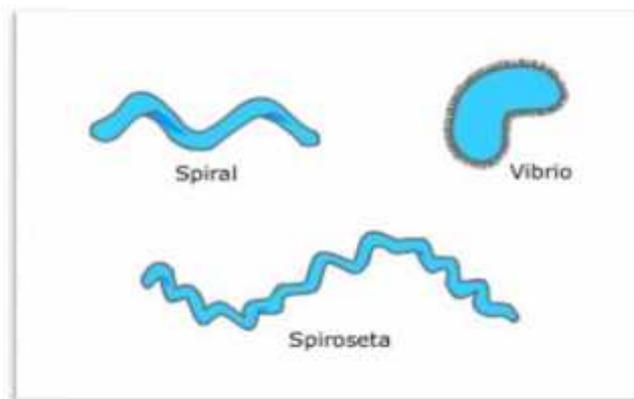
Gambar 2.4 Bentuk-bentuk bakteri bacill²⁹

²⁸ <http://belalangbee.blogspot.co.id/2013/12/archaeobacteriaeubacteriadan-bakteri.htm>. Diakses Maret 2017.

²⁹ <https://ardydii.wordpress.com/2013/03/08/bentuk-bakteri>. Diakses Maret 2017.

3. Bentuk lengkung

Bentuk lengkung dibagi menjadi bentuk koma (vibrio), jika lengkungnya kurang dari setengah lingkaran. Jika spiralnya halus dan lentur disebut spirochaeta dan jika spiralnya tebal dan kaku disebut spirillum.



Gambar 2.5 Bentuk-bentuk bakteri lengkung³⁰

b) Pewarnaan Gram

Perbedaan dasar antara bakteri gram positif dan negatif adalah pada komponen dinding selnya. Bakteri gram positif memiliki membran tunggal yang dilapisi peptidoglikan yang tebal sedangkan bakteri negatif lapisan peptidoglikennya tipis.

Bakteri Gram positif adalah bakteri yang dinding selnya menyerap warna violet dan memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal. Contoh bakteri Gram positif, yaitu *Actinomyces*, *Lactobacillus*, *Propionibacterium*, *Eubacterium*, *Bifidobacterium*, *Arachnia*, *Clostridium*, *Peptostreptococcus*, dan *Staphylococcus*.

³⁰ <https://ardydii.wordpress.com/2013/03/08/bentuk-bakteri>. Diakses Maret 2017.

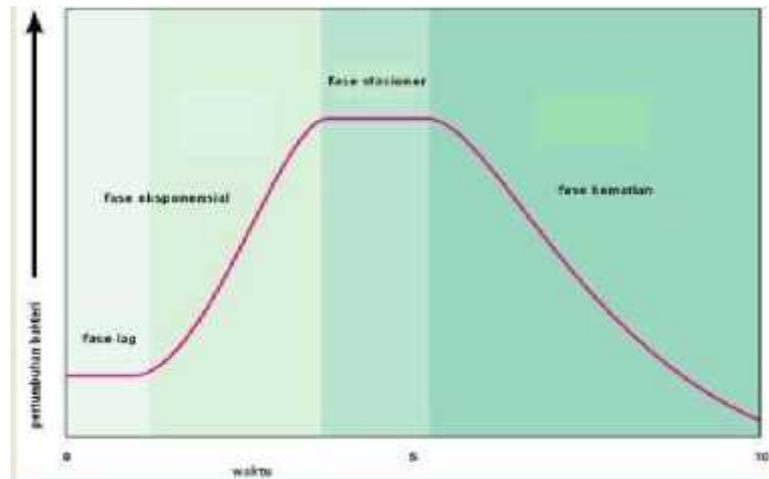
Bakteri Gram negatif adalah bakteri yang dinding selnya menyerap warna merah, dan memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis. Lapisan peptidoglikan pada bakteri Gram negatif terletak di ruang periplasmik antara membran plasma dengan membran luar. Contoh bakteri Gram negatif, yaitu *Azotobacter*, *Rhizobium leguminosarum*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Haemophilus influenzae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, dan *Helicobacter pylori*.³¹

Tabel 2.1 Perbedaan Bakteri Gram Positif dan Gram negatif

Sifat	Gram Positif	Gram Negatif
Dinding sel	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya mempunyai membran plasma tunggal yang dikelilingi dinding sel tebal berupa peptidoglikan. • Sekitar 90 persen dari dinding sel tersebut tersusun atas peptidoglikan sedangkan sisanya berupa molekul lain bernama asam teikhoat. • Kandungan lipid rendah 	<ul style="list-style-type: none"> • Memiliki sistem membran ganda di mana membran plasmanya diselimuti oleh membran luar permeabel. • Bakteri ini mempunyai dinding sel tebal berupa peptidoglikan, yang terletak di antara membran dalam dan membran luarnya. • Lipid tinggi
Ketahanan terhadap penisilin	Lebih sensitif	Lebih tahan
Penghambat warna basa	Lebih dihambat	Kurang dihambat
Kebutuhan nutrien	Kompleks	Relatif sederhana
Ketahanan terhadap perlakuan fisik	Lebih tahan	Kurang tahan

³¹ Wahyu, Febi. Laporan Praktikum Mikrobiologi Umum Identifikasi Bakteri Melalui Uji Biokomia. (Online), (<http://www.docstoc.com/docs/56903429/mikrobiologi5>, 2010. Diakses pada Juni 2017.

E. Pertumbuhan Bakteri



Gambar 2.6 Kurva Pertumbuhan Bakteri.³²

Terdapat 4 fase pertumbuhan bakteri ketika ditumbuhkan pada kultur curah, yaitu fase adaptasi/penyesuaian (*lag phase*), fase perbanyakan (*exponential phase*), fase statis (*stationer phase*) dan fase kematian/penurunan (*death phase*).

a. Fase penyesuaian (*lag*) nol

Fase penyesuaian merupakan suatu masa saat sel-sel yang kekurangan metabolit dan enzim akibat keadaan yang tidak menguntungkan dalam pembiakan terdahulu, menyesuaikan diri dengan lingkungannya yang baru. Enzim-enzim dan zat-zat antara terbentuk dan terkumpul sampai mencapai konsentrasi yang memungkinkan pertumbuhan dimulai lagi.³³

Bila sel-sel diambil dari pembenihan yang sama sekali berlainan, sering terjadi bahwa sel-sel tersebut secara genetika tidak mampu tumbuh dalam perbenihan baru. Dalam hal ini, fase penyesuaian yang panjang diperlukan, sesuai

³² Andian Ari, *Suhu Dan Aktivitas Mikroba*, <https://www.google.com/search?q=kurva+pertumbuhan+bakteri+termofilik>, 2014. Diakses 23 Mei 2016.

³³ Tjahjadi Purwoko, *Fisiologi Mikroba*,... h. 33.

dengan massa yang diperlukan oleh beberapa mutan dalam inokulum untuk berkembang biak secukupnya sehingga terlihat adanya penambahan jumlah sel.

b. Fase eksponensial (tetap)

Selama fase eksponensial, yang perhitungannya telah dibahas, sel-sel berada dalam keadaan yang stabil. Bahan sel baru terbentuk dengan laju yang konstan, tetapi bahan yang baru itu sendiri bersifat katalis sehingga massa bertambah secara eksponensial. Hal ini berlanjut sampai satu dari dua hal yang terjadi: satu atau lebih nutrisi dalam medium organisme aerob, nutrisi yang terbatas biasanya oksigen. Ketika konsentrasi sel melebihi sekitar 1×10^7 /ml (pada kasus bakteri), kecepatan pertumbuhan akan menurun sampai oksigen dipaksa masuk ke dalam media oleh agitasi atau penggelembungan di udara. Pada saat konsentrasi bakteri mencapai $4-5 \times 10^9$ /ml, kecepatan difusi oksigen tidak dapat memenuhi kebutuhan dalam media yang berisi udara dan pertumbuhan semakin lama semakin lambat.³⁴

c. Fase maksimum stasioner

Kekurangan nutrisi atau akumulasi produk toksik menyebabkan pertumbuhan sama sekali berhenti. Pada sebagian besar kasus pergantian sel menempati fase stasioner, dimana terdapat kehilangan sel perlahan-lahan melalui kematian yang diimbangi oleh pembentukan sel baru melalui pertumbuhan dan

³⁴ Tjahjadi Purwoko, *Fisiologi Mikroba*,... h. 34.

pembelahan. Pada saat hal ini terjadi, jumlah sel total secara perlahan meningkatkan walaupun jumlah sel yang dapat hidup tetap konstan.

d. Fase penurunan (fase kematian)

Setelah periode waktu pada fase stationer, yang bervariasi pada tiap organisme dan kondisi kultur, kecepatan kematian meningkat sampai mencapai tingkat yang tetap. Sering kali setelah mayoritas sel mati, kecepatan kematian menurun secara drastis, sehingga sejumlah kecil sel yang hidup akan bertahan selama beberapa bulan atau tahun. Persistensi ini mungkin pada beberapa kasus mencerminkan pergantian sel, sebagian kecil sel tumbuh dengan memakai nutrisi yang dilepaskan dan sel yang lain mati dan lisis.³⁵

F. Bakteri Termofilik

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang paling penting untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup bakteri. Tingkatan suhu tidak semuanya cocok bagi pertumbuhan dan reproduksi organisme. Dengan demikian tinggi rendahnya suhu lingkungan sangat penting bagi organisme. Secara umum ada 4 kelompok pembagian mikroorganisme berdasarkan suhu lingkungan tempatnya hidup, yaitu psikrofil, mesofil, termofil, dan hipertermofil.

Organisme termofilik terbagi ke dalam dua domain filogenetik yang sangat berbeda, yaitu Bacteria dan Archaea. Bakteri termofilik akan hidup dominan pada habitat dengan kisaran suhu 50°C - 90°C, sedangkan habitat

³⁵ Tjahjadi Purwoko, *Fisiologi Mikroba*,... h. 35.

dengan suhu lebih dari 80^o C akan didominasi oleh Archaea. Bakteri termofilik dapat bersifat aerob, anaerob, organotrof maupun litotrof. Organisme prokariotik termofilik dapat diklasifikasikan berdasarkan suhu optimum pertumbuhannya, yaitu:

- a. Fakultatif termofilik, mampu hidup pada rentang suhu mesofilik (<45^o C)
- b. *Thermotolerant*, memiliki T_{op} (temperatur optimal) sebesar 45^o C, namun masih mampu hidup hingga > 45
- c. *Moderate* termofilik, memiliki temperatur optimal 45^oC - 60^oC.
- d. *Strict* termofilik, memiliki temperatur optimal 60^oC - 90^oC.
- e. Ekstrim termofilik, memiliki temperatur optimal >90^o C.

G. Habitat Bakteri Termofilik

Sebagian besar bakteri termofilik ditemukan dalam sumber air panas dan lingkungan termal lainnya. Air mendidih meluap melalui tepi mata air dan mengalir jauh dari sumbernya, air tersebut secara bertahap mendingin, sehingga mengakibatkan gradien suhu di sumber air panas. Berbagai mikroorganisme tumbuh, spesies berbeda tumbuh dalam rentang suhu yang berbeda seiring gradien suhu tersebut. Distribusi spesies di sepanjang gradien suhu tersebut dapat dipelajari dan dengan meneliti sumber air panas dan habitat termal lainnya pada temperatur berbeda di seluruh dunia, telah memungkinkan untuk menentukan batas temperatur maksimal untuk setiap jenis organisme. Informasi ini dapat disimpulkan bahwa (1) organisme prokariotik dapat tumbuh pada suhu jauh lebih tinggi daripada eukariotik, (2) paling termofilik dari semua prokariota adalah

domain Archaea, dan (3) organisme *nonphototrophic* dapat tumbuh di temperatur yang lebih tinggi daripada organisme *phototrophic*.

Prokariota termofilik juga telah ditemukan dalam lingkungan termal buatan, seperti pemanas air. Pemanas air rumah tangga atau industri memiliki suhu 60-80 °C dan oleh karena itu merupakan habitat yang menguntungkan bagi pertumbuhan prokariota termofilik. Organisme seperti *Thermus aquaticus*, yang merupakan organisme termofilik mata air panas, telah diisolasi dari pemanas air rumah tangga dan industri. Pembangkit listrik elektik, debit air panas, dan sumber panas buatan juga merupakan tempat dimana organisme termofilik dapat tumbuh.

Bakteri termofilik ada yang mempunyai suhu optimum untuk pertumbuhan sebesar 55°C, bakteri lain pada suhu 70°C, dan bahkan pada suhu 100°C atau 105°C. Bakteri yang tumbuh dengan kecepatan yang menakjubkan dapat ditemukan pada kebanyakan sumber air panas. Bakteri yang sering ditemukan pada suhu 55°C sampai 70°C tergolong pada genus-genus *Bacillus*, *Clostridium*, *Thermoactinomyces*, dan *Methanobacterium*, dan kemungkinan masih ada genus-genus lain.³⁶

H. Adaptasi Bakteri Termofilik

Kelompok bakteri termofilik secara umum mempunyai struktur sel yang memiliki beberapa kelebihan dibanding kelompok bakteri lainnya. Kelompok ini umumnya memiliki daya adaptasi untuk dapat tumbuh pada suhu tinggi. Bakteri

³⁶ Susanti, V.H. "Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Protease", *Artikel*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2003, h. 35-36. Diakses Agustus 2017.

termofilik mempunyai enzim-enzim dan protein-protein lain yang lebih resisten terhadap panas bila dibandingkan dengan bakteri mesofil, begitu juga protein-protein pada bakteri mesofil lebih stabil pada suhu panas dibandingkan dengan bakteri psikrofil.

Kemampuan hidup dari mikroorganisme termofilik ini berhubungan dengan struktur selnya yang memiliki kelebihan dalam beberapa hal, yaitu :

a. Struktur membran

Selain enzim dan makromolekul lain dalam sel, membran sitoplasma dari bakteri termofilik harus tahan terhadap panas. Membran ini berfungsi sebagai pembatas antara sitoplasma dan lingkungan ekstraseluler. Membran kedap untuk ion dan molekul kecil yang lain, dan karena tindakan protein transpor, membran sitoplasma mengontrol komposisi ionik dari sitoplasma. Membran sitoplasma juga harus mempertahankan gradien proton dan potensial listrik di membran. Energi yang disimpan dalam gradien elektrokimia proton dapat digunakan untuk mendorong proses yang membutuhkan energi seperti transportasi substrat, motilitas dan sebagainya.

Bakteri termofilik memiliki lipid kaya asam lemak jenuh. Struktur ini memungkinkan membran untuk tetap stabil dan fungsional pada suhu tinggi. Asam lemak jenuh membentuk lingkungan hidrofobik yang lebih kuat daripada asam lemak tak jenuh, sehingga memungkinkan membran lebih stabil. Archaea yang mayoritas hipertermofil mempunyai ikatan eter pada lipid di dinding sel.

b. Struktur Protein Sel

Enzim dan protein lain pada bakteri termofilik lebih tahan panas dibanding yang terdapat pada mesofilik dan berfungsi optimal pada suhu tinggi. Studi beberapa enzim termostabil menunjukkan bahwa enzim-enzim tersebut sedikit berbeda dalam urutan asam amino, menjadi bentuk sensitif terhadap panas pada enzim yang mengkatalisis reaksi yang sama seperti pada mesofilik. Protein yang tahan panas pada bakteri mesofilik didukung oleh peningkatan jumlah ikatan ion antara asam amino basa dan asam, dan seringkali struktur dalamnya sangat hidrofobik, dimana struktur inti yang hidrofobik ini menurunkan kemungkinan rusaknya ikatan ionik pada struktur protein, dan protein pada organisme termofilik mempunyai ketahanan alami dalam cairan sitoplasma.

