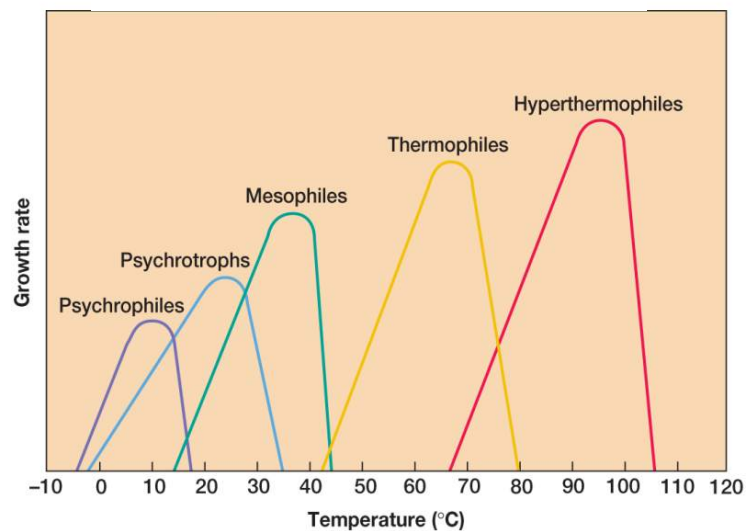


BAB II

KAJIAN TEORI

A. Bakteri Termofilik

Berdasarkan suhu optimum pertumbuhan, mikroorganisme secara umum dibedakan atas mikroorganisme psikrofil, psikotrop, mesofil, termofil, dan hipertermofil. Bakteri psikrofil hidup pada kisaran suhu 0-20 °C dan. Bakteri psikotrop dapat tumbuh pada suhu 0-35 °C. Bakteri mesofil dapat tumbuh pada suhu 20-45 °C dan bakteri termofil tumbuh pada suhu 45-65 °C. Bakteri hipertermofil hidup pada suhu di atas 90 °C dan maksimal pada suhu 100 °C, namun pada beberapa bakteri dapat hidup pada suhu 80-113 °C. (Prescott, 2005 122-124).



Gambar 1. Suhu Pertumbuhan Mikroorganisme (Prescott, 2005: 124).

Termofilik secara umum diartikan sebagai organisme yang hidup pada suhu di atas 45 °C. Organisme ini telah memberikan pengetahuan baru selama beberapa tahun terakhir. Minat para ilmuwan terhadap organisme termofil semakin tinggi terutama adanya penemuan bakteri-bakteri yang dapat hidup pada suhu didih air atau bahkan lebih tinggi (Lestari, 2000: 21-25).

Indonesia sebagai negara tropis mempunyai banyak daerah dengan aktivitas geotermal, seperti daerah pegunungan berapi, sumber air panas dan cadangan minyak bumi dan batubara. Beberapa kondisi lingkungan yang berbeda dalam setiap lokasi memungkinkan adanya heterogenitas bakteri termofil yang tinggi (Indrajaya *et al.*, 2003: 53-56). Bakteri termofil menghasilkan enzim termostabil yang sangat penting dalam proses industri dan bioteknologi, seperti dalam teknik-teknik biologi molekuler untuk kegunaan penelitian dan diagnostik (enzim yang memproses DNA dan RNA) dan kemampuan enzim untuk mengubah tepung, makanan, pengelolaan sampah, pembuatan kertas dan sintesis zat-zat organik. (Vielle and Zeikus dalam Sutiamiharja, 2008: 22).

Mikroorganisme termofil telah berhasil diisolasi dari berbagai sumber air panas di Indonesia, (Karina dkk, 2010: 5) telah berhasil mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri *Pseudomonas* sp dan *Vibrio* sp dari sumber air panas Songgoriti. Helin dkk, (2010: 1) berhasil mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri termofilik dari sumber air Gedong Songo dengan metode analisis gen 16S rRNA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kesamaan yang

ditunjukkan oleh bakteri *Geobacillus thermoleovorans* yang dapat tumbuh pada kisaran suhu antara 65⁰C sampai 75⁰C. Thomas D Brock (1978: 578) menemukan bakteri *Thermus aquaticus*, suatu bakteri yang mampu tumbuh di atas suhu 70 ⁰C. Bakteri ini menghasilkan enzim termostabil. *Bacillus* umumnya merupakan mikroorganisme yang dominan dalam suatu lingkungan. Pada lingkungan yang kurang cocok, bakteri ini membentuk endospora, sementara bakteri lain yang tidak memiliki endospora menuntut kondisi yang spesifik untuk dapat bertahan hidup (Sutiamiharja, 2008: 22).

