

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Luka Bakar

Luka bakar secara umum dapat didefinisikan sebagai hilang atau rusaknya suatu jaringan yang ada dalam tubuh. Keadaan ini diakibatkan oleh hantaran benda panas, perubahan suhu, zat kimia dan sengatan listrik (Brown, 2004). Luka bakar disebabkan oleh perpindahan energi dari sumber panas ke tubuh. Panas tersebut dipindahkan melalui konduksi atau radiasi elektromagnetik. Luka bakar dikategorikan sebagai luka bakar termal, radiasi atau luka bakar kimiawi (Effendi, 1999).

2.1.1 Klasifikasi Luka Bakar

Luka bakar di klasifikasikan menjadi 3, yaitu termal, radiasi, dan luka bakar kimiawi (Dzulfikar, 2012).

- a. Termal terjadi naiknya suhu yang bisa menyebabkan kematian sel. Pada kondisi ini bisa mengakibatkan luka melepuh akibat terpapar zat panas.
- b. Radiasi bisa terjadi akibat sengatan listrik yang menjalar ke tubuh.
- c. Luka bakar kimiawi bisa terjadi oleh paparan zat yang bersifat basa atau asam. Luka yang diakibatkan oleh zat bersifat basa akan mengakibatkan luka yang dalam karena zat basa dapat menyatu dengan jaringan lemak di kulit dan menyebabkan kerusakan jaringan yang lebih progresif serta untuk zat asam akan mengakibatkan koagulasi protein.

2.1.2 Patofisiologi

Luka bakar disebabkan oleh perpindahan dari sumber panas ke tubuh. Panas dapat terjadi akibat hantaran panas atau radiasi elektromagnetik. Destruksi jaringan terjadi akibat koagulasi, denaturasi protein atau ionisasi isi sel. Kedalaman luka bakar tergantung dengan lamanya kontak langsung dengan energi panas. Paparan selama 15 menit dengan air panas dengan suhu sebesar 56.10 °C mengakibatkan cedera full thickness yang serupa.

Perubahan patofisiologik yang disebabkan oleh luka bakar yang berat selama awal periode syok luka bakar mencakup hipoperfusi jaringan dan hipofungsi organ yang terjadi sekunder akibat penurunan curah jantung dengan diikuti oleh fase hiperdinamik serta hipermetabolik. Kejadian sistemik awal sesudah luka bakar yang berat adalah ketidakstabilan hemodinamika akibat hilangnya integritas kapiler dan kemudian terjadi

perpindahan cairan, natrium serta protein dari ruang intravaskuler ke dalam ruang interstisial. (Luz Yolanda Toro Suarez, 2015).

Luka bakar juga bisa diperparah oleh adanya bakteri yang masuk ke luka seperti bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa* yang merupakan bakteri gram negatif. Bakteri tersebut ada pada folikel rambut dan kelenjar keringat yang akan membentuk koloni-koloni pada luka yang belum diobati dengan antibiotika topikal (Moenadjat, 2003)

2.2 Bakteri

Bakteri gram dapat dibedakan menjadi dua, yaitu gram positif dan gram negatif. Bakteri gram negatif apabila dicuci menggunakan alkohol akan sangat larut karena mempunyai kandungan zat lipid sehingga pori-pori yang berada pada dinding sel akan membesar hingga mengakibatkan permeabilitas sel dinding menjadi besar dan bakteri jadi tidak berwarna karena zat warna yang diserap akan mudah dilepaskan. Sedangkan bakteri gram positif mempunyai sesuatu yang beda bila dibandingkan dengan gram negatif karena bakteri gram positif ketika saat melakukan pencucian dengan alkohol akan mendenaturasi protein pada dinding selnya. Sehingga protein yang dihasilkan akan mengakibatkan keras dan kaku sehingga pori jadi kecil dan permeabilitasnya menurun sehingga kristal violet dipertahankan dan menunjukkan warna ungu (Staff FKUI, 2013).

2.3 Faktor-Faktor Pertumbuhan dan Perkembangan Bakteri

Pertumbuhan dan perkembangan bakteri diakibatkan :

- a. Nutrisi untuk bakteri berasal dari senyawa karbon, nitrogen, belerang, fosfor, unsur logam (natrium, kalsium, magnesium, mangan, besi, tembaga, kobalt), vitamin, dan air untuk fungsi metabolisme dan pertumbuhan. .
- b. Beberapa spesies bakteri bisa tumbuh saat keadaan pH yang sangat asam atau basa untuk pertumbuhan optimal nya yaitu antara 6,5-7,5
- c. Suhu merupakan metode terjadinya perkembangan bakteri bergantung pada reaksi kimia, dan laju reaksi kimia bergantung pada suhu. Berdasarkan hal tersebut, bakteri dapat diklasifikasikan sebagai berikut:
 - 1) Bakteri psikrofilik, merupakan mikroba yang dapat hidup pada suhu 0-30°C dan suhu optimum 10-20°C.
 - 2) Bakteri mesofilik, merupakan salah satu mikroba yang bisa bertahan di suhu 5- 60 °C, suhu optimum adalah 25-40 °C.