Chaperonin merupakan suatu jenis protein yang tidak umum dijumpai pada protein protein fungsional lainnya di dalam sel. Protein ini berperan dalam mempertahankan atau menyusun kembali struktur tiga dimensi dari protein fungsional sel dari denaturasi suhu lingkungan yang bersifat ekstrim. Protein ini memiliki struktur yang tetap stabil, tahan terhadap denaturasi dan proteolisis. Protein ini dapat membantu organisme termofilik mengembalikan fungsi aktivitas enzimnya bila terdenaturasi oleh suhu yang tinggi. *Chaperonin* tersusun oleh molekul yang disebut *chaperone*, yang membentuk struktur *chaperonin* seperti tumpukan kue donat pada sebuah drum. Tiap cincin ini terdiri atas 7, 8 atau 9 subunit *chaperone* tergantung jenis organismenya. Dalam aktivitasnya mempertahankan struktur protein fungsional agar tetap stabil, *chaperonin* membutuhkan molekul ATP.

Bakteri termofilik juga mensintesa senyawa poliamin unik, seperti thermion dan thermospermin yang menstabilkan perangkat sintesa protein dan melindungi makromolekul terhadap temperatur tinggi. Selain itu, perubahan komposisi asam amino pada protein menyebabkan peningkatan interaksi elektrostatik, pembentukan ikatan hidrogen dan disulfide, peningkatan interaksi hidrofobik atau kekompakan struktur. Residu sistein lebih sedikit atau hampir tidak ditemukan pada enzim termofil. Inaktivasi sering disebabkan oleh oksidasi gugus SH, kandungan sistein yang lebih sedikit dapat memproteksi proses inaktivasi. Lokalisasi residu sistein juga menentukan stabilitas protein. Substansi asam amino juga dapat menyebabkan kenaikan hidrofobitas internal sehingga lebih tahan suhu tinggi.

c. Struktur DNA

Sebuah protein unik yang ditemukan pada organisme termofilik merupakan kemungkinan alasan DNA tidak terdenaturasi pada organisme ini. Semua bakteri termofilik menghasilkan topoisomerase DNA yang disebut DNA *gyrase*. DNA *gyrase* ini memberikansupercoil positif ke dalam DNA, sehingga menstabilkan DNA terhadap panas dan dengan demikian mencegah denaturasi DNA heliks. DNA *gyrase* merupakan salah satu anggota kelompok enzim topoisomerase yang berperan dalam mengontrol topologi DNA suatu sel dan memegang peran penting dalam proses replikasi dan transkripsi DNA. Semua jenis topoisomerase dapat merelaksasikan DNA tetapi hanya DNA *gyrase* yang dapat mempertahankan struktur DNA tetap berbentuk *supercoil*.

DNA *gyrase* disusun oleh 90-150 pasangan basa nitrogen DNA. DNA *gyrase* ini juga selalu dijumpai pada organisme yang hidup di lingkungan di atas 70°C dan juga dapat dijumpai pada organisme yang hidup pada suhu sekitar 60°C. DNA ini merupakan salah satu kelengkapan sel organisme termofilik. Poliamina juga berperan dalam stabilitas DNA dan dalam stabilitas makromolekul lain. Kation organik seperti putresin dan spermidin berada pada konsentrasi tinggi di sebagian besar organisme hipertermofilik. Bersama dengan Mg²⁺, poliamina berfungsi untuk menstabilkan RNA dan DNA. Dan pada Archaea termofilik seperti *Sulfolobus*, poliamina juga membantu menstabilkan ribosom, sehingga memfasilitasi sintesis protein pada suhu tinggi.³⁷

I. Jenis-jenis Bakteri Termofilik

Bakteri termoasidofilik (termofilik) meliputi bakteri yang hidup pada lingkungan dengan panas ekstrim dan keasaman ekstrim. Sebagai contoh, bakteri *Thermoplasma acidophilus*, yang tidak memiliki dinding sel, tumbuh optimum pada temperatur 59°C dan pH 1-2.³⁸

Indonesia merupakan negara yang memiliki keadaan geografis yang sangat dimungkinkan mengandung bakteri-bakteri termofilik karena Indonesia memiliki banyak gunung berapi serta sumber air panas. Beberapa bakteri termofilik berhasil diisolasi dari berbagai sumber air panas di Indonesia antara lain bakteri termofil sumber mata air panas di Pacet (8 genus bakteri antara lain *Thermus* sp,

³⁷ Susanti, V.H. "Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Termofilik...", h. 37-39.

³⁸ Sylvia T. Pratiwi, *Mikrobiologi Farmasi...*, h. 32.

Acetogenium sp, *Bacillus* sp, *Thermodesulfobacterium* sp, *Thermomicrobium* sp, *Thermotrix* sp, *Pseudomonas* sp, dan *Sulfobacillus* sp). Selain itu, mikroorganisme termofilik juga berhasil diisolasi dari sumber air panas Danau Ranau Sumatera Selatan dan didapat dua isolat yang merupakan genus *Bacillus* sp.

Bakteri termofilik juga ditemukan dari sumur minyak bumi Jatibarang. Isolat-isolat tersebut hidup dalam kondisi oksigen yang relatif sedikit dengan suhu 40-90 °C. Isolat-isolat tersebut diinkubasi pada suhu 45 °C dan didapatkan 12 isolat. Beberapa bakteri mampu hidup dengan suhu di atas 55 °C. Isolat tersebut diidentifikasi sebagai *Pseudomonas aeruginosa* , *P. putida* , *P. diminuta* , *Bacillus circulans* dan *Geobacillus stearothermophilus*.³⁹

Bakteri *Thermoproteales* umum dijumpai di sumber air panas, pegunungan, dan dasar laut. Temperatur optimum untuk pertumbuhannya berkisar 85-105°C. *Sulfolobus* sp. tumbuh pada pH optimum 2 dan temperatur optimum 70°C.⁴⁰

J. Aktivitas Bakteri Termofilik

Mikroorganisme termofilik memiliki kemampuan bertahan pada suhu tinggi karena adanya enzim termostabil. Bakteri termofilik dapat dimanfaatkan dalam bidang bioteknologi karena memiliki efisiensi dalam keadaan suhu tinggi.

³⁹ Maria, Y.E.P., dan Surya, R.P., "Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik Dari Sumber Mata Air Panas Di Songgoriti Setelah Dua Hari Inkubasi". *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 1, No. 1, 2012, h. 1.

⁴⁰ Sylvia T. Pratiwi, *Mikrobiologi Farmasi...*, h. 32.

Semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula laju difusi. Selain itu, enzim pada bakteri termofilik juga mampu mengkatalisis reaksi biokimia pada suhu tinggi dan umumnya lebih stabil dari bakteri mesofilik. Enzim yang terdapat pada bakteri termofilik juga dapat dimanfaatkan pada industri antara lain enzim amylase, selulase, xilanase, kitinase dan protease. Protease dapat digunakan untuk beberapa aplikasi seperti detergen, farmasi, pengempukan daging dan proses pengolahan limbah industri.⁴¹

Aktivitas mikroorganisme dipengaruhi oleh lingkungan. Perubahan yang terjadi di dalam lingkungan dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan sifat fisiologi mikroorganisme. Beberapa golongan sangat tahan terhadap perubahan lingkungan, sehingga cepat dapat menyesuaikan diri dengan kondisi baru. Ada pula golongan mikroorganisme yang sama sekali peka terhadap perubahan lingkungan tidak dapat menyesuaikan diri. Faktor lingkungan penting artinya di dalam usaha mengendalikan kegiatan mikroorganisme, baik untuk kepentingan proses ataupun pengendalian.

Temperatur merupakan salah satu faktor yang penting di dalam kehidupan. Beberapa jenis mikroorganisme dapat hidup pada daerah temperatur yang luas sedangkan jenis lainnya pada daerah yang terbatas. Pada umumnya batas daerah temperatur bagi kehidupan mikroorganisme terletak di antara 0°C dan 90°C. Sehingga untuk masing-masing mikroorganisme dikenal nilai temperatur minimum, optimum dan maksimum.

⁴¹ Maria, Y.E.P., dan Surya, R.P., "Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik ...", h. 1.

K. Uji Aktivitas Bakteri Termofilik Proteolitik

Salah satu kemampuan bakteri termofilik adalah menghasilkan enzim protease. Berdasarkan hasil penelitian, dari sumber air panas Singgahan Tuban, menunjukkan bahwa 76 isolat bakteri telah berhasil diisolasi dengan ketahanan suhu sekitar 70°C-80°C. Keberadaan bakteri termofilik pada sumber air panas ini disebabkan kondisi lingkungan sumber air panas yang mendukung kehidupan bakteri tersebut.

Hasil *screening* dengan media *skim milk* menunjukkan bahwa 28 isolat bakteri termofilik yang mengindikasikan bersifat proteolitik dengan ditandai terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri pada media *skim milk*. Zona bening yang terbentuk disekitar koloni dikarenakan enzim protease yang dihasilkan dari bakteri proteolitik tersebut telah mampu mendegradasi substrat yang mengandung kasein yang terdapat pada media *skim milk*. Kasein terhidrolisis menjadi peptida dan asam amino yang larut.⁴²

L. Uji Aktivitas Bakteri Termofilik Kitinolitik

Mikroorganisme kitinolitik merupakan mikroorganisme yang memiliki aktivitas kitinolitik, yaitu dapat mendegradasi kitin menggunakan enzim kitinase yang dihasilkan. *Bacillus* sp. telah diisolasi dari sumber air panas Danau Ranau, Sumatera Selatan. Bakteri *Bacillus* sp. merupakan salah satu bakteri yang mampu menghasilkan enzim kitinase. Bakteri kitinolitik ditandai dengan adanya

⁴² Dian Novalia dan Prima Retno, “*Screening* Bakteri Proteolitik Termofilik Dari Sumber Air Panas Singgahan Tuban”, *UNESA Journal of Chemistry*, Vol. 3, No. 3, September 2014, hal. 52. Diakses April 2016.

zona bening yang berhasil muncul di sekitar bakteri yang berarti bakteri tersebut telah berhasil mendegradasi media agar koloidal kitin.⁴³

M. Uji Aktivitas Bakteri Termofilik Amilolitik

Keberadaan bakteri pada suhu yang tinggi menyebabkan bakteri termofilik mampu memproduksi enzim yang stabil. Dalam aplikasinya, kestabilan enzim dari bakteri termofilik merupakan enzim yang sangat potensial dalam menggeser laju reaksi. Ginting menyatakan bahwa salah satu enzim yang dapat diproduksi dari bakteri termofilik adalah amilase.⁴⁴

Enzim amilase akan memecah substrat pati melalui tiga tahapan utama yaitu gelatinisasi, likuifikasi dan sakarifikasi. Ketiga proses tersebut merupakan proses dengan tingkat konsumsi energi yang tinggi sehingga meningkatkan biaya hidrolisis bahan berpati.

Pati adalah polimer glukosa dengan rumus molekul ($C_6H_{10}O_5$). Pembentukan polimer pati diawali dengan terbentuknya ikatan glukosida yaitu ikatan antara molekul glukosa melalui oksigen pada atom karbon utama. Karbohidrat golongan polisakarida ini banyak terdapat di alam, terutama pada sebagian tumbuhan. Pati dapat ditemukan pada umbi, daun, batang dan biji-bijian. Pati merupakan kelompok terbesar karbohidrat cadangan yang dimiliki oleh

⁴³ Rahmawati Sandra, Tius Enggarsari, dkk., "Enzim Kitinase Dan Aplikasi Di Bidang Industri", *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, Vol. 3, No. 3, Juli 2015, h. 882. Diakses Maret 2016.

⁴⁴ Irdawati dan Mades Fifendy, Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Amilase Dari Sumber Air Panas Rimbo Panti Pasaman, *Artikel*, 2011, h. 3. Diakses Mei 2016.

tumbuhan sesudah selulosa. Pati berperan sebagai sumber makanan penghasil energi utama dari golongan karbohidrat.⁴⁵

Amilase merupakan salah satu enzim yang berperan dalam menghidrolisis pati atau amilum menjadi gula yang lebih sederhana seperti fruktosa, dekstrin, maltosa dan glukosa. Amilase dibedakan atas tiga kelompok diantaranya:

a. Alfa-amilase

Alfa-amilase mengkatalisis hidrolisis ikatan 1,4 pati menghasilkan maltosa, glukosa dan dekstrin. Enzim ini memecah ikatan pada bagian dalam substrat, sehingga disebut juga dengan endoamilase. Enzim ini digunakan secara luas dalam industri makanan, deterjen dan kertas.

b. Beta-amilase

Beta-amilase mengkatalisis hidrolisis ikatan 1,4 pati menghasilkan maltosa dan dekstrin. Beta-amilase merupakan enzim yang menghidrolisis unit-unit gula dari ujung pati, sehingga enzim ini juga disebut dengan eksoamilase. Enzim ini juga banyak dimanfaatkan pada industri makanan dan kertas.

c. Glukosaamilase

Glukosaamilase memecah ikatan pati menjadi glukosa. Secara komersial diproduksi dari *Aspergillus* sp. Dan *Rhizopus* sp. Glukosaamilase digunakan dalam produksi sirup glukosa yang saat ini telah dimanfaatkan dalam berbagai industri makanan seperti industri permen, biskuit dan minuman ringan.

⁴⁵ Debora Nangin dan Aji Sutrisno, "Enzim Amilase Pemecah Pati Mentah Dari Mikroba", *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, Vol. 3, No. 3, 2015, h. 33. Diakses Juni 2017.

Amilase secara umum diproduksi oleh tumbuhan, hewan, manusia dan mikroba, tetapi enzim amilase yang berasal dari fungsi dan bakteri mendominasi penggunaan enzim amilase di bidang industri. Beberapa jenis *Bacillus* sp. *Actinomycetes* termasuk *Termomonospora* dan *Thermoactinomyces* merupakan kelompok yang memiliki kemampuan besar dalam memproduksi enzim amilase, *Bacillus licheniformis* memiliki kemampuan menghasilkan enzim amilase dalam kondisi lingkungan yang bersifat alkalis.

Enzim amilase yang dihasilkan oleh mikroba terutama bakteri, merupakan jenis enzim ekstraseluler. Bakteri menghasilkan enzim ini di dalam sel dan menggunakan di luar sel, yaitu untuk menghidrolisis sumber makanan yang mengandung amilum yang terdapat di lingkungan. Molekul amilum tidak dapat masuk ke dalam sel karena ukurannya sangat besar, karena itu molekul amilum dihidrolisis terlebih dahulu oleh enzim amilase ekstraseluler menjadi molekul karbohidrat yang lebih sederhana dan kecil ukuran molekulnya. Molekul hasil hidrolisis amilum oleh enzim amilase tersebut selanjutnya akan ditranspor masuk ke dalam sel bakteri dan didukung sebagai sumber karbon bagi aktifitas pertumbuhan dan kehidupannya.⁴⁶

Penelitian terhadap aktivitas amilase dari isolat termofilik air panas juga dilakukan oleh Sianturi, telah berhasil mengisolasi 22 isolat termofilik dengan 16 isolat yang menunjukkan aktivitas amilolitik. Diameter zona bening terbesar dihasilkan oleh PN9 (31,58 mm) dengan tahap isolasi inkubasi pada suhu 65°C,

⁴⁶ Trismilah dan Budiasih, "Pemanfaatan Berbagai Jenis Pati Sebagai Sumber Karbon Untuk Produksi -Amilase Ekstraseluler *Bacillus* Sp." *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, Vol. 11, No. 3, Desember 2009, h. 171. Diakses April 2017.