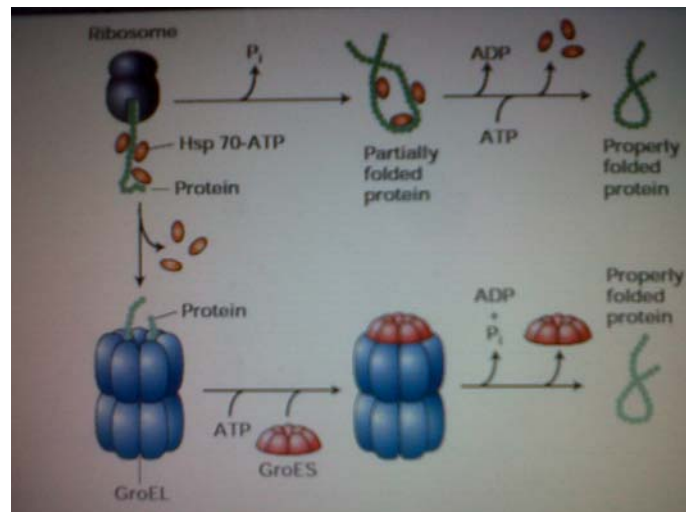
Kemampuan hidup mikroorganisme termofil ini berhubungan dengan struktur selnya yang memiliki beberapa kelebihan (de Rossa *et al.*, dalam Dessy, 2008: 37-38), yaitu:

1. Struktur membran sel

Membran sel setiap makhluk hidup tersusun atas senyawa lipid dan protein yang disebut lipoprotein. Pada umumnya bagian lipid dari membran sel makhluk hidup dihubungkan oleh ikatan ester, sedangkan pada organisme termofil senyawa lipid membran selnya mengandung ikatan eter yang terbentuk lewat proses kondensasi dari gliserol atau senyawa poliol kompleks lainnya dengan alkohol isoprenoid yang mengandung 20, 25 atau 40 atom karbon. Lebih jauh lagi senyawa eter gliserol pada Archaeobacteria ini mengandung 2,3 *O-sn-gliserol* yang menyebabkan struktur lipoprotein dari membran sel termofil tersebut lebih stabil (Dessy, 2008: 37).

2. Chaperonin

Chaperonin merupakan jenis protein yang sangat jarang dijumpai pada protein-protein fungsional lainnya di dalam sel. Protein ini berperan dalam mempertahankan 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 sehingga dapat membantu organisme termofil mengembalikan fungsi aktifitas 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 donat terdiri atas 7, 8 atau 9 subunit *chaperone* tergantung jenis organismenya. Dalam aktivitasnya mempertahankan struktur protein fungsional agar tetap stabil, *chaperonin* membutuhkan molekul ATP (Dessy, 2008: 37)



Gambar 2. Chaperon dan Chaperonin (Lodish *et al.*, 1996: 69)