- 3) Bakteri termofilik, merupakan mikroba yang mampu bertahan di suhu optimum 55- 65 °C.
- d. Oksigen
 - 1) Aerobik, adalah pertumbuhan mikroba yang memerlukan oksigen.
 - 2) Anaerobik, adalah mikroba yang bisa hidup tanpa akses oksigen.
 - 3) Fakultatif anaerob, adalah mikroba bisa hidup baik dalam keadaan ada maupun tidak adanya oksigen.
 - 4) Mikroaerobik, adalah mikroba yang bisa hidup dengan baik meskipun mempunyai sedikit oksigen
- e. Osmotik , Kandungan dan isotonisitas sel bakteri merupakan salah satu habitat yang menguntungkan untuk pertumbuhan bakteri
- f. Kelembaban Bakteri umumnya tumbuh subur di lingkungan yang lembab. Kebutuhan air tergantung pada jenis bakteri (Pelczar, et al., 1988).

2.4 Infeksi Bakteri

Penyakit infeksi bisa diakibatkan dari mikroorganisme patogen yang menginvasi tubuh (Darmadi, 2008). Bakteri, jamur, virus dan parasit dapat mengakibatkan terjadinya penyakit infeksi. Pernapasan, pencernaan, saluran kemih, serta sistem organ lainnya bisa mempengaruhi infeksi bakteri . Penyakit infeksi salah satu nya bisa terjadi karena ada bakteri. *P. aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, dan *Escherichia coli* merupakan bakteri yang bisa mengakibatkan timbul infeksi (Brooks et al., 2014).

2.5 Bakteri Uji

2.5.1 *Pseudomonas aeruginosa*

Sistematika bakteri *Pseudomonas aeruginosa* (Breed, dkk, 1957):

Divisi : Eukariota

Kelas : Schizomycetes

Bangsa : Pseudomonadales

Suku : Pseudomonodaceae

Marga : *Pseudomonas*

Jenis : *Pseudomonas aeruginosa*

Bakteri gram negatif yang paling umum diisolasi dari pasien yang dirawat di unit perawatan intensif (ICU) adalah *Pseudomonas aeruginosa* (Anandita, 2009). *Pseudomonas aeruginosa* bisa menumbuhkan koloni akan aman apabila ke orang sehat sedangkan bila sistem

kekebalan sedang lemah akan mengakibatkan terjadinya penyakit . Ciri ciri dari mikroba ini bisa berpasangan, tunggal dan berantai pendek sedangkan untuk ukuran koloni ini yaitu $0,6 \times 2 \mu\text{m}$ dan mempunyai bentuk batang dan motil. (Jawetz et al., 2014). Kebanyakan ditemukan di tumbuhan, air dan tanah, Bakteri ini sering di menyerang kulit pada orang sehat dan telah diisolasi dari tenggorokan dan feses bagi orang yang hanya di rawat di rumah sedangkan meningkat 20% pada pasien yang mengalami penyakit gastrointestinal yang ada di Rumah sakit. (Todar, 2012).



Gambar 2. 1 *Pseudomonas aeruginosa*

(Sumber : Todar's Online Textbook of Bacteriology)

2.5.1.1 Patogenesis

Pseudomonas aeruginosa adalah bakteri oportunistik, bakteri yang dapat menginfeksi pasien ketika sistem kekebalan tubuh terganggu. Ketika mikroba berada dalam inang dengan sistem kekebalan yang terganggu, mereka dapat melewati hambatan anatomis setelah luka bakar, pembedahan, dan masuk melalui kateter, injektor, dan saluran pernapasan yang terkontaminasi (Mayasari, 2005).

Pseudomonas aeruginosa mempunyai komponen struktural yang bertanggung jawab atas virulensi bakteri *P. aeruginosa*. Fimbriae (N-methylphenylalanine pili), kapsul polisakarida (glycocalyx), zat toksik berupa adhesi alginat (biofilm), zat toksik berupa invasi ella Starase, protease alkali, hemolisis (fosfolipase dan restinase), cytotoxin (leukocidin), pigmen pyocyanin merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan virulensi dalam patogenesis. Resistensi serum terhadap reaksi bakterisida, zat toksik dalam berbentuk kapsul serta enzim protease. Zat toksik berupa perubahan genetik melalui transduksi dan konjugasi, sifat genetik yang secara alami melekat pada faktor obat R dan plasmid yang resisten terhadap obat. Kriteria ekologi toksisitas suatu zat adalah penyesuaian kebutuhan nutrisi minimum untuk perbedaan metabolit harian varietas habitat (Todar, 2004).