Sustiharmihardja juga telah berhasil mengisolasi 20 isolat termofilik amilolitik dengan diameter zona bening terbesar dihasilkan oleh GK4 (35,20 mm) pada tahap isolasi inkubasi pada suhu 65°C.⁴⁷

N. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim

Enzim mampu mempercepat reaksi kimia paling sedikit 1 juta kali lebih cepat dari reaksi yang tidak dikatalisis. Dalam sintesis enzim, parameter lingkungan sangat mempengaruhi. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh pH dari lingkungan tempat enzim bekerja, konsentrasi enzim dan substrat, suhu, dan adanya aktivator atau inhibitor enzim.

a. pH

Aktivitas katalitik enzim di dalam sel mungkindiatur sebagian oleh perubahan pada pH medium lingkungan. pH lingkungan juga berpengaruh terhadap kecepatan aktivitas enzim dalam mengkatalisis suatu reaksi. Hal ini disebabkan konsentrasi ion hidrogen mempengaruhi struktur 3 dimensi enzim dan aktivitasnya. Setiap enzim memiliki pH optimum yang khas, yaitu pH yang menyebabkan aktivitas maksimal. pH optimum enzim tidak perlu sama dengan pH lingkungan normalnya, dengan pH yang mungkin sedikit di atas atau di bawah pH optimum. Pada pH optimum struktur tiga dimensi enzim paling kondusif untuk mengikat substrat. Bila konsentrasi ion hidrogen berubah dari konsentrasi optimal, aktivitas enzim secara progresif hilang sampai akhirnya enzim menjadi tidak fungsional.

⁴⁷ Irdawati dan Mades Fifendy, *Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Amilase...*, h. 3. Diakses Mei 2016.

b. Konsentrasi Enzim dan Substrat

Kecepatan suatu reaksi yang menggunakan enzim tergantung pada konsentrasi enzim tersebut sebagai katalisator. Kecepatan reaksi bertambah seiring dengan bertambahnya konsentrasi enzim hingga batas tertentu. Aktivitas enzim dipengaruhi pula oleh konsentrasi substrat. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan konsentrasi enzim yang tetap, maka penambahan konsentrasi substrat akan menaikkan kecepatan reaksi. Akan tetapi pada batas konsentrasi tertentu, tidak terjadi kenaikan kecepatan reaksi walaupun konsentrasi substrat diperbesar.

c. Suhu

Suhu berpengaruh besar terhadap aktivitas enzim. Semua enzim bekerja dalam rentang suhu tertentu pada tiap jenis organisme. Secara umum, setiap peningkatan sebesar 10°C di atas suhu minimum, aktivitas enzim akan meningkat sebanyak dua kali lipat hingga mencapai kondisi optimum. Peningkatan suhu eksternal secara umum akan meningkatkan kecepatan reaksi kimia enzim, tetapi kenaikan suhu yang terlalu tinggi atau setelah melebihi suhu optimumnya akan menyebabkan terjadinya denaturasi enzim yaitu kerusakan struktur enzim, terutama kerusakan pada ikatan ion dan ikatan hidrogennya. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan kecepatan reaksi yang dikatalis oleh enzim tersebut. Denaturasi enzim di atas suhu optimum akan menyebabkan terjadinya kematian pada sel organisme, tetapi beberapa organisme mampu bertahan hidup dan tetap aktif pada suhu yang sangat tinggi, dimana organisme lain sudah tidak mampu

hidup seperti bakteri dan alga yang ditemukan pada sumber-sumber air panas di taman Nasional Yellow Stone Amerika, suhu optimum untuk hidupnya sebesar 70°C . Kenaikan suhu sebelum terjadinya proses denaturasi dapat menaikkan kecepatan reaksi. Koefisien suhu suatu reaksi diartikan sebagai kenaikan kecepatan reaksi sebagai akibat kenaikan suhu 10°C . Koefisien suhu ini diberi simbol Q_{10} . Untuk reaksi yang menggunakan enzim, Q_{10} ini berkisar antara 1,1 hingga 3,0 artinya setiap kenaikan suhu 10°C , kecepatan reaksi mengalami kenaikan 1,1 hingga 3,0 kali. Kenaikan suhu pada saat mulai terjadinya proses denaturasi akan mengurangi kecepatan reaksi. Karena ada dua pengaruh yang berlawanan, maka terjadi suatu titik optimum, yaitu suhu yang paling tepat bagi suatu reaksi yang menggunakan enzim tertentu.

d. Aktivator dan Inhibitor

Aktivitas enzim diperbesar dengan adanya aktivator yang mengaktifkan enzim. Aktivator dapat berupa logam atau non logam yang merupakan zat-zat non spesifik yang menguatkan proses enzimatik. Umumnya aktivator merupakan bahan tahan panas dan berberat molekul relatif rendah. Inhibitor merupakan faktor penghambat kerja enzim. Inhibitor kompetitif bersaing dengan substrat dalam berikatan dengan enzim, sehingga menghalangi substrat terikat pada sisi aktif enzim. Inhibitor nonkompetitif berikatan pada sisi enzim selain sisi tempat

substrat berikatan, mengubah konformasi molekul enzim, sehingga mengakibatkan inaktivasi dapat balik sisi katalitik.⁴⁸

O. Pemanfaatan Hasil Penelitian Karakteristik Morfologi dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik sebagai Penunjang Praktikum Mikrobiologi

1. Modul

Pemanfaatan dalam bentuk modul ditujukan untuk praktikan. Modul praktikum memuat materi tentang bakteri termofilik yang digunakan oleh praktikan selama berlangsungnya praktikum.

Modul praktikum yang disusun harus memiliki beberapa langkah agar dapat digunakan oleh praktikan guna memperlancar proses praktikum. Menurut Kepala Lembaga Administrasi Negara nomor 5 tahun 2009 tentang pedoman penulisan modul pendidikan dan pelatihan lembaga administrasi negara, bahwa modul praktikum yang disusun berisi⁴⁹

1. Penentuan judul, modul praktikum terlebih dahulu harus berisi judul praktikum yang sesuai dengan materi yang akan dipraktikkan.
2. Merumuskan tujuan dari praktikum, hal ini akan membuat praktikan dapat mengetahui hal-hal yang akan dipelajari dalam praktikum.
3. Alat dan bahan yang akan dibawa oleh praktikan untuk kelancaran sebuah praktikum.

⁴⁸ Susanti, V. H. "Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Termofilik...", h. 39-40.

⁴⁹ Lembaga Administrasi Negara, *Pedoman Penulisan Modul*, (Jakarta: Lembaga Administrasi Negara, 2009), h. 5.

4. Tinjauan pustaka dibuat sesuai dengan materi yang akan dipraktikkan didalamnya memuat materi secara umum.
5. Menentukan prosedur kerja, untuk memudahkan praktikan maka di dalam modul harus dipaparkan cara kerja baik di laboratorium maupun di lapangan sesuai dengan materi yang akan diberikan.
6. Tabel hasil pengamatan yang dirancang selanjutnya diisi oleh praktikan sesuai dengan hasil pengamatan selama berlangsungnya praktikum.
7. Pembahasan dan kesimpulan, yang berisi hasil pengamatan serta inti sari dari praktikum yang telah dilakukan oleh praktikan.
8. Daftar pustaka, merupakan sumber referensi yang menjadi acuan dalam modul praktikum.

Pemanfaatan dalam bentuk modul dalam penelitian ini yaitu modul yang berisikan tentang materi bakteri termofilik, dimana modul dalam praktikum berfungsi sebagai panduan praktikum, khususnya tentang karakteristik morfologi bakteri termofilik serta uji aktivitas bakteri tersebut.

2. Buku saku

Buku saku berisi informasi yang mendasar dan mendalam, tetapi terbatas pada suatu objek yang digunakan sebagai acuan. Buku saku disusun secara ringkas agar mahasiswa dapat memahami dengan baik. Buku saku untuk laboratorium berfungsi untuk mempermudah praktikan dalam belajar dan memperluas wawasan khususnya tentang karakteristik bakteri termofilik. Buku saku pada penelitian ini berisikan gambar, tabel hasil pengamatan dan deskripsi.

Buku saku ini diharapkan dapat memberi referensi baru bagi mahasiswa dan peneliti-peneliti selanjutnya tentang bakteri termofilik.

3. Bank isolat bakteri

Hasil isolasi bakteri (isolat) perlu diremajakan agar bakterinya tetap terjaga dan tetap hidup. Bank isolat merupakan kumpulan dari isolat-isolat bakteri yang bisa disimpan di laboratorium. Tujuan penyimpanan ini meliputi tujuan untuk keperluan selanjutnya, baik untuk keperluan jangka pendek maupun jangka panjang.⁵⁰ Isolat yang disimpan yang dimaksud pada penelitian ini yaitu isolat-isolat bakteri yang memiliki kemampuan mendegradasi amilum. Diharapkan dengan adanya bank isolat di laboratorium mikrobiologi dapat mempermudah dalam pelaksanaan praktikum serta dapat membantu peneliti-peneliti selanjutnya yang berkeinginan meneliti tentang bakteri termofilik, baik tingkat spesies maupun pengaplikasian enzim-enzim yang dihasilkan oleh bakteri tersebut untuk kehidupan sehari-hari.

⁵⁰ Muhammad Machmud, Teknik Penyimpanan Dan Pemeliharaan Mikroba, Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan, *Jurnal Buletin AgroBio*, Vol. 4, No. 1, 2001, h. 24. Diakses 21 Juni 2016.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan April 2017 di Gampong Ie Seuum, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Hasil yang diperoleh di lapangan akan diamati lebih lanjut di Laboratorium Mikrobiologi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Di Wisata Ie Seuum, Aceh Besar⁵¹

⁵¹ <https://www.google.co.id/maps/place/Pemandian+Air+Panas+Aceh+Besar>. Diakses 10 Juni, 2016.

B. Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah bakteri termofilik yang terdapat di kawasan wisata Ie Seuum, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Sampel bakteri termofilik diambil pada tiga titik pengamatan yaitu titik pertama pada aliran utama air panas, titik kedua pada aliran air panas yang menuju ke kiri dan titik ketiga pada aliran air panas yang menuju ke kanan. Sampel yang didapatkan akan diamati lebih lanjut di laboratorium mikrobiologi tentang karakteristik morfologi serta uji aktivitas dari bakteri termofilik tersebut.

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian disajikan dalam bentuk tabel berikut ini:

Tabel 3.1. Alat yang digunakan dalam penelitian.

No	Nama Alat	Fungsi
1	Laminar Air Flow	Sebagai ruang untuk proses penanaman mikroorganisme
2	Autoklaf	Untuk steril secara basah
3	Oven	Untuk steril secara kering
3	Inkubator	Untuk mengeramkan medium yang telah ditanami mikroorganisme
4	Petridish	Untuk membiakkan mikroorganisme
5	Ose	Untuk mengambil/ menanamkan mikroorganisme secara goresan
6	Hot Plate	Untuk memasak media
7	Labu Erlenmeyer	Sebagai wadah medium

8	Timbangan	Untuk menimbang bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan medium
9	Bunsen	Untuk mengfiksasi peralatan/tabung reaksi
10	Pipet mikro	Untuk mengambil sampel
11	Thermometer	Untuk mengukur suhu
12	Kertas pH meter	Untuk mengukur Ph
13	Termos	Untuk memasukkan sampel air di lapangan
14	Gayung	Untuk mengambil sampel air pertama kali
15	Mikroskop	Untuk melihat jasad renik
16	Kaca benda	Untuk meletakkan bakteri yang ingin diamati
17	Pipet tetes	Untuk mengambil zat warna
18	Kamera	Untuk dokumentasi hasil penelitian.
19	Gelas baker	Untuk menampung media, akuades dan lain-lain.
20	Rol/ Jangka sorong	Untuk mengukur zona bening yang terbentuk pada media pertumbuhan.
21	Kertas cakram	Untuk melihat zona bening
22	Lup	Untuk mengamati karakteristik koloni
23	Tabung Reaksi	Untuk menanam bakteri pada agar miring

Tabel 3.2. Bahan yang digunakan dalam penelitian.

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Sumber air panas	Sebagai sampel
2	Kristal violet	Untuk pewarnaan
3	Lugol	Untuk pewarnaan
4	Safranin	Untuk pewarnaan

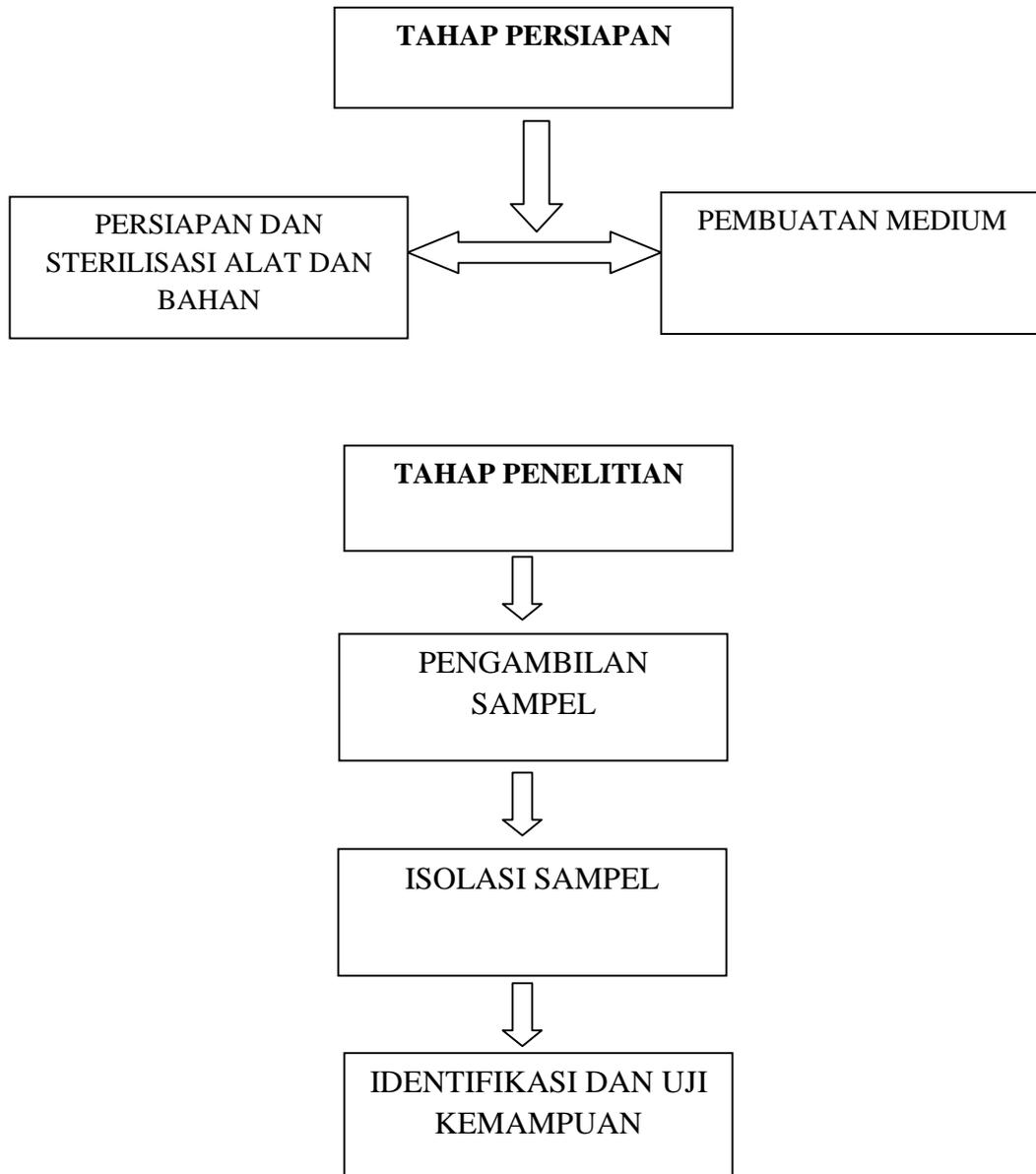
5	Alkohol 96%	Untuk proses pewarnaan
6	Media NA	Untuk penanaman isolate
7	Aquadest	Untuk membersihkan peralatan dan pembuatan media
9	Tepung beras	Untuk pembuatan media amilum
10	Agar murni	Untuk pembuatan media amilum
11	Media NB	Untuk menumbuhkan bakteri pada media cair

D. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini dengan menggunakan metode deskriptif untuk karakteristik morfologi koloni bakteri termofilik dan metode difusi cakram (*disk diffusion test*) untuk uji aktivitas bakteri termofilik. Sampel bakteri termofilik diambil pada tiga titik pengamatan yaitu titik pertama pada aliran utama air panas; Titik kedua pada aliran air panas yang menuju ke kiri; dan titik ketiga pada aliran air panas yang menuju ke kanan. Dimana masing-masing sampel dibuat pengulangan sebanyak 2 kali (duplo).⁵²

⁵² Irdawati dan Mades Fifendy, Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Amilase Dari Sumber Air Panas Rimbo Panti Pasaman, *Artikel*, 2011, h. 9. Diakses Mei 2016.