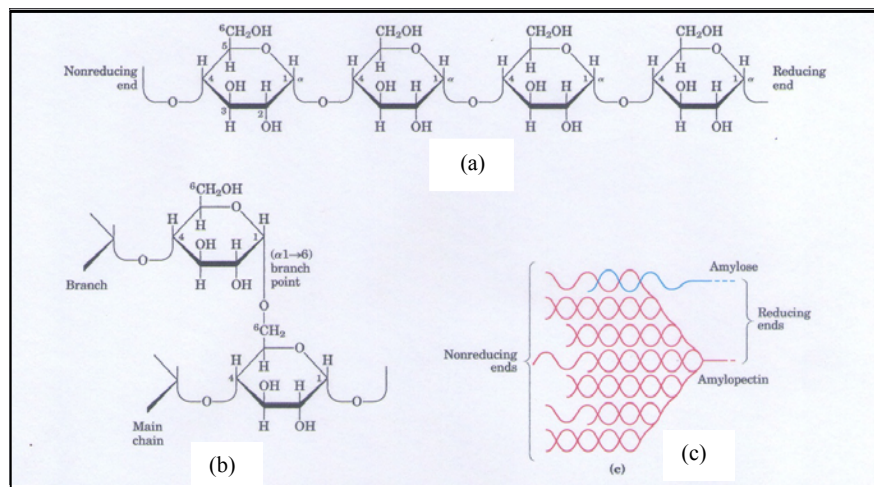
3. Struktur DNA girase

DNA girase merupakan salah satu anggota kelompok enzim topoisomerase yang berperan dalam mengontrol topologi DNA suatu sel dan memegang peran penting dalam proses replikasi dalam transkripsi DNA. Semua jenis topoisomerase dapat merelaksasikan DNA tetapi hanya DNA girase yang dapat mempertahankan struktur DNA tetapi berbentuk supercoil. DNA girase disusun oleh 90-150 pasangan basa-N DNA. DNA girase ini juga selalu dijumpai pada organisme yang hidup dilingkungan di atas suhu 70 °C dan juga dapat dijumpai pada organisme yang hidup pada kisaran suhu sekitar 60 °C. DNA ini merupakan salah satu kelengkapan sel dari organisme termofil (Dessy, 2008: 38).

B. Amilum

Amilum adalah polimer karbohidrat dengan rumus $(C_6H_{12}O_6)_n$. Karbohidrat golongan polisakarida ini banyak terdapat di alam. Terutama pada sebagian besar tumbuhan. Amilum disebut juga pati yang terdapat pada umbi, daun, batang, dan biji. Amilum merupakan kelompok terbesar karbohidrat cadangan yang dimiliki oleh tumbuhan sesudah selulosa. Butir-butir pati apabila diamati dengan mikroskop ternyata berbeda-beda bentuk dan ukurannya, tergantung dari tumbuhan apa pati tersebut diperoleh (Poedjadi dalam Sutiamiharja, 2008: 23).

Pati mengandung dua jenis polimer glukosa, *α*-amilase dan *amilopektin*. *α*-amilase terdiri dari rantai-rantai unit D-glukosa yang panjang, dan tidak bercabang, digabungkan oleh ikatan α 1,4. Rantai ini juga beragam dalam berat molekulnya, dan beberapa ribu hingga mencapai 500.000. Amilopektin juga memiliki berat molekul yang tinggi dan strukturnya bercabang tinggi. Ikatan glikosidik menggabungkan residu glukosa yang berdekatan di dalam rantai amilopektin adalah ikatan α 1,4, tetapi titik percabangan amilopektin merupakan ikatan α 1,6. Glikogen merupakan sumber utama polisakarida pada sel hewan. Seperti amilopektin, glikogen merupakan polisakarida bercabang dari D-glukosa dalam ikatan α 1,4. (Lehninger, 1982: 325)



Gambar 3. Struktur Amilosa, Amilopektin dan Polisakarida dari Pati. (a) Amilosa, (b) Amilopektin, dan (c) Polisakarida dari Pati (Lehninger, 1982: 325)

C. Enzim Termostabil

Istilah termostabil dapat didefinisikan dalam sejumlah arti dan bersifat relatif. Definisi termostabil umumnya dihubungkan dengan sifat alami dari enzim dan sumber penghasil enzim. Enzim termostabil sering dikenal dengan sebutan termozim merupakan enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme termofilik. Enzim ini tidak mengalami denaturasi akibat naiknya suhu lingkungan dan menunjukkan aktivitas optimum pada suhu tinggi (6-120 °C). Enzim termostabil biasanya digunakan untuk meneliti beberapa hal, seperti evolusi enzim, mekanisme molekuler, termostabil protein dan batas suhu maksimum. Enzim termostabil secara struktur maupun fungsi memiliki keunikan tersendiri, berbeda dengan enzim yang berasal dari bakteri mesofilik. Hal ini diakibatkan karena enzim ini menunjukkan ketahanan terhadap suhu tinggi yang sangat baik (Ngurah Putu Wiryawan, 2011: 5).

Enzim termostabil memiliki mekanisme katalitik yang sama dengan enzim mesofilik. Namun, sifat ketahanannya terhadap suhu menyebabkan enzim termostabil memiliki nilai komersial yang sangat besar. Penggunaannya dalam bidang industri umumnya digunakan dalam industri tekstil, farmasi dan industri makanan (Ngurah Putu Wiryawan, 2011: 5).