Enzim elastase dan protease merupakan suatu enzim yang terbentuk dari ekstraseluler yang mampu menghidrolisis lesitin. Serta belum di ketahui lebih jauh untuk mekanisme pada Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Tetapi bakteri ini bisa menghasilkan protein leukosidin yang

sangat labil pada suhu yang bisa menghancurkan leukosit terutama pada manusia. (Todar, 2004; Jawetz et al., 2001).

2.5.1.2 Manifestasi Klinik

Infeksi Luka pada luka bakar tingkat I dan III biasanya akan muncul nanah biru kehijauan dari pigmen pyocamin yang disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* serta bisa menginfeksi pernapasan yang terjadi lewat saluran pernapasan yang kotor yang mengakibatkan terjadinya pneumonia dan nekrosis. Untuk infeksi mata biasanya dapat terjadi ketika kerusakan mata karena cedera dan sesudah operasi. Apabila *Pseudomonas Aeruginosa* menyerang pada anak kecil atau orang yang mempunyai imun yang lemah akan mengakibatkan sepsis yang fatal karena dapat masuk ke aliran darah. Biasanya sering terjadi pada orang yang mempunyai riwayat penyakit leukemia, luka bakar parah dan limfoma yang telah menjalani terapi radiasi dan kemoterapi (Todar, 2004).

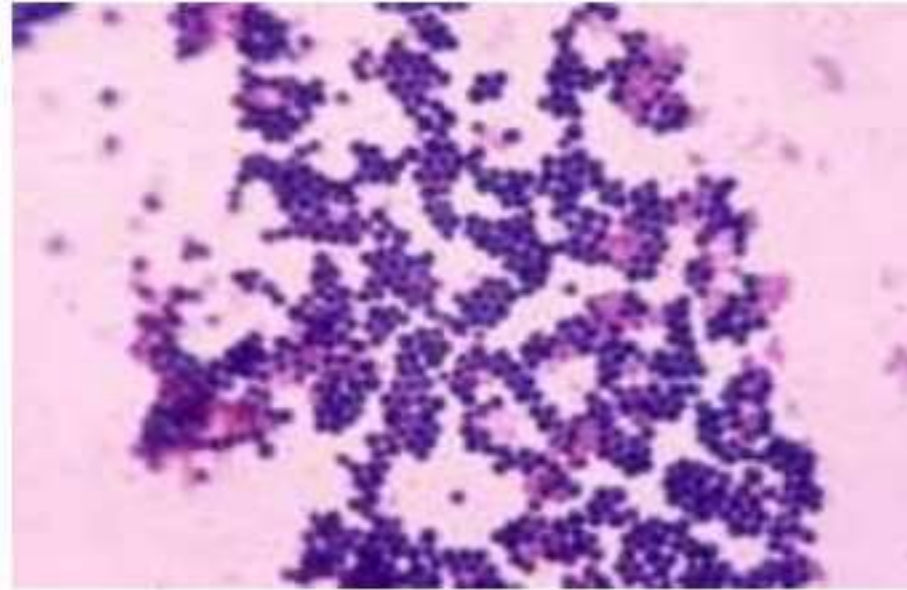
2.5.2 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus masuk dalam famili Micrococcaceae yang berasal dari bahasa latin yaitu Staphhel didefinisikan sebagai kumpulan anggur dan aureus yaitu emas. Bakteri ini termasuk ke dalam bakteri gram positif yang mempunyai bentuk bulat (kokus) mempunyai ukuran yang diameternya sekitar 1µm dan tidak berbentuk spora serta masuk ke dalam bakteri anaerob fakultatif. Bakteri *Staphylococcus aureus* termasuk bakteri mesofilik yang mempunyai suhu tumbuh 7-48°C dan suhu optimum 37°C, serta tumbuh optimal pada pH 6-7 (Adams and Moss, 1995).

Staphylococcus aureus hidup sebagai probiotik dalam sekresi lendir hidung, mulut, dan tenggorokan manusia dan hewan, dan juga dapat dikeluarkan saat batuk atau bersin. Selain bersifat toksik, bakteri ini dapat menyebabkan berbagai jenis infeksi pada manusia dan hewan, seperti jerawat, borok, meningitis, osteomielitis, pneumonia, dan mastitis (Supardi dan Sukanto, 1999). *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan keracunan makanan berbagai gejala setelah 24 jam. Misalnya muntah, diare, mual, kram dan kelelahan (Adams dan Moss, 1995).