E. Prosedur Penelitian



Gambar 3.2 Skema Prosuder Penelitian

a. Persiapan dan Sterilisasi Alat

Alat yang harus disterilisasikan harus disiapkan terlebih dahulu seperti cawan Petri, tabung reaksi dan tip pipet. Cawan Petri disiapkan \pm 50 cawan Petri dan tabung reaksi disiapkan \pm 20 tabung reaksi. Cawan Petri dan tabung reaksi

terlebih dahulu dibungkus dengan menggunakan kertas buram, kemudian baru disterilisasi di dalam autoklaf dengan suhu 121^o, tekanan 1 atm selama 15 menit.

b. Pengambilan Sampel Air Panas

Pengambilan sampel dilakukan di sumber air panas Ie Seuum. Pengukuran parameter fisika dan kimia dilakukan terlebih dahulu sebelum sampel air diambil. Parameter yang diamati adalah suhu dan pH. Parameter suhu diukur menggunakan termometer yang dimasukkan ke dalam air dan dibiarkan selama 1 menit. Parameter pH dilakukan menggunakan kertas pH meter (lakmus) yang dicelupkan di permukaan air di dalam gayung.

Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik yang berbeda yaitu titik pertama pada aliran utama air panas, titik kedua pada aliran air panas yang menuju ke kiri dan titik ketiga pada aliran air panas yang menuju ke kanan. Sampel air diambil pada kedalaman ± 10 cm dari permukaan air lalu dimasukkan ke dalam termos.⁵³ Sampel air tersebut lalu dibawa ke Laboratorium Mikrobiologi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan untuk dibiakkan dan diamati karakteristik morfologinya serta diuji aktivitas bakteri termofilik tersebut dengan menggunakan media amilum/pati.

c. Pembuatan Medium Agar Nutrisi (NA)

Medium NA digunakan untuk menumbuhkan bakteri dari sampel air panas Ie Seuum. Ditimbang medium NA sebanyak 28 gram dan ditambahkan aquadest sebanyak 1 liter. Kemudian medium tersebut dimasak di atas hot plate sampai medium tersebut mendidih. Kemudian medium NA disterilisasi dengan

⁵³ Maria, Y.E.P., dan Surya, R.P., "Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik...", h. 2.

menggunakan autoklaf dengan 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah steril, medium NA dikeluarkan dan didinginkan hingga suhunya $\pm 45^\circ\text{C}$ masih dalam bentuk cair.

d. Proses penumbuhan bakteri termofilik

Proses penumbuhan bakteri pertama dari sumber air panas Ie Seuum dengan menggunakan teknik *pour plate* (agar tuang), dimana diambil sampel air panas dengan menggunakan mikropipet sebanyak 1 ml dan dipipetkan ke dalam cawan Petri steril dan kemudian dituangkan medium NA yang sudah bersuhu $\pm 45^\circ\text{C}$ lalu kemudian dihomogenkan dengan cara digoyang-goyangkan secara merata dan dibiarkan memadat. Kemudian diinkubasi pada suhu 50°C selama 24 jam.

e. Isolasi Bakteri Sumber Air Panas

Masing-masing cawan Petri diamati karakteristik morfologi koloni bakteri dari tiap-tiap koloni yang berbeda. Selanjutnya tiap-tiap koloni yang berbeda diberi nama sesuai dengan titik pengamatan. Koloni-koloni bakteri yang berbeda-beda diinokulasikan kembali ke cawan Petri yang berisi medium NA padat secara penggoresan dengan metode kuadran, selanjutnya diinkubasi pada suhu 50°C selama 24 jam hingga terlihat koloni–koloni tunggal yang tumbuh.⁵⁴

⁵⁴ Wira, H., et. Al, “Penapisan dan Karakterisasi Bakteri Amilo-Termofilik dari Sumber Air Panas Semurup, Kerinci, Jambi”. *Jurnal Biologi Universitas Andalas (J. Bio. UA.)*, Vol. 1, No. 2, 2012, h. 151.

f. Karakteristik Morfologi Isolat Bakteri Termofilik

1. Makroskopis

Morfologi koloni yang tumbuh dapat dibedakan berdasarkan bentuk koloni, tepi koloni, elevasi koloni dan warna koloni.⁵⁵ Karakteristik morfologi bakteri juga bisa dibedakan berdasarkan ada tidaknya lendir yang dihasilkan pada koloni tersebut.

Tabel 3.3 Penamaan isolat bakteri sesuai dengan karakteristik morfologi koloni bakteri

No	Kode isolat	Bentuk koloni	Warna koloni	Elevasi koloni	Tepian koloni	Permukaan koloni
1	K_{ca}	Tidak beraturan (<i>irregular</i>) dan menyebar	Krem	Datar	Berlekuk	Kasar
2	K_{cb}	Bundar (<i>circular</i>)	Krem kekuningan	Timbul	Licin	Halus mengkilap
3	K_{cc}	Berbenang-benang	Krem	Datar	Bercabang	Kasar
4	K_{cd}	Bundar (<i>circular</i>)	Kuning bening	Timbul	Licin	Halus mengkilap

2. Mikroskopis

Karakteristik morfologi secara mikroskopis yaitu meliputi sifat gram dan bentuk sel bakteri tersebut.

- Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram merupakan tahapan proses yang dilakukan yang bertujuan untuk mengamati bentuk dari bakteri termofilik yang telah diperoleh

⁵⁵ Irdawati dan Mades Fifendy, Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Amilase Dari Sumber Air Panas Rimbo Panti Pasaman, *Artikel*, 2011, h. 7. Diakses Mei 2016.

pada proses penanaman sebelumnya. Pewarnaan Gram dilakukan pada tiap-tiap proses isolasi.

Pewarnaan Gram dilakukan dengan cara disiapkan kaca benda yang steril kemudian diambil bakteri dengan menggunakan jarum ose dan diletakkan di atas kaca benda yang telah ditetesi aquades, lalu diratakan hingga tipis dan dikering anginkan. Kemudian dilakukan fiksasi di atas lampu bunsen yang bertujuan untuk merekatkan suspensi bakteri pada kaca benda serta untuk membebaskan dari bakteri liar yang mengkontaminasinya.

Preparat selanjutnya diberi zat warna kristal violet sebanyak 2-3 tetes ke permukaan preparat yang terdapat lapisan bakteri tersebut dan didiamkan selama 1 menit. Setelah 1 menit, preparat dibilas dengan air mengalir sampai zat warna luntur. Preparat dikeringkan di atas api bunsen. Setelah kering, diberi larutan iodium/lugol sebanyak 2-3 tetes ditambahkan ke permukaan preparat tersebut dan didiamkan selama 1 menit. Setelah 1 menit, preparat dibilas dengan air mengalir. Preparat dibilas dengan alkohol 96% selama 10 detik sampai semua zat warna luntur kemudian dicuci dengan air. Preparat dikeringkan di atas api bunsen. Setelah kering, di beri warna penutup yaitu safranin sebanyak 2-3 tetes ditambahkan ke permukaan preparat dan didiamkan selama 45 detik. Preparat dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan. Terakhir tetesi preparat dengan minyak emersi lalu preparat diamati menggunakan mikroskop pada pembesaran 10x100. Pewarnaan diulang untuk semua isolat yang sudah didapatkan.⁵⁶

⁵⁶ Maria, Y.E.P., dan Surya, R.P., "Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik...", h. 2.

g. Uji Aktivitas Bakteri Amilolitik

1. Pembuatan Medium NB (Nutrient Broth)

Medium NB digunakan untuk menumbuhkan bakteri dalam bentuk cair. Ditimbang medium NB sebanyak 0,8 gram dan ditambahkan aquadest sebanyak 100 ml. Kemudian medium tersebut dimasak di atas *hot plate* sampai medium tersebut mendidih. Kemudian medium NB disterilisasikan di dalam autoklaf dengan suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit.

2. Pembuatan Medium Amilum/pati

Medium amilum/pati merupakan medium yang akan digunakan untuk melihat kemampuan dari bakteri termofilik yang terdapat di Ie Seuum. Medium amilum dibuat dengan mencampurkan sebanyak 1,5 gram tepung beras rose brand dan 4 gram agar kemudian ditambahkan 150 ml aquadest. Kemudian medium tersebut dimasak di atas *hot plate* sampai medium tersebut mendidih. Kemudian medium amilum disterilisasikan di dalam autoklaf dengan suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit.

3. Uji Aktivitas (kemampuan)

Uji aktivitas bakteri termofilik yang bertujuan untuk melihat kemampuan mendegradasi medium amilum dilakukan dengan cara diambil satu ose bakteri isolat murni dari hasil isolasi di atas dan ditumbuhkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi 5 ml medium NB. Kemudian diinkubasi pada suhu 50°C selama 24 jam. Setelah bakteri tersebut tumbuh

pada medium NB, selanjutnya diambil suspensi bakteri tersebut sebanyak 0,1 ml dengan mikro pipet dan ditetesi ke atas kertas cakram, dan kemudian kertas cakram tersebut diletakkan di dalam cawan Petri yang telah berisi medium amilum padat. Kemudian diinkubasikan pada suhu 50°C selama 24 jam. Proses tersebut dilakukan pada masing-masing koloni bakteri yang telah ditumbuhkan pada medium NB. Setelah 24 jam, diamati zona bening yang terbentuk pada masing-masing kertas cakram. Diameter zona bening bakteri yang terbentuk diukur dengan menggunakan jangka sorong.⁵⁷

F. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian adalah sarana penelitian (berupa seperangkat tes dan sebagainya) untuk mengumpulkan data sebagai bahan pengolahan.⁵⁸ Instrumen pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini berupa tabel pengamatan.

G. Teknik Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif dengan memperhatikan karakteristik morfologi koloni bakteri termofilik serta pengukuran zona bening yang terbentuk setelah dilakukan uji amilase dalam bentuk gambar dan tabel.

⁵⁷ Irdawati dan Mades Fifendy, Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Amilase, h. 9-10. Diakses Mei 2016.

⁵⁸ Kamus Besar Bahasa Indonesia diakses 21 Juni 2016.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

1. Karakteristik Bakteri Termofilik

Penelitian ini menggunakan koloni bakteri termofilik yang di tumbuhkan dari sampel air panas yang diambil dari kawasan wisata Ie Seuum, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Sampel bakteri diambil dari tiga titik pengamatan, dimana masing-masing titik memiliki suhu air yang berbeda-beda seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengukuran parameter suhu dan pH

No	Titik	Suhu	pH
1	1	73°C	7 (netral)
2	2	63°C	7 (netral)
3	3	55°C	7 (netral)

Titik pertama memiliki suhu air 73°C, titik kedua memiliki suhu air 63°C dan titik ketiga memiliki suhu air 55°C. Namun, masing-masing titik memiliki kadar pH yang sama yaitu 7 (netral) seperti pada Tabel 4.1.

Masing-masing sampel ditumbuhkan dengan 2 kali ulangan (*duplo*), sehingga diperoleh koloni-koloni bakteri termofilik yang diamati karakteristiknya. Hasil pengamatan karakteristik makroskopis diperoleh 4 jenis isolat bakteri yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Masing-masing jenis isolat diberi kode nama K_a , K_b , K_c , dan K_d seperti terlihat pada Tabel 4.2.

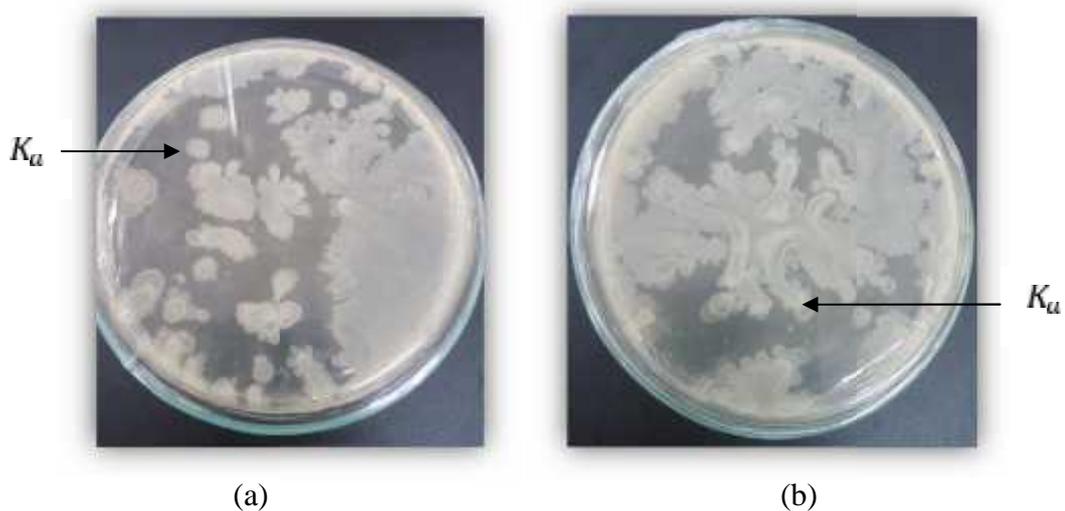
Tabel 4.2 Hasil pengamatan makroskopis karakteristik morfologi koloni bakteri termofilik pada kawasan ie seuum

No	Titik	Kode isolat	Bentuk koloni	Warna koloni	Elevasi koloni	Tepian koloni	Permukaan koloni	Lendir
1	Titik 1 (73 ^u C)	<i>K_a</i>	Tidak beraturan (<i>irregular</i>) dan menyebar	Krem	Datar	Berlekuk	Kasar	+
2	Titik 2 (63 ^u C)	<i>K_a</i>	Tidak beraturan (<i>irregular</i>) dan menyebar	Krem	Datar	Berlekuk	Kasar	+
3		<i>K_b</i>	Bundar (<i>circular</i>)	Krem kekuning- kuningan	Timbul	Licin	Halus mengkilap	-
4		<i>K_c</i>	Berbenang-benang	Krem	Datar	Bercabang	Kasar	-
5	Titik 3 55 ^u C	<i>K_a</i>	Tidak beraturan (<i>irregular</i>) dan menyebar	Krem	Datar	Berlekuk	Kasar	+
6		<i>K_b</i>	Bundar (<i>circular</i>)	Krem kekuning- kuningan	Timbul	Licin	Halus mengkilap	-
7		<i>K_d</i>	Bundar (<i>circular</i>)	Kuning bening	Timbul	Licin	Halus mengkilap	-

Sumber: Data penelitian

Hasil pengamatan diperoleh 3 bentuk koloni, yaitu bentuk tidak beraturan (*irregular*) dan menyebar, berbenang-benang serta bentuk bundar (*circular*); karakteristik warna koloni diperoleh 3 warna, yaitu krem, krem kekuning-kuningan dan kuning bening; karakteristik elevasi koloni diperoleh 2 bentuk, yaitu datar dan timbul; karakteristik tepian koloni ada 3 yaitu berlekuk, bercabang dan licin; karakteristik permukaan koloni ada 2 macam, yaitu kasar dan halus mengkilap; terakhir dari karakteristik lendir yang dihasilkan dimana hanya isolat K_u yang menghasilkan lendir seperti yang terlihat pada Tabel 4.2.