Enzim termostabil memiliki beberapa nilai ekonomis, diantaranya adalah :

1. Stabil selama penyimpanan yang akan mengurangi biaya produksi

2. Reaksi berlangsung pada suhu tinggi sehingga akan mengurangi kontaminasi oleh bakteri mesofilik
3. Lebih tahan terhadap pelarut, detergen, dan senyawa denaturan
4. Pada suhu tinggi proses fermentasi akan lebih cepat karena reaksi enzim akan meningkat sampai pada rentangan suhu tertentu.
5. Pemisahan produk yang mudah menguap akan lebih cepat

Pemakaian enzim termostabil disamping tahan terhadap denaturasi panas, juga dapat meminimalkan risiko kontaminan dan dapat menggeser reaksi kearah pembentukan produk. Penggunaan enzim termostabil dalam bioteknologi telah dapat menurunkan biaya operasi, disamping dapat meningkatkan kecepatan reaksi-reaksi biokimianya (Ngurah Putu Wiryawan, 2011: 7).

Mikroorganisme termofilik dapat diisolasi dari berbagai sumber, termasuk sumber air panas baik terdapat di darat maupun di laut, tanah yang selalu terkena sinar matahari, bahan yang mengalami fermentasi seperti kompos dan instalasi air panas. Bakteri termofilik merupakan bakteri dengan kemampuan bertahan hidup pada kondisi panas sampai ekstrim panas, pada beberapa literatur bahkan disebutkan ada yang mampu bertahan hidup pada suhu 250 °C (Vieille & Zeikus, 2001: 23).

D. Enzim Amilase

Enzim adalah katalisator sejati. Molekul ini meningkatkan kecepatan reaksi kimia spesifik, yang tanpa enzim akan berlangsung amat lambat. Enzim

tidak dapat mengubah titik kesetimbangan reaksi yang dikatalisisnya dan enzim juga tidak akan habis dipakai atau diubah secara permanen. (Lehninger, 1982: 239).

Amilase adalah kelompok enzim yang memiliki kemampuan memutuskan ikatan glikosida yang terdapat pada senyawa polimer karbohidrat. Hasil molekul amilum ini akan menjadi monomer-monomer yang lebih sederhana, seperti maltosa, dekstrin dan terutama molekul glukosa sebagai unit terkecil. Amilase dihasilkan oleh berbagai jenis organisme hidup, mulai dari tumbuhan, hewan, manusia bahkan pada mikroorganisme seperti bakteri dan fungi. Kelompok enzim ini memiliki banyak variasi dalam aktivitasnya, sangat spesifik, tergantung pada sumber organismenya dan tempatnya bekerja (Dessy, 2008: 30).

Pemanfaatan enzim dalam bidang industri harus memperhatikan faktor penting yang sangat mempengaruhi efisiensi dan efektivitas kerja enzim yang digunakan. Faktor yang mempengaruhi reaksi enzim antara lain konsentrasi enzim, suhu, pH, dan spesifitas enzim (Hartati *et al.*, 2002: 68-77).

Amilase dapat dikelompokkan menjadi 3 golongan enzim (Winarno, 1986: 57-59):

1. α -amilase (1,4- α -D-glukan-glukanohidrolase)

Alfa-amilase merupakan enzim ekstraseluler yang menghidrolisis ikatan 1,4- α -D-glukanohidrolase. Alfa-amilase dibentuk oleh berbagai bakteri dan fungi. Aktifitas α -amilase ditentukan dengan mengukur

hasil degradasi pati, biasanya dari penurunan kadar pati yang larut atau kadar dekstrinnya dengan menggunakan substrat jenuh. Hilangnya substrat dapat diukur dengan pengurangan derajat pewarnaan iodium. Pati yang mengandung amilosa bereaksi dengan iodium menghasilkan warna biru, sedangkan dekstrin bila bereaksi dengan iodium berwarna coklat. Keaktifan α -amilase juga dinyatakan dengan pengukuran viskositas dan jumlah produksi yang terbentuk. Laju hidrolisis akan meningkat bila tingkat polimerisasi menurun dan laju hidrolisis akan lebih cepat pada rantai lurus (Winarno, 1986: 57).

2. β -amilase (1,4- α -D-glukan maltohidrolase)

Beta-amilase merupakan exoenzim yang memotong amilum menjadi gugus-gugus maltose. Enzim ini ditemukan pada tanaman tingkat tinggi dan mikroorganisme (Siti, 1995: 7). Enzim β -amilase memecah ikatan glukosida α -1,4 pada pati dan glikogen yang terjadi secara bertahap dari arah luar atau ujung rantai gula yang bukan pereduksi, karena pemotongannya dari arah luar maka enzim ini disebut eksoamilase (Winarno, 1986: 58).