Klasifikasi *Staphylococcus aureus* adalah sebagai berikut (Dwidjoseputro, 1978).

Divisi : Protophyta
Kelas : Schizomycetes
Bangsa : Eubacteriales
Suku : Micrococcaceae
Marga : Staphylococcus
Jenis : *Staphylococcus aureus*



Gambar 2. 2 *Staphylococcus aureus*

(Sumber : Wisteich Collection)

2.5.2.1 Infeksi *Staphylococcus aureus*

Penyakit infeksi merupakan salah satu morbiditas dapat diakibatkan oleh mikroorganisme yang bersifat dinamis. Infeksi biasanya sering terjadi negara-negara yang masih belum maju dapat di lihat di rumah sakit yang diakibatkan oleh tingginya mortalitas dan morbiditas. Secara umum, tiga faktor yang saling berinteraksi terlibat dalam proses patologis. Yaitu, faktor manusia atau inang, faktor patogen , dan lingkungan (Wikansari, Hestiningih, & Raharjo, 2012).

Beberapa Infeksi yang diakibatkan *Staphylococcus aureus*

Berikut macam infeksi ditimbulkan *S. aureus* :

1. Folikulitis adalah reaksi inflamasi pada permukaan folikel rambut. Faktor penyebab meliputi lingkungan lembab, kotor, dan drainase luka abses. Kepala, kulit tertutup dan lembab merupakan salah satu tubuh yang sering terkena infeksi. Indikasi akibat infeksi ini meliputi lesi kecil, pustula bulat, dan bisa menyertai pioderma lain atau tidak (Boediardja & Siti, 2009).
2. Bisul pada kulit sering terjadi pada seseorang serta sering dianggap sebagai penyakit yang umum. Tetapi apabila tidak langsung diobati bisul dapat mengganggu saat sedang aktivitas dan dapat terjadi infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Staphylococcus aureus* (Darwis, Melati, Wisiyati & Supriati 2009). Indikasi dari bisul biasa nya terdapat benjolan

kecil berwarna merah akan keluar nanah apabila mata dan tumor bisul tumbuh dan gatal di bagian tertentu (Melizar & Yunizar, 2008)

Karbunkel adalah kumpulan bisul. Lesi lebih besar, lebih lebar, lebih dalam, menyatu satu sama lain dan menyusup (Prawitasari, 2018). Karbunkel banyak dialami oleh orang yang sudah lanjut usia yang mempunyai kesehatan yang buruk. Menurut Siti dan Boediradja (2009), karbunkel akan tumbuh lambat dibandingkan dengan furunkel serta mengakibatkan nanah yang dalam akan terasa sakit dan meriang. Faktor kondisi termasuk diabetes, gagal jantung, dan terapi kortikosteroid jangka panjang. Menurut Prawitasari (2018), gejala klinis berupa nyeri dan gejala sistemik berupa demam tinggi, kelelahan dan malaise. Tandanya adalah munculnya nodul merah, keras, tumbuh cepat secara tiba-tiba yang menjadi lesi yang besar dan nyeri, biasanya berdiameter 4-12 cm (Harahap, 2000).

2.5.2.2 Patogenitas

Staphylococcus sp. Di kelompokkan menjadi 4 jenis yang dapat mengakibatkan infeksi pada manusia yaitu kelompok 1-3 dan kelompok 4 akan menghasilkan enterotoksin. Infeksi pada bakteri ini yang paling banyak ditemukan yaitu pembentukan abses atau lusi purulen lokal kulit menjadi salah satu yang sering terkena infeksi karena sangat mudah terkena debu atau bakteri yang ada diluar. Lesi bisa mengakibatkan bisul dan jerawat. *Staphylococcus aureus* bisa mempengaruhi jaringan dan organ dalam yang mengakibatkan pneumonia, osteomielitis, endokarditis, sistitis, pielonefritis, dan stafilokokus. radang usus. Enteritis stafilokokus disebabkan oleh kontaminasi makanan dengan enterotoksin (Cappuccino dan Sherman)

2.6 Antibakteri

Bakteri mempunyai sifat yang toksisitas selektif yang bisa membunuh dan menghambat pertumbuhan bakteri jadi anti bakteri merupakan zat atau senyawa yang bisa digunakan untuk menghambat dan membunuh bakteri terutama yang berbahaya bagi manusia pada konsentrasi tertentu (Jawetz et al, 2013). Konsentrasi minimum yang diperlukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri atau membunuh bakteri dikenal sebagai konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi pembunuhan minimum (KPM) (Setiabudy dan Gan, 2007). Penghancuran bakteri oleh agen bakteriostatik masih tergantung pada kemampuan inang untuk merespon sistem kekebalan. Menurut mekanisme kerjanya, antibakteri dibagi menjadi lima kelompok. a) antibakteri yang menghambat metabolisme sel mikroba. b) antibakteri yang menghambat sintesis dinding sel bakteri. c) sifat antimikroba yang melanggar integritas

membran sel bakteri. d) antibakteri yang menghambat sintesis protein dalam sel bakteri. e) antibakteri yang menghambat sintesis asam nukleat dalam sel bakteri.