Koloni bakteri yang dikarakteristikkan tersebut diperoleh dari masing-masing sampel air panas yang ditumbuhkan pada media NA dengan metode agar tuang, dimana tiap-tiap titiknya dilakukan 2 kali pengulangan sehingga terdapat 6 cawan Petri. Dari masing-masing cawan Petri akan terlihat koloni-koloni bakteri yang tumbuh seperti yang terlihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



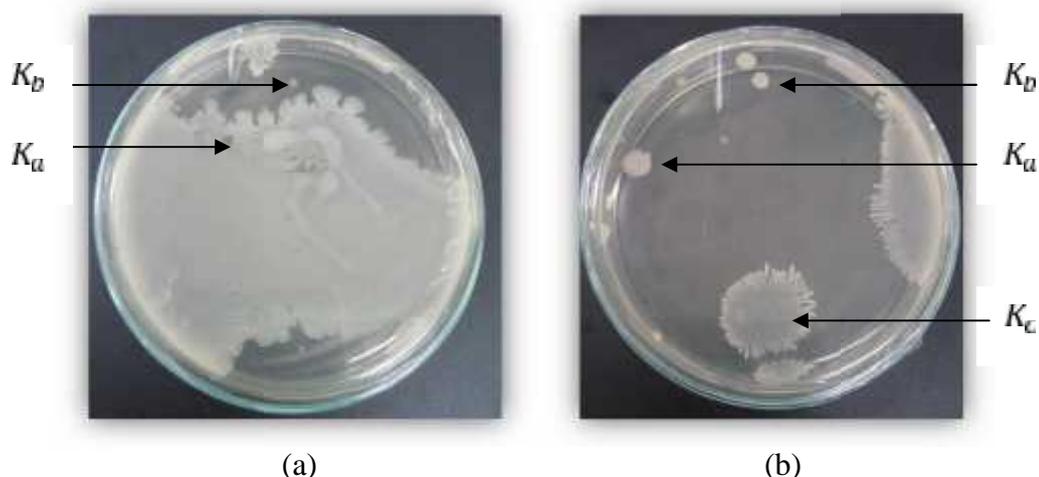
Gambar 4.1 Koloni bakteri pada titik 1 (Sumber: Penelitian)

(a) Bentuk koloni pada ulangan 1

(b) Bentuk koloni pada ulangan 2

K_u : Kode isolat

Pada Gambar 4.1 memperlihatkan koloni bakteri pada titik 1 dengan suhu 73°C dan pH 7 (netral). Pada titik 1 ditemukan satu jenis koloni yaitu K_{α} , dimana koloninya memiliki bentuk tidak beraturan (*irregular*) dan menyebar; koloni berwarna krem, elevasi koloni datar; tepian koloni berlekuk; permukaan koloninya kasar dan menghasilkan lendir.



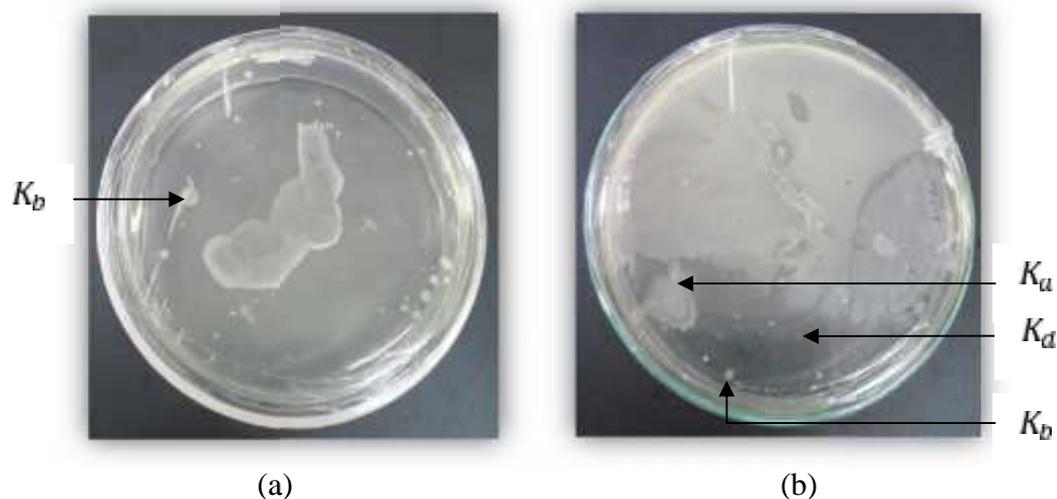
Gambar 4.2 Koloni bakteri pada titik 2 (Sumber: Penelitian)

(a) Bentuk koloni pada ulangan 1

(b) Bentuk koloni pada ulangan 2

K_{α} , K_{β} , K_{γ} : Kode isolat

Pada Gambar 4.2 memperlihatkan koloni bakteri pada titik 2 dengan suhu 63°C dan pH 7 (netral). Pada titik 2 ditemukan tiga jenis koloni yaitu K_{α} , K_{β} , dan K_{γ} . Koloni K_{α} memiliki karakteristik yang sama dengan koloni pada Gambar 4.1. Koloni K_{β} memiliki karakteristik dimana koloninya berbentuk bundar (*circular*); koloni berwarna krem kekuning-kuningan, elevasi koloni timbul; tepian koloni licin; permukaan koloninya halus mengkilap dan tidak menghasilkan lendir. Koloni K_{γ} memiliki karakteristik dimana koloni berbentuk berbenang-berbenang; koloni berwarna krem; elevasi koloni datar; tepian koloni bercabang; permukaan koloninya kasar dan juga tidak menghasilkan lendir.



Gambar 4.3 Koloni bakteri pada titik 3 (Sumber: Penelitian)

(a) Bentuk koloni pada ulangan 1

(b) Bentuk koloni pada ulangan 2

K_a , K_b , K_c : Kode isolat

Pada Gambar 4.3 memperlihatkan koloni bakteri pada titik 3 dengan suhu 55°C dan pH 7 (netral). Pada titik 3 ditemukan tiga jenis koloni yaitu K_a , K_b , dan K_d . Koloni K_a dan K_b memiliki karakteristik yang sama seperti koloni pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Sedangkan koloni K_d memiliki karakteristik dimana koloni berbentuk bundar (*circular*); koloni berwarna kuning bening; elevasi koloni timbul; tepian koloni licin; permukaan koloninya halus mengkilap dan tidak menghasilkan lendir.

Koloni bakteri termofilik yang tumbuh tidak hanya memperlihatkan karakteristik koloni bakteri yang berbeda, tetapi menunjukkan jumlah koloni yang muncul juga berbeda-beda seperti terlihat pada tabel 4.3.

Tabel. 4.3 Jumlah Isolat Bakteri Termofilik pada Sumber Air Panas Ie Seuum

Titik	Jenis isolat	Kode nama	Jumlah koloni
1	1	K_a	49
2	3	K_a	8
		K_b	8
		K_c	3
3	3	K_a	4
		K_b	62
		K_d	2
Totak keseluruhan koloni			136

Sumber: Data penelitian

Berdasarkan hasil pengamatan pada masing-masing titik menunjukkan jumlah koloni yang berbeda, dimana jumlah koloni paling banyak muncul yaitu isolat K_b pada titik 3 yaitu dengan jumlah 62 koloni dan jumlah koloni paling sedikit yaitu isolat K_d pada titik 3 dengan jumlah 2 koloni seperti yang terlihat pada Tabel 4.3.

Berdasarkan hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa masing-masing jenis isolat yang diperoleh memiliki jumlah total koloni yang berbeda seperti terlihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Jumlah koloni masing-masing jenis isolat

No	Kode isolat	Jumlah koloni
1	K_a	61
2	K_b	70
3	K_c	3
4	K_d	2
Total Koloni		136

Sumber: Data penelitian

Hasil pengamatan menunjukkan isolat K_a memiliki jumlah total 61 koloni, K_b memiliki jumlah total 70 koloni, K_c memiliki jumlah total 3 koloni dan K_d hanya memiliki jumlah total 2 koloni. Hal tersebut menunjukkan bahwa bakteri

termofilik yang terdapat di kawasan Ie Seem frekuensi kemunculan terbanyak oleh bakteri jenis isolat K_D seperti yang terlihat pada Tabel 4.4.

Koloni bakteri setelah dilakukan pengamatan makroskopis juga dilakukan pengamatan secara mikroskopis berupa sifat Gram positif atau negatif serta bentuk sel bakterinya.

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Mikroskopis Bakteri Termofilik pada Sumber Air Panas Ie Seem

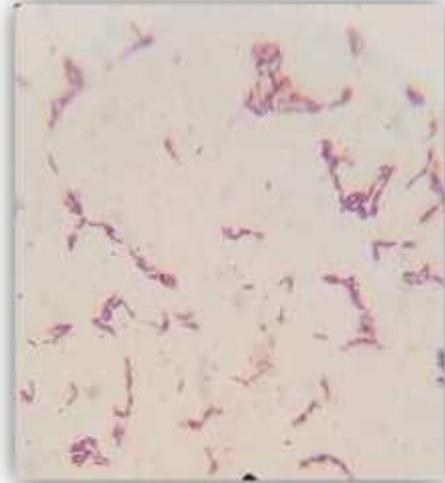
No	Titik	Kode isolat	Bentuk sel	Sifat Gram
1	1	K_a	Batang	Positif (+)
2	2	K_a	Batang	Positif (+)
3		K_D	Batang	Positif (+)
4		K_c	Batang	Positif (+)
5	3	K_a	Batang	Positif (+)
6		K_D	Batang	Positif (+)
7		K_d	Spiral	Negatif (-)

Hasil pewarnaan Gram dari masing-masing isolat dapat diketahui bahwa isolat K_a , K_D dan K_c merupakan bakteri Gram positif sedangkan isolat K_d merupakan bakteri Gram negatif. Berdasarkan proses pewarnaan Gram juga diperoleh bahwa isolat K_a , K_D dan K_c menunjukkan bentuk sel batang (*bacill*), kecuali isolat K_d yang menunjukkan bentuk sel spiral seperti yang terlihat pada Tabel 4.5.

Isolat bakteri yang memiliki kesamaan hanya akan diambil satu isolat saja untuk diuji aktivitasnya. Dengan demikian isolat yang akan diuji aktivitas dengan menggunakan medium amilum ada 4 jenis isolat bakteri yaitu K_a , K_D , K_c dan K_d .



(a)



(b)

Gambar 4.4 (a) Koloni bakteri K_u , (b) Pewarnaan Gram koloni bakteri K_u .
Sumber: Foto penelitian.



(a)

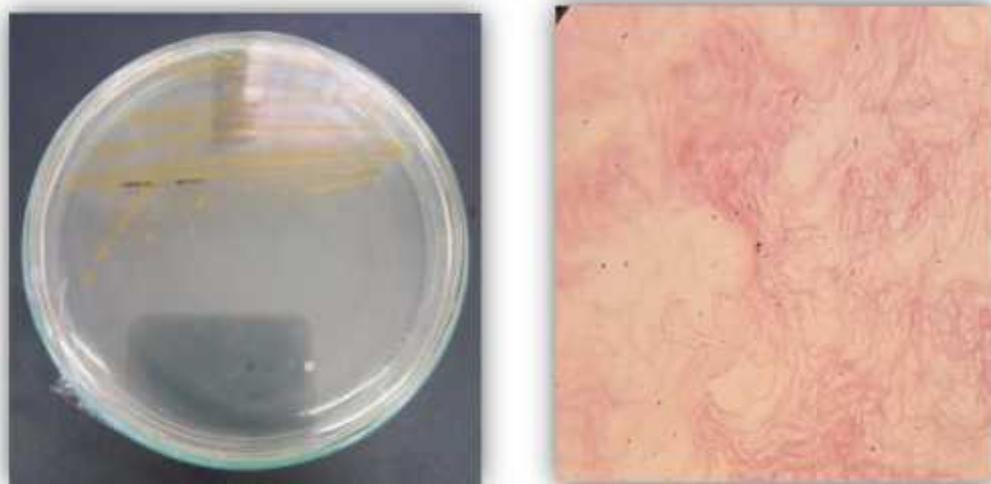


(b)

Gambar 4.5 (a) Koloni bakteri K_D , (b) Pewarnaan Gram koloni bakteri K_D .
Sumber: Foto penelitian



(a) (b)
 Gambar 4.6 (a) Koloni bakteri K_c , (b) Pewarnaan Gram koloni bakteri K_c .
 Sumber: Foto penelitian



(a) (b)
 Gambar 4.7 (a) Koloni bakteri K_d , (b) Pewarnaan Gram koloni bakteri K_d .
 Sumber: Foto penelitian.

Jenis isolat K_u , K_D dan K_c dari hasil pewarnaan Gram diperoleh hasil sel berwarna ungu yang merupakan bakteri Gram positif dan sel yang didapatkan berbentuk batang (*bacill*) seperti terlihat pada Gambar 4.4, 4.5 dan 4.6. Sedangkan jenis isolat K_d menunjukkan sel yang berwarna merah yang merupakan bakteri

Gram negatif dan sel yang dihasilkan berbentuk spiral seperti terlihat pada Gambar 4.7. Dari hasil isolasi tersebut akan didapatkan isolat murni yang nantinya akan diuji aktivitasnya pada medium amilum.

2. Uji Aktivitas (kemampuan) Bakteri Termofilik

Bakteri termofilik merupakan bakteri yang hidup pada kondisi ekstrim. Bakteri yang hidup pada kondisi ekstrim memiliki kemampuan khusus dalam mempertahankan hidupnya. Salah satu kemampuan yang dimiliki oleh bakteri termofilik adalah menghasilkan enzim amilase. Kemampuan dari bakteri termofilik dapat dilihat dari zona bening yang terbentuk disekitar kertas cakram.