3. γ -amilase (Glukoamilase)

Glukoamilase merupakan enzim yang memotong rantai pati secara acak menjadi molekul-molekul glukosa. Hasil reaksinya hanya glukosa, sehingga dapat dibedakan dengan α dan β amilase. Dengan pengaruh enzim glukoamilase posisi glukosa α dapat diubah menjadi

β , pH optimal 4-5 dan suhu optimal 50-60 °C (Winarno, 1986: 59).

Bakteri penghasil enzim amilase dapat menghidrolisis pati menjadi molekul-molekul maltosa, glukosa, dan dekstrin.

E. Mikroba Penghasil Amilase

Bakteri merupakan salah satu kelompok mikroorganisme yang dapat menghasilkan enzim amilase. Diantara jenis bakteri tersebut ada yang bersifat termofilik (Indrajaya *et al.*, 2003: 56). Produksi amilase dengan menggunakan bakteri termofil mempunyai kelebihan yang salah satunya dapat menurunkan risiko kontaminasi (Santos & Meire, 2003: 129-134). Pada tahap awal untuk mendapatkan mikroba yang berpotensi sebagai penghasil enzim yaitu, mengisolasi dan menyeleksi mikroba tersebut dari habitat aslinya dalam kultur campuran. Mikroba yang diperoleh dari hasil isolasi harus memiliki kemampuan dan kelebihan untuk melangsungkan reaksi atau menghasilkan produk yang diinginkan (Handayani *et al.*, 2002: 11).

Mikroorganisme penghasil amilase pertama sekali diisolasi dari isolat *Bacillus amyloliquefaciens* dan digunakan dalam bidang industri selama bertahun-tahun (Cordeiro *et al.*, 2002: 57), tetapi penemuan enzim amilase termostabil dari isolat *Bacillus licheniformis* ternyata menunjukkan adanya termostabilitas yang lebih tinggi sekitar 10-20 °C dibandingkan dari amilase termostabil pada *B. amyloliquefaciens*. Selanjutnya enzim-enzim amilase termostabil juga berhasil didapatkan dari mikroorganisma seperti *B. subtilis*, *B. stearothermophilus*, *B. calcalovelox*, *B. alcalophilus*, *Thermus* sp.,

Clostridium acetobutylicum, *Pyrococcus furiosus*, *Sulfolobus acidocaldarius*, dan lainnya (Rath & Subramanyam, 1998: 113-139). *B.stearothermophilus* merupakan bakteri termofil yang mampu hidup pada suhu 60-70 °C berhasil di isolasi dari kawah pegunungan Dieng (Lestari, 2000: 21-25). Shih & Labbe (1995: 1775) dalam penelitiannya berhasil menumbuhkan α -amilase dari bakteri *Clostridium perfringens* yang dapat menghasilkan menghasilkan maltosa, maltotriosa dan maltotetrosa sebagai produk utama.

F. Manfaat Enzim Amilase dari Bakteri Termofilik

Enzim mempunyai nilai ekonomi tinggi dan banyak digunakan dalam industri pangan dan non pangan. Manfaat enzim dalam bidang pangan antara lain memperbaiki tekstur adonan roti, menjernihkan bir, melunakkan daging, menghidrolisis laktosa dalam susu skim yang menghasilkan produk bebas laktosa untuk konsumen penderita defisiensi dalam ususnya, mengubah air didih laktosa menjadi sirup glukosa atau galaktosa, sedangkan dalam bidang non pangan enzim digunakan dalam industri tekstil, kulit dan detergen (Trismillah & Sumaryanto, 2012: 2).

Mikroorganisme termofilik mempunyai peran penting dalam mengembangkan ilmu dasar di samping sangat menarik untuk aplikasi industri. Organisme ini menghasilkan enzim-enzim tahan panas yang mempunyai potensial aplikasi tinggi. Penggunaan enzim termostabil dalam bidang bioteknologi telah dapat menurunkan biaya operasi dan dapat meningkatkan kecepatan reaksi (Heru, 2006: 12).