2.7 Penentuan Uji Aktivitas Antibakteri

2.7.1 Metode difusi

Aktivitas antibakteri dianggap positif jika terjadi pembentukan zona hambat seperti zona bening disekitar kertas cakran. Menurut Suryawira (1978), dalam Pradana (2013), berdasar dari pembentukan zona hambat sehingga cara kerja antibakteri bisa dikategorikan atas beberapa kategori yakni untuk zona hambat < 5 mm (lemah) 5-10 mm (sedang) 10-20 mm (kuat) serta untuk < 20 (sangat kuat). Penentuan aktivitas antimikroba bisa dilaksanakan menggunakan 2 cara, yakni metode difusi serta dilusi. Dalam metode difusi salah satunya yaitu metode *cup-plate technique*, *disk diffusion* (tes Kirby & Baur), *E-test*, *ditch-plate technique*. Sementara dalam metode dilusi salah satunya yaitu metode dilusi padat serta cair (Pratiwi, 2008).

Metode *disk diffusion* (tes Kirby & Baur) memakai piringan yang berisikan antibakteri, lalu dimasukan kedalam media agar yang telah di isi dengan bakteri agar antibakteri bisa berdifusi di media agar tersebut. Area jernih dapat dikatakan sebagai penghambatan tumbuhnya bakteri oleh antibakteri.

Metode *E-test* dipergunakan sebagai estimasi KHM (Kadar Hambat Minimum), yakni konsentrasi minimum antibakteri agar bisa menghambat tumbuhnya bakteri. Dalam metode ini dipergunakan strip plastic berisi antibakteri dengan kadar terendah sampai tertinggi kemudian letakan di permukaan media agar yang sebelumnya sudah ditanami bakteri. Pemantauan dilihat dari kejernihan jumlah antibakteri yang menghambat pertumbuhan bakteri di media agar.

Ditch-plate technique. Dalam metode ini sampel meliputi antibakteri diuji menggunakan cawan petri dengan membuat parit dibagi menjadi lalu goreskan bakteri uji ke arah parit yang telah diisi dengan antibakteri.

Cup-plate technique. Metode tersebut sama dengan *disk diffusion*, yang mana pembuatan sumur di media agar sebelumnya sudah ada bakteri yang muncul lalu di sumur dilakukan pemberian agen mikroba yang akan dilakukan pengujian.

2.8 Metode dilusi

Metoda dilusi cair/ *broth dilution test (serial dilution)*. Metoda dilusi cair/ *broth dilution test (serial dilution)*. Metode ini dipergunakan sebagai pengukuran KHM (Konsentrasi Hambat Minimum) serta KBM (Kadar Bunuh Minimum). Metode yang dilaksanakan yaitu melalui

pembuatan seri pengenceran agen anti mikroba ke media cair yang diberi tambahan mikroba uji. Larutan uji agen antimikroba mempunyai kadar paling kecil yang nampak jernih dengan tidak ada tumbuhnya mikroba uji dinamakan dengan KHM. Lalu KHM itu berikutnya mengkultur kembali di media cair dengan tidak adanya penanaman agen mikroba maupun mikroba uji, serta dilakukan inkubasi umumnya dalam waktu 18-24 jam. Media cair yang masih konstan nampak jernih sesudah dilakukan inkubasi dinamakan dengan KBM.

Metode dilusi padat (*solid dilution test*). Metode tersebut sama seperti metode dilusi cair akan tetapi memakai sampel yang padat. Kelebihan dari dilusi padat ini yakni pengujian satu konsentrasi bakteri bisa dipergunakan dalam pengujian beberapa bakteri uji.