Zona bening yang terbentuk diukur dengan menggunakan jangka sorong. Data hasil pengukuran zona bening dari tiap ulangan dengan 2 hari pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Hasil Diameter Zona Bening yang Terbentuk dari Masing-Masing Isolat Bakteri

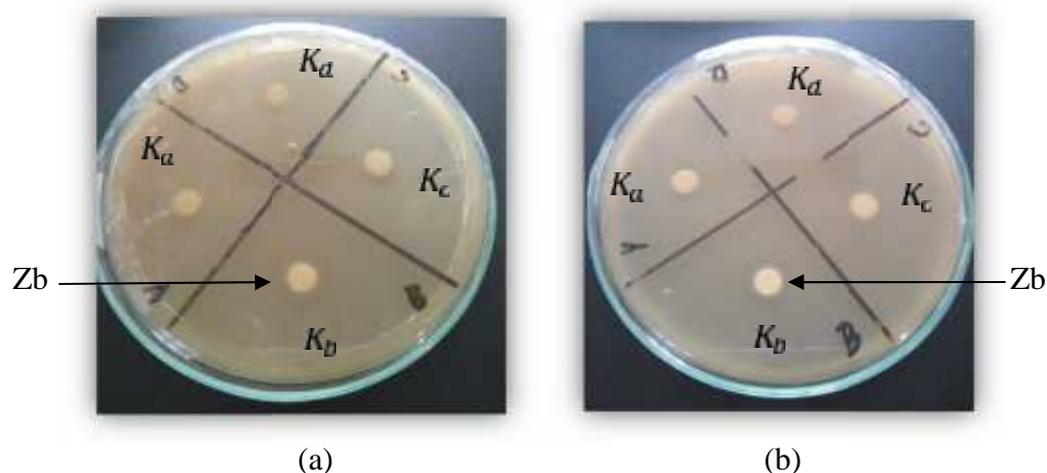
No	Kode Isolat	Hari pertama Ulangan		Rata-Rata Hari Pertama (mm)	Hari kedua Ulangan		Rata-Rata Hari Kedua (mm)
		I (mm)	II (mm)		I (mm)	II (mm)	
1	K_a	-	-	-	-	-	-
2	K_b	11	8	9,5	12	11	11,5
3	K_c	-	-	-	10	9	9,5
4	K_d	-	-	-	-	-	-

Sumber: Data penelitian

Data hasil pengukuran, diperoleh bahwa isolat K_b paling cepat membentuk zona bening dibandingkan dengan isolat K_a , K_c dan K_d . Pengukuran zona bening isolat K_b dihari pertama diperoleh rata-rata 9,5 mm dan pengukuran zona bening pada hari kedua diperoleh rata-rata 11,5. Hal ini menunjukkan zona

bening yang dibentuk isolat K_D semakin besar. Zona bening pada isolat K_C terbentuk pada hari kedua dengan nilai rata-rata 9,5 mm. Terbentuknya zona bening pada isolat K_D dan K_C menandakan bahwa bakteri isolat K_D dan K_C ini mampu menghasilkan enzim amilase, dimana enzim amilase inilah yang mengakibatkan terbentuknya zona bening disekitar bakteri. Sedangkan untuk isolat lainnya tidak menghasilkan enzim amilase sehingga tidak terbentuk zona bening seperti terlihat pada Tabel 4.5.

Isolat-isolat bakteri termofilik yang mampu menghasilkan enzim amilase ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri. Hal ini menunjukkan bahwa isolat bakteri tersebut mampu mendegradasi amilum sehingga terbentuklah zona bening seperti terlihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



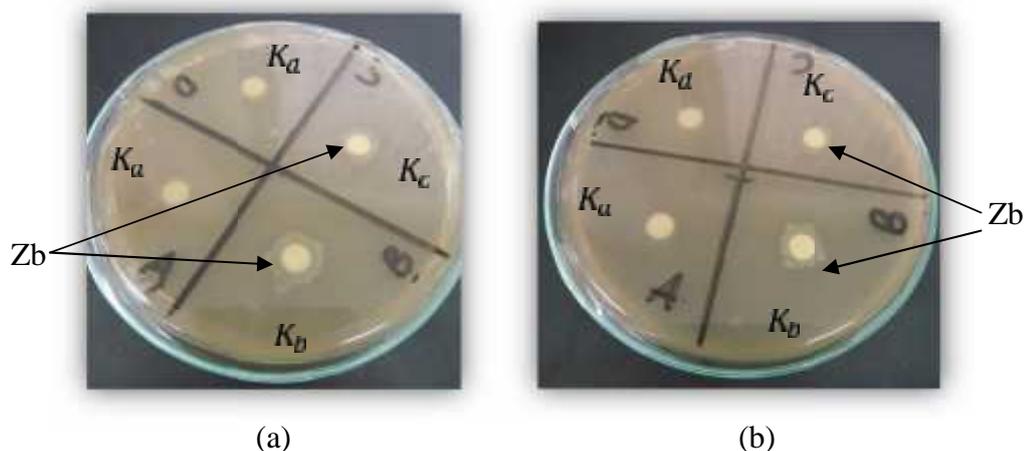
Gambar 4.8 Diameter Zona bening hari pertama (Sumber: Penelitian)

(a) Ulangan pertama, (b) Ulangan kedua.

Zb: Zona bening

Berdasarkan hasil pengamatan, pada hari pertama zona bening hanya terbentuk pada isolat K_D seperti terlihat pada Gambar 4.8. Dimana pada cawan Petri ulangan pertama zona bening yang terbentuk berukuran 11 mm, sedangkan

pada ulangan kedua zona bening terbentuk berukuran 8 mm. Zona bening ulangan pertama lebih besar dibandingkan dengan zona bening ulangan kedua.



(a) (b)
Gambar 4.9 Diameter Zona bening hari kedua (Sumber: Penelitian)
(a) Ulangan pertama, (b) Ulangan kedua.
Zb: Zona bening

Hasil pengamatan pada hari kedua zona bening tidak hanya terbentuk pada isolat K_b tetapi juga terbentuk pada isolat K_c seperti terlihat pada Gambar 4.9. Pengukuran zona bening pada hari kedua isolat K_b pada ulangan pertama berukuran 12 mm dan pada ulangan kedua 11 mm. Hasil pengukuran zona bening pada isolat K_c pada ulangan pertama berukuran 10 mm dan pada ulangan kedua berukuran 9 mm.

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa hanya isolat K_b dan K_c mampu menghasilkan enzim amilase sehingga terbentuk zona bening disekitarnya, sedangkan untuk isolat K_a dan K_d tidak menghasilkan enzim amilase sehingga tidak terbentuk zona bening disekitar kertas cakram seperti pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.

3. Pemanfaatan Hasil Penelitian Karakteristik Morfologi dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik yang Terdapat Di Kawasan Wisata Ie Seuum Kecamatan Masjid Raya Sebagai Penunjang Praktikum Mikrobiologi

Pemanfaatan hasil penelitian tentang karakteristik morfologi dan uji aktivitas bakteri termofilik yang terdapat di Ie Seuum dapat dijadikan sebagai penunjang praktikum mikrobiologi berupa modul praktikum, buku saku serta bank isolat. Dimana ketiga bentuk hasil tersebut akan digunakan untuk dilaksanakan praktikum tentang bakteri termofilik yang terdapat di kawasan wisata Ie Seuum. Adapun modul praktikum, buku saku dan bank isolat terlihat pada Gambar 4.10, Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4.10 Cover modul praktikum

Modul praktikum dapat digunakan oleh mahasiswa sebagai acuan dalam kegiatan praktikum. Modul pratikum berisikan: pokok bahasan, indikator, dasar teori, tujuan praktikum yang berkenaan dengan karakteristik bakteri termofilik dan kemampuannya, alat dan bahan, prosedur kerja, lembar hasil pengamatan, lembar pembahasan, lembar kesimpulan dan daftar pustaka. Cover modul praktikum dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.11 Cover buku saku

Buku saku bisa dimanfaatkan mahasiswa untuk menambah wawasan tentang karakteristik bakteri termofilik yang terdapat di kawasan wisata Ie Seuum kecamatan mesjid Raya kabupaten Aceh Besar. Cover buku saku dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Selain modul dan buku saku, penelitian ini juga menghasilkan bank isolat bisa dimanfaatkan untuk dilakukan pengamatan lebih lanjut tentang bakteri termofilik seperti terlihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Bank isolat bakteri termofilik

Bank isolat merupakan isolat bakteri yang disimpan di laboratorium. Bank isolat ini berisikan bakteri termofilik yang terdapat di kawasan Ie Seuum, dimana nanti bank isolat tersebut bisa digunakan oleh mahasiswa untuk melakukan pengamatan lebih lanjut tentang bakteri termofilik. Bank isolat dapat dilihat pada Gambar 4.12.

B. PEMBAHASAN PENELITIAN

1. Karakteristik bakteri termofilik

Bakteri termofilik ditumbuhkan dari air panas yang terdapat di kawasan wisata Ie Seuum Kecamatan Masjid Raya Kabupaten Aceh Besar. Sampel bakteri diambil dari tiga titik pengamatan, dimana masing-masing titik memiliki suhu air yang berbeda-beda. Titik pertama memiliki suhu air 73°C , titik kedua memiliki suhu air 63°C dan titik ketiga memiliki suhu air 55°C . Namun, masing-masing titik memiliki kadar pH yang sama yaitu 7 (netral). Pengambilan titik pengamatan ini secara acak dengan melihat perbedaan suhunya antara 10°C - 15°C . Dengan perbedaan suhu tersebut dapat dilihat perbedaan karakteristik dari tiap-tiap titik pengamatan.

Sampel air dari titik pengamatan akan ditumbuhkan dengan suhu inkubasi 50°C . Suhu inkubasi 50°C ini merupakan kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan bakteri termofilik yang artinya pada suhu tersebut bakteri dapat tumbuh dengan baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Unus Suriawira,

mengatakan bahwa suhu optimum bagi bakteri termofilik yaitu kisaran 45°C - 65°C.⁵⁹

Berdasarkan hasil penelitian, setelah dilakukan proses penumbuhan bakteri dan proses isolasi diperoleh 4 jenis isolat bakteri termofilik yang terdapat di kawasan wisata Ie seuum. Masing-masing isolat tersebut diberi kode nama untuk membedakannya, yaitu K_u , K_D , K_C dan K_a . Pemberian kode nama yang berbeda ini menunjukkan bahwa setiap isolat tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Bakteri termofilik memiliki karakteristik yang berbeda-beda baik secara makroskopis maupun mikroskopis. Hasil pengamatan makroskopis menunjukkan karakteristik yang bervariasi baik dari segi bentuk koloni, tepi koloni, elevasi koloni, warna koloni, permukaan koloni serta lendir yang dihasilkan.

Hasil pengamatan makroskopis memperlihatkan koloni bakteri pada titik 1 dengan suhu 73°C dan pH 7 (netral) ditemukan satu jenis koloni yaitu K_u , dimana koloninya memiliki bentuk tidak beraturan (*irregular*) dan menyebar; Koloni berwarna krem; elevasi koloni datar; tepian koloni berlekuk; permukaan koloninya kasar serta menghasilkan lendir (Tabel 4.1).

Hasil pengamatan memperlihatkan koloni bakteri pada titik 2 dengan suhu 63°C dan pH 7 (netral) ditemukan tiga jenis koloni yaitu K_u , K_D , dan K_C . Koloni K_u memiliki karakteristik yang sama dengan koloni pada titik 1. Koloni K_D memiliki karakteristik yang berbeda dimana koloninya berbentuk bundar (*circular*); koloni berwarna krem kekuning-kuningan; elevasi koloni timbul;

⁵⁹ Unus Suriawiria, *Mikrobiologi Air*, (Bandung: PT. Alumni, 2013), h. 53.

tepi koloni licin; permukaan koloninya halus mengkilap dan tidak menghasilkan lendir. Koloni K_c memiliki karakteristik dimana koloni berbentuk berbenang-berbenang; koloni berwarna krem; elevasi koloni datar; tepi koloni bercabang; permukaan koloninya kasar dan juga tidak menghasilkan lendir (Tabel 4.1).

Hasil pengamatan memperlihatkan koloni bakteri pada titik 3 dengan suhu 55°C dan pH 7 (netral) ditemukan tiga jenis koloni yaitu K_a , K_b , dan K_c . Koloni K_a dan K_b memiliki karakteristik yang sama seperti koloni titik 1 dan titik 2. Sedangkan koloni K_c memiliki karakteristik yang berbeda dimana koloni berbentuk bundar (*circular*); koloni berwarna kuning bening; elevasi koloni timbul; tepi koloni licin; permukaan koloninya halus mengkilap dan tidak menghasilkan lendir (Tabel 4.1).

Berdasarkan hasil penelitian, bentuk koloni bakteri ada yang berbentuk tidak beraturan (*irregular*), berbenang-benang dan bundar (*circular*). Tepi koloni ada yang berlekuk, bercabang serta licin. Elevasi koloni hanya ada 2 variasi yaitu datar dan timbul, begitu juga dengan permukaan koloni ada kasar dan ada yang halus mengkilap. Segi warna bakteri termofilik memiliki warna krem, krem kekuning-kuningan dan kuning bening.

Hasil penelitian Nuniek Herdyastuti, yang berhasil mengisolasi 4 bakteri termofilik yang bersumber dari air panas Songgoriti dengan suhu 45°C .⁶⁰ Dimana hasil isolasi bakteri yang terdapat disumber air panas Songgoriti sama dengan

⁶⁰ Nuniek Herdyastuti, "Kitinase dan mikroorganisme kitinolitik", *Jurnal Chem.*, Vol. 9, No. 1, 2009, h. 33. Diakses April.

hasil isolasi bakteri termofilik yang terdapat disumber air panas Ie Seuum yang berjumlah 4 isolat.

Hasil penelitian Nuniek Herdyastuti tentang karakteristik menjelaskan bahwa karakteristik morfologi koloni bakteri pada suatu media yaitu bentuk koloni berupa bulat, berbenang, tak teratur, serupa akar, dan serupa kumbaran. Elevasi koloni berupa datar, timbul datar, melengkung dan membukit. Tepi koloni dapat berupa licin, berombak, berbelah, bergerigi berbenang dan keriting. Warna koloni berupa keputih-putihan, kekuning-kuningan, kelabu atau hampir bening.⁶¹

Hasil penelitian lain yaitu menurut Rahmadani, dkk., dari sumber air panas sungai Medang, hasil penelitiannya menunjukkan bentuk koloni yaitu bundar dan tak beraturan; tepian koloni yaitu berombak dan licin; elevasi koloni yaitu timbul dan datar; Warna koloni yaitu krem dan kuning; serta permukaan koloni ada yang halus dan kasar.⁶² Dimana hasil penelitiannya hampir sama dengan karakteristik bakteri termofilik yang terdapat di Ie Seuum baik dari segi bentuk, elevasi maupun tepian koloni.

Berdasarkan hasil kemunculan isolat bakteri yang diperoleh terdapat isolat yang kemunculannya dominan diantara isolat-isolat yang lain, yaitu isolat K_a . Dimana isolat K_a ini terdapat pada semua titik baik titik 1, titik 2, maupun titik 3. Sedangkan untuk isolat K_b hanya terdapat pada titik 2 dan titik 3, isolat K_c hanya terdapat pada titik 2 dan isolat K_d hanya terdapat pada titik 3 (Tabel 4.2).