Hampir 70% sektor industri yang menggunakan enzim dalam prosesnya memanfaatkan enzim yang berasal dari mikroorganisme termofil. Industri detergen misalnya menggunakan protease yang bersifat tahan suasana alkalis, industri amilum menggunakan enzim amilase, amiloglukosidase dan glukoisomerase yang berasal dari mikroorganisme termofil (Dessy, 2008: 41).

Enzim termostabil yang dihasilkan mikroorganisme bermanfaat dan aplikasinya dalam bidang industri dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Enzim Hidrolitik yang Berasal dari Mikroorganisme dan Aplikasinya pada Bidang Industri. (Sutiamiharja, 2008: 30).

Enzim	Sumber	Aplikasi	Industri
Amilase	Jamur	Pembuatan Roti	Pabrik Roti
	Bakteri	Pelapis kertas	Pabrik Kertas
	Jamur	Sirup dan gula	Makanan dan minuman
	Bakteri	Bahan pencuci	Detergen
	Jamur	Obat pencernaan	Farmasi
	Bakteri	Pembersih warna kain	Kain
Protease	Jamur	Pembuatan Roti	Pabrik Roti
	Bakteri	Penghilang noda	Detergen
	Bakteri	Aroma daging	Makanan Daging
	Bakteri	Pembersih luka	Kesehatan
	Bakteri	Pembersih kain	Tekstil

G. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Cara Kerja Enzim

Cara kerja enzim dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya adalah suhu, pH, jumlah enzim, jumlah substrat, dan keberadaan aktivator serta inhibitor enzim (Sutiamiharja, 2008: 30-31).

1. Suhu

Suhu sangat berpengaruh terhadap kerja enzim, karena enzim terdiri atas protein. Enzim dapat menjalankan aktivitasnya pada kisaran suhu tertentu. Semakin tinggi suhu reaksi kimia akan semakin cepat, akan tetapi enzim akan mengalami denaturasi jika suhu terlalu tinggi. Apalagi enzim terdenaturasi maka terjadi perubahan susunan molekul enzim sehingga enzim menjadi aktif. Suhu optimum untuk setiap organisme berbeda-beda.

2. pH

Enzim membutuhkan pH tertentu untuk menjalankan aktivitasnya. Setiap enzim membutuhkan pH yang berbeda-beda. Pengaruh pH berhubungan dengan perubahan status ionik antara asam amino penyusun enzim dengan molekul substrat. Sebagian besar enzim intraseluler menunjukkan aktifitas optimal pada pH antara 5 dan 9. Hubungan aktifitas dan konsentrasi ion hidrogen menunjukkan keseimbangan antara denaturasi enzim dan pH yang rendah atau tinggi dan pengaruh pada status muatan dari enzim, substrat dan keduanya. Jika pH terlalu tinggi atau terlalu rendah enzim akan mengalami denaturasi dan ini akan mengakibatkan menurunnya aktivitas enzim.

3. Konsentrasi Enzim

Kecepatan enzim bereaksi dipengaruhi oleh konsentrasi enzim yang berfungsi sebagai katalisator. Jika konsentrasi enzim dengan

substrat sudah seimbang, maka kecepatan reaksi kimia akan relatif konstan. Demikian juga dengan adanya aktivator yang berfungsi mengaktifkan enzim dan pada umumnya berasal dari bahan yang tahan panas dan berberat molekul yang relatif rendah.

4. Konsentrasi Substrat

Mekanisme kerja enzim juga ditentukan oleh jumlah atau konsentrasi substrat yang tersedia. Jika jumlah substratnya sedikit, kecepatan kerja enzim juga rendah. Sebaliknya, jika jumlah substrat yang tersedia banyak, kerja enzim juga cepat. Pada keadaan substrat berlebih, kerja enzim tidak sampai menurun tetapi konstan.

5. Aktivator

Aktivator merupakan molekul yang mempermudah ikatan antara enzim dengan substratnya, misalnya ion klorida yang bekerja pada enzim amilase.

6. Inhibitor merupakan suatu molekul yang menghambat ikatan enzim dengan substratnya. Inhibitor akan berikatan dengan enzim membentuk kompleks enzim-*inhibitor*.