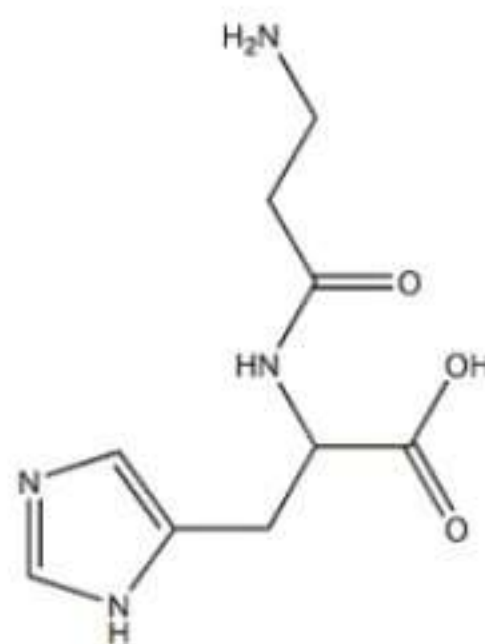
2.8 Enzim

Enzim adalah katalisator yang diharapkan bisa untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan pemborosan energi karena reaksi tidak membutuhkan energi, bersifat spesifik dan tidak beracun. Enzim telah banyak dimanfaatkan di berbagai bidang seperti pertanian, industri, kimia dan farmasi. Tiga sifat utama dari biokatalisator yaitu menaikkan kecepatan reaksi, mempunyai kekhususan dalam reaksi dan produk serta kontrol kinetik (Akhdiya, 2003)

Molekul-Molekul enzim adalah katalis yang sangat berpengaruh untuk mempercepat pengubahan substrat menjadi produk produk akhir. Enzim tidak stabil aktivitasnya oleh pengaruh baik kondisi fisik maupun kimia seperti suhu, pH, dan lain sebagainya (Pelczar dan Chan, 2005).

Enzim bisa dihasilkan dari berbagai makhluk hidup seperti hewan, tumbuhan dan mikroorganisme. Hasil yang didapatkan dari tumbuhan yaitu enzim papain yang dihasilkan oleh pepaya dan enzim bromelin yang dapat dihasilkan dari buah nanas.

2.8.1 Papain



Gambar 2. 3 Struktur Kimia Enzim Papain

(Sumber : Sumarlin *et al.*,2012)

Papain merupakan enzim protease yang diisolasi dari tanaman atau pepaya yang belum matang (*Carica papaya L.*). Papain didapatkan dari cara memotong dan memanen kulit buah pepaya dan mengeringkannya. Apabila buahnya hijau maka semakin tinggi kandungan papain.



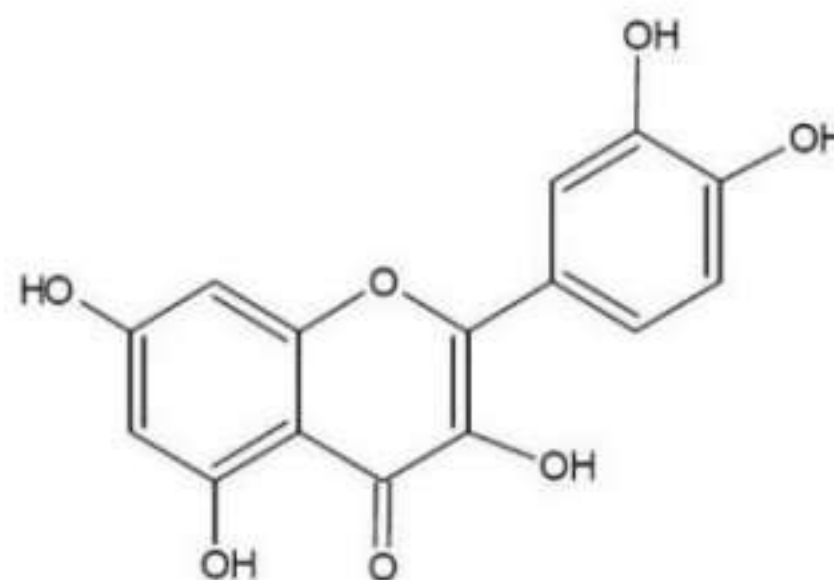
Gambar 2. 4 Buah Pepaya (*Carica papaya L.*)

(Sumber : Dalimartha, 2003)

Enzim papain dan chymopapain terkandung di dalam buah pepaya, yang membantu tubuh menyembuhkan luka bakar dan luka lainnya dengan mengurangi peradangan. Papain bisa juga memutuskan ikatan peptida yang berasosiasi dengan asam amino basa, khususnya residu termasuk arginin, lisin dan fenilalanin (Menard et al., 2013). Struktur unik papain menyediakan fungsi yang mendukung kita mempelajari cara kerja enzim proteolitik ini dan menguntungkan untuk beragam tujuan. Sebuah penelitian oleh Gartika dkk melaporkan pada tahun 2014 bahwa papain mempunyai aktivitas antibakteri pada bakteri patogen *Streptococcus aureus* (Gartika, M. dkk., 2014).

Pepaya adalah buah yang umum ditanam di daerah tropis dan digunakan untuk berbagai manfaat kesehatan. Kulit buah pepaya dikenal dengan aktivitas proteolitiknya dan merupakan sumber enzim papain yang sangat baik yang dikenal sebagai komponen utama kulit papaya. Kandungan gizi lengkap pepaya adalah terdiri dari : energi, serat, protein, karbohidrat, kalsium, fosfor, kalium, magnesium, natrium, zat besi, karoten, vitamin, air (Chaubey et al., 2018).

2.8.2 Bromelain



Gambar 2. 5 Struktur kimia enzim bromelain
(Sumber : Deni Rahmat, et al, 2017)

Bromelin adalah enzim proteolitik didapatkan dalam nanas dan spesies lain dari keluarga bromelain. Enzim proteolitik ada dalam jus batang nanas disebut bromelain batang, dan enzim dalam buah dideskripsikan sebagai bromelain 1 dan saat ini yaitu bromelain buah.



Gambar 2. 6 Buah Nanas (*Ananas comosus*)

(Sumber : Ana, C. et al., 2018)

Menurut keterangan yang tersebar di masyarakat lokal dan literatur pengobatan tradisional, nanas tidak hanya penting secara ekonomi, namun baik juga untuk kesehatan. Bromelain yang terdapat dalam nanas bisa dipakai untuk pengawet oral, antibakteri, antijamur, dan desinfektan. Enzim Bromelin adalah enzim protease dapat menghidrolisis ikatan peptida menjadi asam amino. Konsentrasi bromelain pada bongkahan nanas lebih tinggi dibandingkan dengan ampas nanas. (Deni Rahmat dkk., 2017). Penelitian Ana et al. pada tahun 2018 menunjukkan bahwa kandungan senyawa fenolik yang tinggi pada ekoenzim kulit nanas dan jeruk ditemukan memiliki efek yang sangat baik terhadap aktivitas antibakteri dan mempunyai aktivitas antioksidan (Ana, C. et al., 2018). Efek sinergis dari dua ekoenzim juga telah dipelajari sebelumnya oleh Gunwantrao et al. Dilaporkan memiliki potensi aktivitas antimikroba terhadap berbagai bakteri (Gunwantrao, B.B. et al., 2016).

Kulit nanas berdasarkan kandungan nutriennya, ternyata kulit buah nanas mengandung karbohidrat dan gula yang cukup tinggi. Kulit nanas mengandung 81,72 % air, 20,87 % serat kasar, 17,53 % karbohidrat, 4,41 % protein, 0,02 % lemak, 0,48 % abu, 1,66 % serat basah, dan 13,65 % gula reduksi (Ketnawa, 2009). Ekoenzim yang berasal dari kulit nanas memiliki sifat antimikroba serta anti-inflamasi. Kandungan senyawa polifenol dan flavonoid yang tinggi dalam ekstrak nanas

2.9 Fermentasi

Fermentasi adalah proses dimana mikroorganisme memecah senyawa organik sebagai energi dan mengubah substrat menjadi produk baru. produk fermentasi Dalam bentuk biomassa seluler, enzim, metabolit primer dan sekunder atau produk konversi (transformasi biologis). Proses fermentasi menggunakan aktivitas mikroorganisme tertentu atau campuran beberapa

jenis mikroorganisme. Mikroorganisme yang lazim dalam proses fermentasi meliputi ragi, kapang, dan bakteri. Teknologi fermentasi merupakan salah satu upaya manusia untuk memanfaatkan bahan yang relatif murah dan bernilai rendah menjadi produk yang bernilai ekonomis tinggi dan bermanfaat bagi kehidupan manusia.

2.10 Ekoenzim

Eco enzyme atau dalam Bahasa Indonesia disebut eko enzim adalah suatu cairan yang banyak manfaat yang dihasilkan dari proses fermentasi dari beberapa kulit buah dan sayuran yang dikombinasikan dengan menggunakan air dan gula. Hasil dari fermentasi ekoenzim ini berwarna coklat gelap dan mempunyai bau asam dan segar yang kuat.(M. Hemalatha, 2020). Seorang peneliti dan pemerhati lingkungan dari Thailand yaitu Dr. Rosukon Poompanvong membuat inovasi ini memberikan banyak distribusi terhadap lingkungan . Seorang ahli dari thailand yaitu Dr. Rosukon Poompanvong menciptakan suatu organisasi yang bernama Organic Agriculture Association of Thailand yang berkolaborasi dengan beberapa petani Thailand bahkan Eropa yang sukses membuat suatu bahan bagi pertanian yang sangat bermanfaat bagi lingkungan . Dengan hasil ini ia sukses mendapatkan suatu penghargaan dari FAO Regional Thailand di tahun 2003.

Banyak orang yang sudah mulai menggunakan ekoenzim karena sangat mudah untuk dilakukan serta ekonomis dan ramah lingkungan karena pembuatannya hanya menggunakan bahan bahan seperti kulit buah buahan dan sayuran (Kumari, 2007). Penggunaan limbah organik ini seperti kulit buah adalah suatu kemajuan di masa sekarang serta pengetahuan memakai fermentasi anaerobik yang menguntungkan(Neupane & Khadka 2019) Enzim yang terkandung dalam ekoenzim ini sangat banyak ditemukan seperti amilase,lipase,protease, selulosa dan bromelin serta untuk metabolit sekunder yaitu kuinon, flavonoid, saponin dan alkaloid (Vama & Cherkar 2020)

Kulit buah yang digunakan untuk membuat ekoenzim yaitu kulit,pisang,semangka, belimbing, jeruk, pepaya dan nanas kandungan senyawa didalam kulit buah sangat banyak. Kandungan gizi kulit pisang cukup lengkap diantaranya seperti karbohidrat, lemak, protein, kalsium, fosfat, zat besi, vitamin B, vitamin C dan air. Kulit pisang masak yang berwarna kuning kaya akan senyawa kimia yang bersifat antioksidan, baik senyawa flavonoid maupun senyawa fenolik (Ermawati dkk, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Someya et al., (2002) membuktikan bahwa pada kulit pisang mengandung aktivitas antioksidan yang cukup tinggi dibandingkan dengan dagingnya

Kulit buah semangka juga kaya akan vitamin, mineral, enzim, dan klorofil. Vitamin yang terdapat pada kulit buah semangka meliputi vitamin A, vitamin B2, vitamin B6, vitamin E, dan

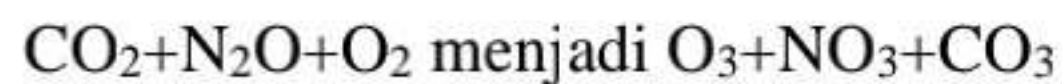
vitamin C. Kandungan betakaroten dan likopen yang terdapat pada kulit buah semangka dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan (Perkins dan Collins, 2004).

Kandungan nutrisi limbah kulit jeruk (*Citrus sinensis*) cukup tinggi yaitu bahan kering 90,01%, abu 7,70%, protein kasar 6,50%, serat kasar 12,76%, lemak kasar 3,40%, dan Total Digestible Nutrient 79,00%. Disamping itu juga mengandung senyawa aktif yang terdiri atas minyak atsiri 0,91%, tanin 0,95%, flavonoid 0,46%, dan saponin 0,84% (Fadila dkk, 2016).

Belimbing manis (*Averrhoa carambola*) merupakan buah berbentuk menyerupai bintang dan tumbuh di daerah iklim tropis. Analisis fitokimia menunjukkan bahwa buah belimbing manis mengandung protein, gula, lemak, kalsium, fosfor, besi, vitamin A, vitamin B1, vitamin C, asam amino, asam oksalat, pektin, saponin, tannin, alkaloid, karotenoid, dan polifenol (Payal et al, 2012).

2.11 Manfaat Ekoenzim

Reaksi yang berlangsung selama fermentasi :



Hasil akhir ekoenzim dilihat dari perubahan warna menjadi coklat gelap dan bau asam dan segar yang kuat

Untuk ampas yang tertinggal di bawah bisa dijadikan menjadi pupuk organik serta cairannya bisa digunakan untuk cairan lantai yang sangat berguna untuk membersihkan lantai, dijadikan desinfektan yang dapat menjadi antibakteri seperti di bak mandi ataupun di ruangan rumah dan bisa juga untuk membunuh serangga bila ekoenzim dicampur dengan air lalu di buat semprotan

Produksi ekoenzim ini juga memiliki peranan penting bagi lingkungan secara global dan ekonomi. Proses fermentasi enzimatik menghasilkan gas O_3 yang dikenal sebagai ozon (Rubin, 2001). Asam asetat (H_3COOH) bisa membunuh kuman, virus dan bakteri. Sedangkan kandungan enzimnya sendiri adalah amilase, lipase, protease, selulosa dan bromelin yang dapat membunuh atau mencegah bakteri patogen itu merupakan kandungan yang ada dalam ekoenzim. Ini juga membentuk NO_3 dan CO_3 , yang dibutuhkan tanah sebagai nutrisi. Produksi enzim bisa mengganti penggunaan larutan pencuci lantai atau pemakaian obat nyamuk (Eviati & Sulaeman, 2009).