⁶¹ Nuniek Herdyastuti, "Kitinase dan mikroorganisme...", h. 35-36.

⁶² Rahmadani, Anthoni, dkk., "Isolasi dan Karakteristik Bakteri Amilotermofilik Dari Sumber Air Panas Sungai Medang" *Jurnal Biologi Universitas Andalan*, Vol. 2, No.4, 2015, h. 121. Diakses juni 2016.

Dominannya kemunculan isolat K_a ini menunjukkan bahwa isolat tersebut dapat hidup pada kisaran suhu 55°C - 73°C . Sedangkan untuk isolat K_b , K_c dan K_d memiliki kemungkinan bahwa bakteri tersebut hanya hidup pada suhu di bawah 70°C , berkisar antara 55°C - 63°C .

Perbedaan lain dari masing-masing isolat tersebut yaitu pada jumlah kemunculan koloni yang dihasilkan. Jumlah koloni paling banyak pada isolat K_b yaitu 70 koloni sedangkan jumlah koloni paling sedikit pada isolat K_a yaitu 2 koloni (Tabel 4.3). Terjadinya perbedaan jumlah koloni tersebut dipengaruhi oleh suhu, dimana pada suhu tertentu bakteri dapat tumbuh dengan baik sehingga menghasilkan jumlah koloni yang banyak sedangkan sebagian bakteri lain, suhu tersebut tidak terlalu sesuai sehingga koloni yang dihasilkan juga sedikit.

Karakteristik lain yang dilihat dari bakteri termofilik yaitu pengamatan mikroskopis baik sifat Gram maupun bentuk selnya. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh K_a , K_b dan K_c menunjukkan bentuk sel batang (*bacill*) dan berwarna ungu yang merupakan bakteri bersifat Gram positif. Namun isolat K_d menunjukkan bentuk sel spiral tetapi juga bersifat Gram negatif (Tabel 4.4).

Bakteri Gram positif hanya mempunyai membran plasma tunggal yang dikelilingi dinding sel tebal berupa peptidoglikan. Sekitar 90 % dari dinding sel tersebut tersusun atas peptidoglikan sedangkan sisanya berupa molekul lain bernama asam teikhoat. Bakteri Gram positif memiliki kandungan lipid rendah dibandingkan dengan bakteri gram negatif.

Sel bakteri negatif mempunyai dinding kompleks yang mengandung membran luar dan membran tengah. Membran luar tersusun oleh lipopolisakarida (LPS), lipoprotein (LP), dan fosfolipid.⁶³

Menurut penelitian Presskot dalam Nuniek Herdyastuti, mengatakan bakteri gram negatif menghasilkan warna merah dengan tebal peptidoglikan bakteri gram negatif hanya sebesar 2-7 nm dan memiliki membran luar dengan tebal 7-8 nm yang terdiri dari lipid, protein dan lipopolisakarida yang berakibat pada banyaknya kristal violet yang diserap oleh bakteri gram negatif lebih kecil.⁶⁴

2. Uji Aktivitas (Kemampuan) Bakteri Termofilik dalam Mendegradasi Amilum (Pati)

Aktivitas bakteri dipengaruhi oleh lingkungan. Perubahan yang terjadi di dalam lingkungan dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan sifat fisiologi mikroorganisme. Keberadaan bakteri pada suhu yang tinggi menyebabkan bakteri termofilik mampu memproduksi enzim yang stabil. Salah satu enzim yang dihasilkan oleh bakteri termofilik adalah enzim amilase.

Berdasarkan hasil isolasi didapatkan 4 isolat bakteri termofilik dan hanya 2 isolat yang mampu menghasilkan enzim amilase berdasarkan terbentuknya zona bening disekitar isolat (Tabel 4.5). Isolat yang mampu menghasilkan enzim amilase adalah isolat K_b dan K_c , sedangkan yang tidak menghasilkan enzim amilase adalah isolat K_a dan K_d . Ada beberapa faktor yang mempengaruhi

⁶³ Tatang Sopandi, *Mikrobiologi Pangan*, (Yogyakarta: Andi Offset, 2014), h.22-23.

⁶⁴ Nuniek Herdyastuti, "Kitinase dan mikroorganisme...", h. 42.

aktivitas bakteri termofilik dalam menghasilkan enzim amilase atau tidak yaitu faktor suhu, kemampuan bakteri serta karakteristik dari bakteri.

Berdasarkan hasil pengamatan, isolat bakteri yang mampu menghasilkan enzim amilase adalah isolat K_D dan K_C . Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas enzim yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh suhu. Isolat K_D dan K_C merupakan isolat bakteri yang terdapat pada kisaran suhu 55°C - 65°C . Dimana kisaran suhu tersebut merupakan suhu optimum bagi pertumbuhan bakteri termofilik sehingga isolat tersebut bisa menghasilkan enzim amilase.

Adapun faktor lain yang mempengaruhi tidak semua isolat bakteri termofilik mampu mendegradasi amilum dipengaruhi oleh kemampuan setiap isolat bakteri itu berbeda-beda dan tidak semua bakteri termofilik bersifat amilolitik (bakteri pendegradasi amilum).⁶⁵

Selain faktor suhu dan kemampuan bakteri tersebut, faktor lain yang juga mempengaruhi isolat bakteri termofilik adalah karakteristik dari bakteri termofilik itu sendiri. Karakteristik dari masing-masing isolat yang didapatkan berbeda-beda, baik dari segi bentuk koloni, warna koloni, elevasi koloni, tepian koloni, permukaan koloni serta ada tidaknya lendir yang dihasilkan. Sehingga hal tersebut bisa mempengaruhi kemampuan bakteri termofilik dalam menghasilkan enzim amilase. Menurut Debora dan Aji, mengatakan kemampuan yang dimiliki oleh suatu bakteri dipengaruhi oleh faktor lingkungan, karakteristik makroskopis dan mikroskopis.⁶⁶

⁶⁵ Rahmadani, Anthoni, dkk., "Isolasi dan Karakteristik Bakteri Amilotermofilik...", h. 121.

⁶⁶ Debora Nangin dan Aji Sutrisno, "Enzim Amilase Pemecah Pati Mentah Dari Mikroba", *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, Vol. 3, No. 3, 2015, h. 35. Diakses Juni 2017.

Uji aktivitas didasarkan pada kemampuan bakteri mendegradasi amilum (pati).⁶⁷ Dari Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 terlihat bahwa isolat mampu membentuk zona bening sehingga menunjukkan isolat tersebut mampu menghasilkan enzim amilase. Aktivitas enzim secara kualitatif dapat diamati dari terbentuknya zona bening pada sekeliling koloni bakteri yang tumbuh pada media.⁶⁸

Pengamatan zona bening dilakukan selama 2 hari (48 jam) dengan 2 kali ulangan. Pengukuran zona bening hari pertama isolat K_a tidak menghasilkan zona bening baik pada ulangan pertama atau kedua; isolat K_b menghasilkan zona bening pada ulangan pertama berukuran 11 mm dan ulangan kedua 8 mm; isolat K_c tidak menghasilkan zona bening baik pada ulangan pertama ataupun kedua; isolat K_d juga tidak menghasilkan zona bening baik pada ulangan pertama ataupun ulangan kedua.

Pengukuran zona bening pada hari kedua, isolat K_a tidak menghasilkan zona bening; isolat K_b menghasilkan zona bening pada ulangan pertama berukuran 12 mm dan ulangan kedua 11 mm; isolat K_c menghasilkan zona bening pada ulangan pertama berukuran 10 mm dan pada ulangan kedua 9 mm; serta isolat K_d tidak menghasilkan zona bening.

Pengukuran rata-rata zona bening yang terbentuk, pada isolat K_b hari pertama yaitu 9,5 mm dan rata-rata pada hari kedua yaitu 11,5 mm. Sedangkan

⁶⁷ Irdawati dan Mades Fifendy, Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Amilase Dari Sumber Air Panas Rimbo Panti Pasaman, *Artikel*, 2011, h. 14. Diakses Mei 2016.

⁶⁸ Rahmadani, Anthoni, dkk., "Isolasi dan Karakteristik Bakteri Amilotermodofilik...", h. 121.

isolat K_c pengukuran zona bening pada hari kedua dengan rata-rata berukuran 9,5 mm seperti pada Tabel 4.6.

Berdasarkan Tabel 4.6 menunjukkan bahwa isolat memiliki kemampuan mendegradasi amilum yang berbeda. Perbedaan zona bening yang terbentuk pada masing-masing isolat diakibatkan oleh jumlah enzim amilase yang dihasilkan juga berbeda. Hal ini sesuai dengan penelitian Agustien dalam Rahmadani, dkk., adanya perbedaan zona bening pada masing-masing isolat disebabkan oleh jumlah dan aktivitas enzim dari masing-masing isolat yang disekresikan pada medium berbeda. Aktivitas enzim tersebut ditentukan oleh konsentrasi enzim, konformasi enzim, urutan asam amino pembentuk enzim dan macam asam amino pembentuk enzim.⁶⁹

Enzim Amilase dikeluarkan oleh bakteri menghidrolisis senyawa kompleks polisakarida pati yang ada di lingkungan luar sel menjadi senyawa lebih sederhana. Menurut Masriani memperkuat dengan pernyataan bahwa amilase merupakan enzim ekstraseluler yang dihasilkan dari dalam sel. Dalam hal ini, amilum (pati) dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk sumber energi bagi bakteri termofilik. Hasil perombakan amilum (pati) akibat aktivitas amilase ditandai terbentuknya zona bening disekitar bakteri termofilik.⁷⁰

⁶⁹ Rahmadani, Anthoni, dkk., "Isolasi dan Karakteristik Bakteri Amilothermofilik...", h. 121.

⁷⁰ Irdawati dan Mades Fifendy, *Isolasi Bakteri Termofilik...*, h. 15.

3. Bentuk Hasil Penelitian Karakteristik Morfologi Dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik yang Terdapat Di Kawasan Wisata Ie Seuum Kecamatan Mesjid Raya Sebagai Penunjang Praktikum Mikrobiologi

Bentuk hasil dari penelitian ini akan dijadikan sebagai penunjang praktikum Mikrobiologi adalah berupa modul praktikum, buku saku dan bank isolat. Modul praktikum, buku saku dan bank isolat berguna untuk mempermudah mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum tentang karakteristik morfologi dan uji aktivitas bakteri termofilik yang terdapat di kawasan Ie Seuum.

Modul praktikum tentang karakteristik morfologi dan uji aktivitas bakteri termofilik yang terdapat di Ie Seuum ini akan dimasukkan dalam bab praktikum “Penumbuhan dan Penanaman Mikroorganisme dari Lingkungan”. Dimana selama ini bab tersebut hanya menumbuhkan bakteri dari air got, air sumur, dan dari udara, sehingga dengan adanya praktikum tentang bakteri yang terdapat di air panas akan menambah wawasan bagi mahasiswa. Modul praktikum berisikan pokok bahasan, indikator, dasar teori, tujuan praktikum, alat dan bahan, prosedur kerja, hasil pengamatan, pembahasan, kesimpulan dan daftar pustaka.

Bentuk lain dari hasil penelitian ini adalah buku saku. Dengan diadakannya praktikum tentang karakteristik bakteri termofilik sehingga mahasiswa juga memerlukan buku saku. Buku saku dapat dimanfaatkan mahasiswa sebagai referensi untuk membantu dalam mengkarakteristikan bakteri termofilik yang didapatkan pada saat melakukan praktikum.

Selain modul praktikum dan buku saku, juga terdapat bank isolat sebagai bentuk lain dari hasil penelitian yang dapat menunjang praktikum mikrobiologi. Bank isolat ini berisikan isolat bakteri termofilik yang terdapat di kawasan Ie

Seuum dan isolat tersebut memiliki kemampuan mendegradasi amilum. Dimana hasil dari kemampuan bakteri tersebut yang dimanfaatkan untuk kedepannya baik dalam proses praktikum maupun dalam bidang industri. Bank isolat juga dapat dimanfaatkan oleh peneliti-peneliti lain untuk melakukan pengamatan lebih lanjut tentang bakteri termofilik baik itu uji biokimia, uji katalase maupun uji-uji lain dalam mendegradasi medium yang lain.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di kawasan wisata Ie Seuum kecamatan Masjid Raya kabupaten Aceh Besar diambil simpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik bakteri termofilik meliputi, bentuk koloni tidak beraturan (*irreguler*), bundar (*circular*) dan berbenang-benang; warna koloni: krem, krem kekuning-kuningan dan kuning bening; elevasi koloni: datar dan timbul; tepian koloni: berlekuk, bercabang dan licin; permukaan koloni: kasar dan halus mengkilap serta menghasilkan lendir.
2. Bakteri termofilik yang terdapat di kawasan wisata Ie Seuum mampu mendegradasi medium amilum dengan diperoleh 2 isolat bakteri yaitu K_D dan K_C yang menghasilkan enzim amilase dengan membentuk diameter zona bening rata-rata 11,5 mm dan 9,5 mm.
3. Bentuk produk hasil akhir penelitian karakteristik morfologi koloni dan uji aktivitas (kemampuan) bakteri termofilik dikembangkan dalam bentuk modul praktikum, buku saku dan bank isolat.

B. Saran

1. Diharapkan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai klasifikasi bakteri termofilik hingga tingkat spesies.

2. Diharapkan dapat dilakukan uji kemampuan lainnya baik dalam menghasilkan enzim, uji biokimia, uji oksidasi, endospora dan lain-lain.
3. Diharapkan dapat dilakukan isolasi bakteri termofilik pada suhu inkubasi yang bervariasi dan mampu menghasilkan enzim-enzim yang dapat diaplikasikan dalam industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Andian Ari, *Suhu Dan Aktivitas Mikroba*, [https:// www. google. com/ search?q= kurva](https://www.google.com/search?q=kurva)
- Debora Nangin dan Aji Sutrisno, 2015, “Enzim Amilase Pemecah Pati Mentah Dari Mikroba”, *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, Vol. 3, No. 3.
- Dian Novalia dan Prima Retno, 2014, “ *Screening* Bakteri Proteolitik Termofilik Dari Sumber Air Panas Singgahan Tuban”, *UNESA Journal of Chemistry*, Vol. 3, No. 3.
- Edi Nugroho, R.F Maulany, 1996, *Mikrobiologi Kedokteran (Medical Microbiology) Edisi 20*, Jakarta: EGC.
- Edi Surya, *Penggolongan Bakteri Berdasarkan Suhu*, [http :// www. google. co. id/search? q= penggolongan + bakteri + berdasarkan + suhu & biw.](http://www.google.co.id/search?q=penggolongan+bakteri+berdasarkan+suhu&biw)
- [http://belalangbee.blogspot.co.id/2013/12/archaeobacteriaeubacteriadan-bakteri.](http://belalangbee.blogspot.co.id/2013/12/archaeobacteriaeubacteriadan-bakteri)
- <https://ardydi.wordpress.com/2013/03/08/bentuk-bakteri>
- [https://www.google.co.id/maps/place/Pemandian+Air+Panas+Aceh+Besar.](https://www.google.co.id/maps/place/Pemandian+Air+Panas+Aceh+Besar)
- Irdawati dan Mades Fifendy, 2011, “Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Amilase Dari Sumber Air Panas Rimbo Panti Pasaman”, *Artikel*.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia.
- Lembaga Administrasi Negara, 2009, *Pedoman Penulisan Modul*, Jakarta: Lembaga Administrasi Negara,
- loveaceh.com/wisata/menikmati-sensasi-pemandian-air-panas-ie-suum-aceh-besar
- M. Quraish Shihab, 2002, *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an Volume 9*, Jakarta: Lentera Hati,.