Ada 2 jenis inhibitor yaitu menurut (Lehninger, 1982: 253-255):

a. Inhibitor kompetitif

Molekul penghambat yang banyak memberikan informasi strukturnya penting mengenai struktur aktif berbagai enzim. Suatu penghambat kompetitif berlomba dengan substrat untuk berikatan

dengan sisi aktif enzim, tetapi sekali terikat tidak dapat diubah oleh enzim tersebut. Ciri penghambat kompetitif dapat dibalikan dengan meningkatkan konsentrasi substrat.

b. Inhibitor non kompetitif

Molekul penghambat yang bekerja dengan cara melekatkan diri pada bagian bukan sisi aktif enzim. Inhibitor ini menyebabkan sisi aktif berubah sehingga tidak dapat berikatan dengan substrat. Inhibitor nonkompetitif tidak dapat dipengaruhi oleh konsentrasi substrat.

H. Taksonomi Numerik

Taksonomi adalah ilmu yang mempelajari tentang penyusunan organisme dalam satu golongan yang disebut taksa berdasarkan karakter-karakter yang digunakan dalam penggolongan organisme. Taksonomi bakteri dilakukan dalam beberapa tahap yaitu, klasifikasi, nomenklatur, dan identifikasi. Klasifikasi adalah proses penataan organisme kedalam suatu kelompok (taksa). Nomenklatur merupakan cara pemberian nama ilmiah terhadap organisme menurut kode tatanama, sedangkan identifikasi berarti proses dan hasil penentuan suatu organisme yang belum dikenal merupakan anggota kelompok sebelumnya yang sudah diketahui atau bukan. Taksonomi numerik, yang juga dinamakan taksonomi komputer, didasarkan pada asas-asas yang dipublikasikan bertahun-tahun yang lalu dan baru belakangan ini diterapkan sebagai taksonomi mikroba (Kusnadi dkk, 2003: 189)

Taksonomi numerik sebagai metode evaluasi kuantitatif mengenai kemiripan atau similaritas karakter antar golongan organisme, dan penataan golongan-golongan itu melalui suatu analisis yang dikenal sebagai analisis kelompok (*cluster analysis*) ke dalam kategori takson yang lebih tinggi atas dasar similaritas. Tujuan utama taksonomi numerik adalah menghasilkan suatu klasifikasi yang bersifat objektif, teliti dan padat informasi tentang hubungan kekerabatan fenotipik suatu organisme. Taksonomi numerik mensyaratkan tersedianya sejumlah besar informasi mengenai mikroorganisme yang bersangkutan dan informasi sebanyak-banyaknya mengenai ciri-ciri yang tidak berkaitan yang sama dalam membentuk taksa (Kusnadi dkk, 2003: 190).

Kelompok-kelompok yang terbentuk selanjutnya direpresentasikan dalam bentuk dendrogram atau fenogram. Metode pengelompokan yang paling sering digunakan adalah UPGMA (*Unweight Pair Group Method With Arithmetic Average*). Karena penilaian dalam metode tersebut dikalikan dengan bobot yang sama pada masing-masing titik individu. Selain itu, bobot *cluster* diperlakukan secara proporsional untuk jumlah titik-titik yang dimilikinya sehingga nilai yang dapat pada dendrogram benar-benar menunjukkan tingkat jauh dekatnya hubungan kekerabatan. (Pielou dalam Mirna: 41).

I. Kerangka Berfikir

Indonesia dilewati oleh dua deretan pegunungan Sirkum Pasifik dan Sirkum Mediterani, sehingga banyak pegunungan berapi, kawah dan dataran tinggi di Indonesia dimanfaatkan sebagai observasi ilmiah. Sehingga perlu dilakukan penggalian mikroorganisme indigenous penghasil amilase. Merapi merupakan salah satu pegunungan berapi di Indonesia, pasca erupsi Merapi menyebabkan peningkatan temperatur sehingga memberikan banyak peluang untuk mendapatkan mikroorganisme termofilik yang potensial untuk dikembangkan sebagai penghasil enzim termostabil.

Penggalian mikroorganisme termofilik memberikan keuntungan, karena hampir 70% sektor industri menggunakan enzim dari mikroorganisme termofilik dalam prosesnya, sehingga keberadaan mikroorganisme termofilik sangat menarik untuk diteliti. Dalam hal ini yang akan diteliti adalah seleksi, karakterisasi dan identifikasi bakteri termofilik pasca erupsi merapi sebagai penghasil enzim amilase, yang diambil dari sampel pasir Kali Gendol Atas dengan suhu inkubasi 55 °C.