- Maria Y.E., dan Surya R.P., 2012, “Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik Dari Sumber Mata Air Panas Di Songgoriti Setelah Dua Hari Inkubasi”, *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 1, No. 1.
- Michael J. Pelczar, E.C.S. Chan, *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, Jakarta: UI Press, 2005.
- Muhammad Machmud, 2001, “Teknik Penyimpanan Dan Pemeliharaan Mikroba”, *Jurnal Buletin AgroBio*, Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan Vol. 4, No. 1.
- Nita, J., *Melancong Ke Kaki Gunung Ie Seuum Aceh Besar*, 30 January 2015. dari situs: [http:// www. acehnews. net/melancong-ke-kaki-gunung-ie suum- aceh- besar](http://www.acehnews.net/melancong-ke-kaki-gunung-ie-suum-aceh-besar)
- Nuniek Herdyastuti, 2009, “Kitinase dan mikroorganisme kitinolitik”, *Jurnal Chem.*, Vol. 9, No. 1.
- Nur Hidayat, dkk., 2006, *Mikrobiologi Industri*, Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Rahmadani, Anthoni, dkk., 2015, “Isolasi dan Karakteristik Bakteri Amilotermofilik Dari Sumber Air Panas Sungai Medang” *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, Vol. 2, No.4.
- Rahmawati Sandra, Tius Enggarsari, dkk., 2015, “Enzim Kitinase Dan Aplikasi Di Bidang Industri”, *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, Vol. 3, No. 3.
- Susanti, V.H. 2003, “Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Protease”, *Artikel*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sylvia T. Pratiwi, 2008, *Mikrobiologi Farmasi*, Jakarta: Erlangga.
- Wira, H., et. Al, 2012, “Penapisan dan Karakterisasi Bakteri Amilo-Termofilik dari Sumber Air Panas Semurup, Kerinci, Jambi”. *Jurnal Biologi Universitas Andalas (J. Bio. UA.)*, Vol. 1, No. 2.

Tatang Sopandi, 2014, *Mikrobiologi Pangan*, Yogyakarta: Andi Offset.

Tjahjadi Purwoko, 2007, *Fisiologi Mikroba*, Jakarta: Bumi Aksar.

Trismilah dan Budiasih, 2009, “Pemanfaatan Berbagai Jenis Pati Sebagai Sumber Karbon Untuk Produksi α -Amilase Ekstraseluler *Bacillus Sp.*” *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, Vol. 11, No. 3.

Unus Suriawiria, 2013, *Mikrobiologi Air*, Bandung: PT. Alumni.

Wahyu, Febi. 2010, Laporan Praktikum Mikrobiologi Umum Identifikasi Bakteri Melalui Uji Biokomia. (Online), <http://www.docstoc.com/docs/56903429/mikrobiologi5>.

Yuliana, E.N., dan Nuniek. H., 2014, “Screening Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Amilase Dari Sumber Air Panas Singgahan Tuban, Jawa Timur”. *UNESA Journal of Chemistry*, Vol. 3, No. 3.

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY
Nomor : Un.08/FTK/KP.07.6/127/2016

TENTANG:
PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

DEKAN FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

- Menimbang** : a. bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi dan ujian munaqasyah mahasiswa pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh maka dipandang perlu menunjuk pembimbing skripsi tersebut yang dituangkan dalam Surat Keputusan Dekan;
- b. bahwa saudara yang tersebut namanya dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diangkat sebagai Pembimbing Skripsi.
- Mengingat** : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen;
3. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Sistem Pendidikan Tinggi;
4. Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2012, tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014, tentang penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
6. Peraturan Presiden Nomor 64 Tahun 2013, tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
7. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
8. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 21 Tahun 2015, tentang Statuta UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
9. Keputusan Menteri Agama RI Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelegasian Wewenang, Pengangkatan, Pemindahan dan Pemberhentian PNS di Lingkungan Departemen Agama Republik Indonesia;
10. Keputusan Menteri Keuangan Nomor 293/KMK.05/2011, tentang Penetapan Intitut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh pada Kementerian Agama sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum;
11. Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 01 Tahun 2015, tentang Pendelegasian Wewenang Kepada Dekan dan Direktur Pascasarjana di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Memperhatikan** : Keputusan Sidang/Seminar Proposal Skripsi Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry tanggal 28 Juni 2016.

MEMUTUSKAN

Menetapkan :
PERTAMA : Menunjuk Saudara:

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| 1. Zuraidah, M. Si | Sebagai Pembimbing Pertama |
| 2. Mulyadi, M. Pd | Sebagai Pembimbing Kedua |

Untuk membimbing Skripsi :

Nama : **Dessri Wahyuni**
NIM : **281 223 096**
Program Studi : **Pendidikan Biologi**
Judul Skripsi : **Karakteristik Morfologi dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik yang Terdapat di Kawasan Wisata le Seuum Kecamatan Masjid Raya sebagai Penunjang Praktikum Mikrobiologi**

- KEDUA** : Pembiayaan honorarium pembimbing pertama dan kedua tersebut diatas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2016;
- KETIGA** : Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir Semester Genap Tahun Akademik 2016/2017;
- KEEMPAT** : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan dirubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini.

Ditetapkan di : Banda Aceh
Pada tanggal : 28 Juni 2016

An. Rektor
Dekan



Dr. Mujiburrahman, M. Ag
19710908 200112 1 001

Tembusan

1. Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
2. Ketua Prodi Pendidikan Biologi;
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
4. Yang bersangkutan.



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
Telp: (0651) 7551423 - Fax. (0651) 7553020 Situs : www.tarbiyah.ar-raniry.ac.id

Nomor : Un.08/TU-FTK/ TL.00/ 12410 / 2016

Banda Aceh, 22 Desember 2016

Lamp : -

Hal : Mohon Izin Untuk Mengumpulkan Data
Menyusun Skripsi

Kepada Yth.

Di -
Banda Aceh

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh dengan ini memohon kiranya saudara memberi izin dan bantuan kepada:

N a m a : Dessri Wahyuni
N I M : 281 223 096
Prodi / Jurusan : Pendidikan Biologi
Semester : IX
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Darussalam.
A l a m a t : Jl. Tgk Daud Silang Rukoh, Darussalam

Untuk mengumpulkan data pada:

Kawasan Wisata le Seum Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar

Dalam rangka menyusun skripsi sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry yang berjudul:

Karakteristik Morfologi dan Uji Aktifitas Bakteri Termofilik yang Terdapat di Kawasan wisata le Seum Kecamatan Mesjid Raya Sebagai Penunjang Praktikum Mikrobiologi

Demikianlah harapan kami atas bantuan dan keizinan serta kerja sama yang baik kami ucapkan terima kasih.

An, Dekan,
Kepala Bagian Tata Usaha,

M. Saïd Farzan Ali, S.Pd.I., MM
NIP. 196907032002121001

BAG.UMUM BAG.UMUM

Kode: 4887



**PEMERINTAH KABUPATEN ACEH BESAR
KECAMATAN MESJID RAYA
GAMPONG IE SEUUM**

Sekretariat : Jalan Krueng Raya – Lamteuba Km.7 Ie Seuum Kode Pos 23381

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Nomor : 88/G.IS/MR/VII/AB/2017

Keuchik Gampong Ie Seu um Kecamatan Mesjid Raya Kabupaten Aceh Besar dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Dessri Wahyuni
Nim : 281 223 096
Prodi /Jurusan : Pendidikan Biologi
Semester : IX
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Darussalam
Alamat : Jl. Tgk Daud Silang Rukoh, Darussalam

Benar yang nama tersebut diatas telah melakukan penyusunan skripsi /penelitian kawasan wisata Gampong Ie Seu um, Kemukiman Krueng Raya Kecamatan Mesjid Raya Kabupaten Aceh Besar yang berjudul :

“Karakteristik Morfologi dan Uji Aktifitas Bakteri Termofilik yang terdapat di Kawasan Wisata Ie Seuum Kecamatan Mesjid Raya Sebagai Penunjang Praktikum Mikrobiologi. ”

Demikianlah surat keterangan ini kami perbuat dengan penuh rasa tanggung jawab agar dapat di pergunakan Sebagaimana mestinya.

Ie Seuum, 14 Juli 2017

Mengetahui,

KEUCHIK GAMPONG IE SEU UM



ZULHENDRI

Lampiran 4

Gambar Isolasi Pertama Koloni Bakteri Termofilik



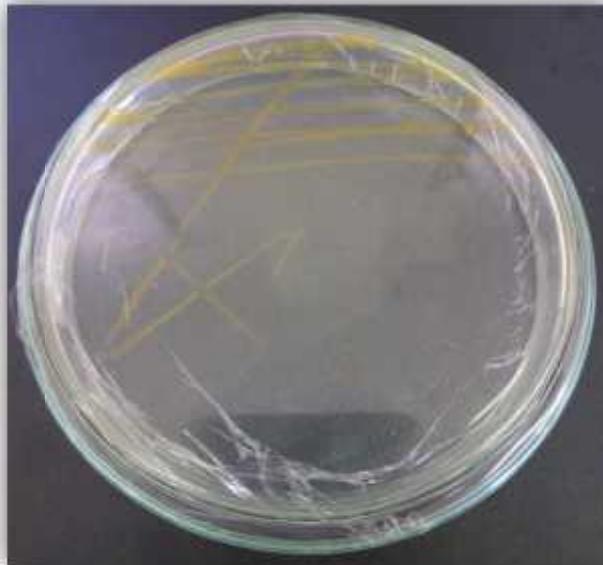
Gambar 4.1 Koloni bakteri K_u (Sumber: Foto penelitian)



Gambar 4.2 Koloni bakteri K_D (Sumber: Foto penelitian)



Gambar 4.3 Koloni bakteri K_c (Sumber: Foto penelitian)



Gambar 4.4 Koloni bakteri K_d (Sumber: Foto penelitian)

Lampiran 5

Gambar Isolasi Kedua Koloni Bakteri Termofilik



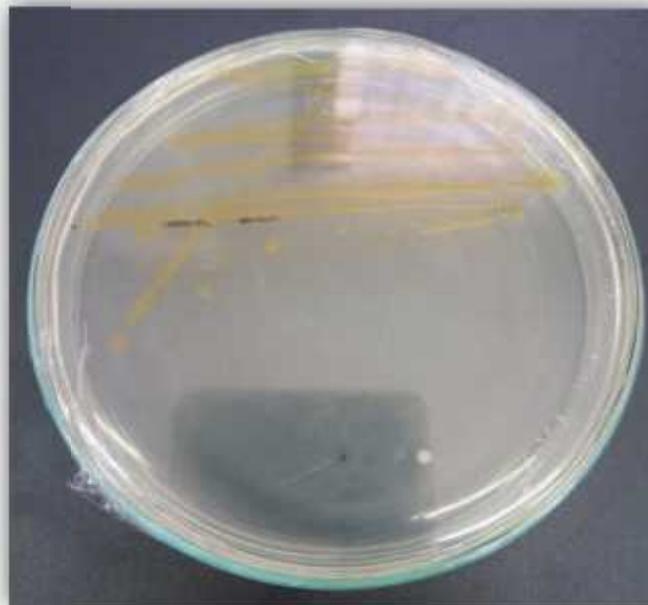
Gambar 5.1. Koloni bakteri K_u (Sumber: Foto penelitian)



Gambar 5.2. Koloni bakteri K_D (Sumber: Foto penelitian)



Gambar 5.3. Koloni bakteri K_c (Sumber: Foto penelitian)



Gambar 5.4. Koloni bakteri K_d (Sumber: Foto penelitian)

Lampiran 6

FOTO PROSEDUR KERJA



Foto 1. Proses pengambilan sampel air panas



Foto 2. Pengukuran suhu air titik pertama



Foto 3. Pengukuran pH pada titik pertama



Foto 4. Pengukuran pH titik pertama

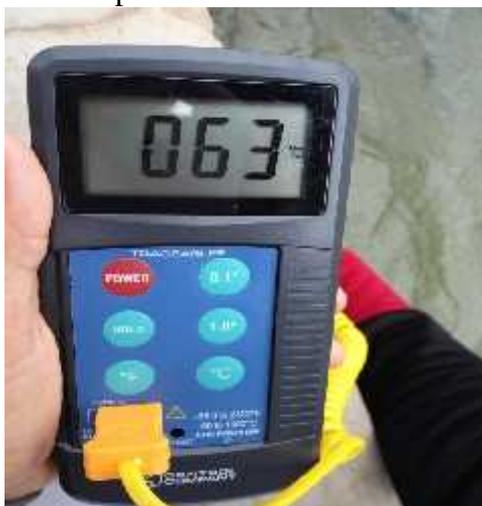


Foto 5. Pengukuran suhu air titik kedua



Foto 6. Pengukuran pH titik kedua



Foto 7. Pengukuran suhu air titik ketiga



Foto 8. Pengukuran pH titik ketiga



Foto 9. Persiapan alat dan bahan



Foto 10. Sterilisasi alat dan bahan



Foto 11. Menimbang media NA



Foto 12. Pembuatan media NA



Foto 13. Penanaman pertama bakteri termofilik



Foto 14. Penuangan media NA ke dalam cawan petri dan tabung reaksi (agar miring)



Foto 15. Isolasi bakteri termofilik



Foto 16. Pengamatan pewarnaan Gram.



Foto 17. Pembuatan media amilum

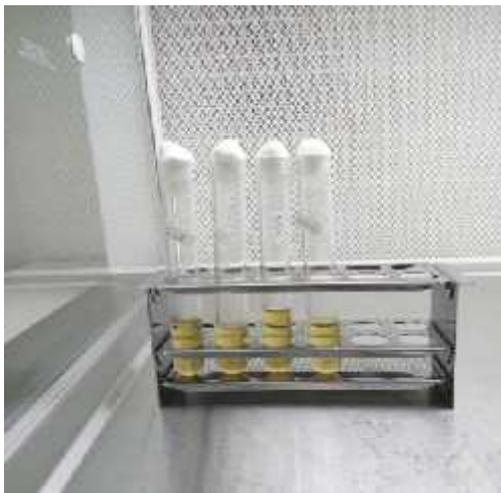


Foto 18. Pertumbuhan bakteri termofilik pada media NB



Foto 19. Penanaman isolat pada media amilum dengan menggunakan kertas cakram



Foto 20. Media amilum setelah digunakan kertas cakram.



Foto 21. Isolasi pada tabung reaksi untuk dijadikan bank isolat



Foto 22. Bank isolat

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Dessri Wahyuni
Tempat/tgl. Lahir : Sawang 1/ 02 Desember 1994
Jenis kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Kebangsaan : Indonesia
Status perkawinan : Belum kawin
Pekerjaan/NIM : Mahasiswi/281223096
Alamat : Lr. Daud silang, Rukoh, Darussalam, Banda Aceh

Nama Orang Tua

a. Ayah : Syamdani Syam
Pekerjaan : Tukang
b. Ibu : Rasmi Jakfar
Pekerjaan : IRT
Alamat : Sawang 1, Kec. Sawang, Kab. Aceh Selatan

Riwayat Pendidikan

a. SD : SD N 1 Sawang (Lulusan tahun 2006)
b. SMP : SMP N 1 Sawang (Lulusan tahun 2009)
c. SMA : SMA N 1 Sawang (Lulusan tahun 2012)
d. Perguruan Tinggi : S1 Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh