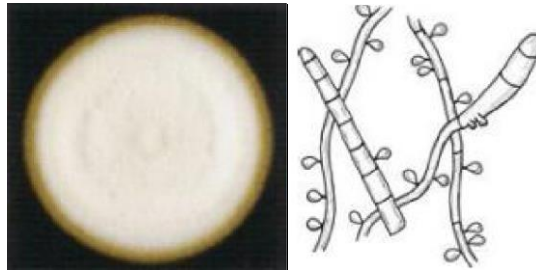


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jamur *Trichophyton rubrum*

Trichophyton rubrum merupakan salah satu spesies jamur dari Trichophyton penyebab penyakit dermatofitosis. Dermatofitosis adalah penyakit yang disebabkan oleh kolonisasi jamur dermatofit yang menyerang jaringan berkeratin seperti stratum korneum kulit, rambut dan kuku pada manusia dan hewan. Pertumbuhan jamur pada media SDA bisa mencapai 2-3 minggu.



Gambar 2.1 *Trichophyton rubrum* secara makroskopis (kiri), secara mikroskopis (kanan) (Kurniati, 2008)

2.1.1 Taksonomi

Trichophyton rubrum dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Fungi
Filum : Ascomycota
Kelas : Eurotiomycetes
Ordo : Onygenales
Famili : Arthrodermataceae
Genus : *Trichophyton*
Spesies : *Trichophyton rubrum*

(Sari, 2010)

2.1.2 Morfologi

Dilihat secara makroskopis, koloni jamur *Trichophyton rubrum* mempunyai permukaan seperti kapas, putih, dan pigmen berwarna merah gelap (Sari, 2010). Secara mikroskopis, jamur *Trichophyton rubrum* membentuk banyak mikrokonidia kecil, berdinding tipis, dan berbentuk lonjong. Mikrokonidia terletak pada konidiofora yang pendek yang tersusun satu persatu pada sisi hifa (*en thyrse*) atau berkelompok (*en grappe*). Makrokonidia berbentuk seperti pensil dan terdiri atas beberapa sel (Salim, 2010). *Trichophyton rubrum* biasanya mempunyai mikrokonidia yang berbentuk tetesan air mata sepanjang sisi-sisi hifa, pada beberapa strain mikrokonidia ini mungkin banyak (Sari, 2010).

Mikrokonidia adalah bentuk spora yang paling banyak. Mikrokonidia berdinding halus, berbentuk pensil dengan ujung-ujung yang tumpul biasanya jarang. Tiap-tiap spesies berbeda dalam morfologi koloni dan pigmentasi. Pembentukan konidia dapat juga berbeda, tergantung pada spesies dalam observasi. Pembentukan tempat jamur tumbuh sangat mempengaruhi sifat-sifat ini. Penggunaan berbagai jenis pembedahan kadang-kadang diperlukan untuk membedakan spesies (Sari, 2010).

Beberapa strain dari *Trichophyton rubrum* secara mikroskopis dapat dibedakan berupa tipe halus dan tipe granuler. Tipe halus dicirikan mikrokonidia *clavate* yang tipis dalam jumlah kecil hingga sedang dan tidak memiliki makrokonidia. Sedangkan tipe granuler dicirikan adanya jumlah sedang hingga banyak mikrokonidia berbentuk *clavate* dan piriformis dan jumlah sedang hingga banyak pada makrokonidia yang berbentuk seperti cerutu dan berdinding tipis (Salim, 2010).

2.1.3 Habitat

Trichophyton rubrum merupakan jamur dermatofita. Dermatofita dibedakan menjadi tiga menurut habitat primer, yaitu antropofilik, zoofilik, dan geofilik. *Trichophyton rubrum* termasuk dalam kategori jamur antropofilik dan yang tersering menyebabkan penyakit kronis (Salim, 2010).

Antropofilik merupakan kelompok spesies dermatofita yang hanya berkembang pada host manusia dan transmisi secara kontak langsung. Kulit yang terinfeksi atau rambut pada pakaian, topi, sisir, kaus kaki, dan handuk juga dapat menjadi sumber reservoir. Tidak seperti sporadic geofilik dan infeksi zoofilik, infeksi antropofilik sering terjadi epidemik. Dermatofita ini juga telah beradaptasi pada respon non inflamasi tubuh manusia (Hakim, 2013).

2.1.4 Patogenesis

Invasi jamur *Trichophyton* dapat menimbulkan kelainan pada kulit, rambut, dan kuku. Jamur *Trichophyton rubrum* termasuk golongan jamur antropofilik yaitu jamur yang terutama menghinggapi manusia (Salim, 2010).

Trichophyton rubrum dapat hidup dan berkembang pada lapisan epidermis dengan enzim keratinase, proteinase dan katalase. Selain itu, jamur patogen ini juga memproduksi enzim hidrolitik, yaitu fosfatase, super oksid dismutase, asam lemak jenuh dan lipase. *Trichophyton rubrum* setelah menginvasi sel keratin, menerobos ke dalam epidermis dan selanjutnya akan menimbulkan reaksi peradangan atau inflamasi. Reaksi peradangan tersebut timbul akibat *Trichophyton rubrum* serta bahan yang dihasilkan berada di daerah kutan, yaitu dari lapisan kulit yang meliputi stratum korneum hingga stratum basale (Salim, 2010).

2.1.5 Infeksi

Trichophyton rubrum menyerang jaringan kulit dan menyebabkan beberapa infeksi kulit antara lain:

- 1) Tinea pedis (*athlete's foot*) dicirikan dengan gatal di antara jari kaki dan terjadinya lecet kecil. Gambaran klinik akut; gatal, merah dan vasikuler, sedangkan menahun; gatal, bersisik, kulit pecah-pecah.
- 2) Tinea corporis (kurap), dermatofitosis dari kulit yang tidak berambut, yang sering menimbulkan lesi-lesi anuker dari kurap, dengan bagian tengah bersih bersisik dikelilingi oleh pinggir merah yang meninggi berisi vesikel. Biasanya dicirikan dengan luka bundar dengan batasan yang berisi bintik-bintik.
- 3) Tinea unguium (kadas kuku), dicirikan dengan kuku yang menebal, hilang warna, tidak mengkilap, hilang warna dan mudah patah. Biasanya dihubungkan dengan tinea pedis.
- 4) Tinea cruris adalah mikosis superfisial yang mengenai daerah selangkangan. Kebanyakan infeksi mengenai laki-laki dan tampak sebagai lesi kering yang gatal. Pada kasus yang berat dapat pula mengenai kulit sekitarnya, daerah scrotum dan menyebar ke selangkangan.

(Sari, 2010)

2.2 Enzim

Enzim merupakan katalisator protein yang mempercepat reaksi kimia dalam makhluk hidup atau dalam sistem biologik. Sebagai protein, enzim

memiliki sifat-sifat umum protein, seperti enzim terdenaturasi pada suhu tinggi atau kondisi ekstrim lainnya. Beberapa oksidator, keadaan polaritas larutan, tekanan osmotik yang abnormal juga dapat menghambat kerja enzim. Kelebihan enzim sebagai katalis dibandingkan dengan bahan kimia lainnya adalah (1) enzim memiliki spesifitas yang tinggi, (2) enzim hanya mengkatalis substrat tertentu, (3) tidak terbentuk produk sampingan (by-product) yang tidak diinginkan, (4) produktifitas yang tinggi sehingga dapat mengurangi biaya, (5) produk akhir pada umumnya tidak terkontaminasi sehingga mengurangi biaya purifikasi dan mengurangi efek kerusakan terhadap lingkungan (Nizar, 2015).

Enzim memiliki karakteristik spesifik dan berbeda dari katalis sintetik atau anorganik. Enzim memiliki tingkat tinggi dan lebih besar dari spesifisitas substrat dan daya katalitik. Beberapa enzim bertindak atas protein lain untuk menambah atau menghapus kelompok kimia dalam proses yang dikenal sebagai modifikasi pasca-translasi. Sekitar 4.000 reaksi yang diketahui dikatalisasi oleh enzim. Meskipun enzim dapat terdiri dari ratusan asam amino, biasanya hanya sebagian kecil dari residu yang datang dalam kontak dengan substrat, yang secara langsung terlibat dalam katalisis (Susanti dan Fibriana, 2017).

2.2.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim

Semua enzim adalah protein, dan aktivitas katalitiknya bergantung kepada integritas strukturnya sebagai protein. Enzim seperti protein lain, mempunyai berat molekul berkisar kira-kira 12.000 sampai 1 juta. Oleh karena itu, enzim berukuran amat besar dibandingkan dengan substrat atau gugus fungsional targetnya (Nizar, 2015).

Suhu sangat mempengaruhi aktivitas enzim pada waktu mengkatalisis suatu reaksi. Seluruh enzim memerlukan jumlah panas terutama untuk dapat aktif. Sejalan dengan meningkatnya suhu, makin meningkat pula aktifitas enzim. Secara umum, setiap peningkatan sebesar 10 °C di atas suhu minimum, aktifitas enzim akan meningkat sebanyak dua kali lipat. Aktivitas enzim meningkat pada kecepatan ini hingga mencapai kondisi optimum. Peningkatan suhu yang melebihi suhu optimumnya menyebabkan lemahnya ikatan di dalam enzim secara struktural. Pada suhu maksimum enzim akan terdenaturasi karena struktur protein terbuka dan gugus non polar yang berada di dalam molekul menjadi terbuka keluar, kelarutan protein di dalam air yang polar menjadi turun, sehingga aktifitas enzim juga akan turun (Nizar, 2015).

Aktifitas enzim dipengaruhi pula oleh konsentrasi substrat. Pada konsentrasi substrat rendah, enzim tidak mencapai konversi maksimum akibat sulitnya enzim menemukan substrat yang akan direaksikan. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi substrat, kecepatan reaksi juga akan meningkat akibat makin cepatnya substrat terikat pada enzim. Peningkatan konsentrasi pada titik jenuh tidak lagi dapat meningkatkan laju reaksi (Nizar, 2015).

pH lingkungan juga berpengaruh terhadap kecepatan aktifitas enzim dalam mengkatalisis suatu reaksi. Hal ini disebabkan konsentrasi ion hidrogen mempengaruhi struktur tiga dimensi enzim dan aktifitasnya. Setiap enzim memiliki pH optimum dimana pada pH tersebut struktur tiga dimensinya paling kondusif untuk mengikat substrat. Bila konsentrasi ion hidrogen berubah dari konsentrasi optimal, aktifitas enzim secara progresif hilang sampai pada akhirnya enzim menjadi tidak fungsional (Nizar, 2015).

Selain suhu, pH dan konsentrasi substrat, aktivitas enzim juga dipengaruhi oleh senyawa penghambat enzim (inhibitor). Inhibitor dapat bersaing dengan substrat untuk berikatan dengan sisi aktif enzim sehingga dapat terjadi pengurangan laju reaksi. Inhibitor biasanya menyerupai substrat normal dengan bentuk tiga dimensinya. Karena persamaan ini, enzim dapat berikatan dengan inhibitor. Selain inhibitor ada pula aktivator yang dapat meningkatkan laju reaksi (Nizar, 2015).

Aktivitas katalitik enzim dapat dipengaruhi oleh aktivator (bahan-bahan yang meningkatkan aktivitas enzim) dan inhibitor (bahan-bahan yang menurunkan aktivitas enzim). Aktivitas enzim juga dipengaruhi oleh kofaktor, yaitu komponen non protein dari enzim yang menentukan aktivitas katalitiknya. Kofaktor ini dapat berupa senyawa organik yang disebut koenzim atau senyawa non organik seperti ion logam Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} dan Ca^{2+} . Ion-ion logam ini umumnya ditambahkan dalam bentuk garam, misalnya ion Ca^{2+} dalam bentuk garam klorida. Kation-kation lain yang telah diketahui dapat mengaktifkan enzim adalah Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , dan Al^{3+} (Situmorang, 2014).

2.3 Enzim Protease

Protease adalah kelompok besar enzim, dan mereka menghidrolisis ikatan peptida protein. Protease juga disebut enzim proteolitik atau proteinase. Enzim ini umumnya ditemukan pada tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Mereka sangat penting untuk banyak proses fisiologis, misalnya konversi protein makanan dalam proses pencernaan makanan, daur ulang protein intraseluler, jalur pembekuan darah, antigen dan aktivasi berbagai protein. Enzim proteolitik tidak hanya

penting untuk proses fisiologis tetapi juga dapat berbahaya ketika aktivitas mereka tidak terkontrol. Enzim protease juga digunakan dalam proses seperti pembuatan bir, pengempukan daging dan pengolahan susu. Karena peran penting dari protease dalam bioteknologi, mereka memiliki tempat pertama di pasar dunia enzim (Susanti dan Fibriana, 2017).

Protease sangat selektif untuk posisi hidrolisis ikatan peptida dalam substrat. Berdasarkan jenis reaksi, ada dua kelas protease yaitu endopeptidase dan eksopeptidase. Eksopeptidase membelah proksimal ikatan peptida pada bagian ujung/terminal substrat, sedangkan endopeptidase memutus ikatan peptida membelah pada bagian tengah/dalam substrat. Protease dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara, misalnya, berdasarkan kisaran pH di mana mereka aktif (asam, netral, atau basa), atau kemampuan mereka untuk menghidrolisis protein spesifik (keratinase, elastase, kolagenase, dan lain-lain), atau kesamaan mereka untuk proteinase juga ditandai seperti pepsin, tripsin, chymotrypsin, atau cathepsins mamalia. Ada lima kelas protease dikategorikan oleh database Merops, yaitu Serine, Sistein, Aspartat, Metallo, dan Threonine (Susanti dan Fibriana, 2017).

Secara umum, berdasarkan aktivitas protease pada pH optimum, protease dibagi menjadi: (i) protease Asam, aktif dalam kisaran 2 pH – 3,5; (ii) protease Netral, aktif dalam pH antara 6,5 dan 7,5 dan (iii) protease Alkali, aktif dalam pH antara 7,5 dan 10,5. Berdasarkan urutan asam amino dan kelompok katalitik enzim yang terlibat dalam aktivitas nukleofilik pada ikatan peptida, protease diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok yaitu untuk protease serin (EC 3.4.21), protease sistein (EC 3.4.22), protease aspartat (EC 3.4.23),

metalloprotease (EC 3.4.24), atau jenis yang tidak diketahui masing-masing (Susanti dan Fibriana, 2017).

2.4 Protein

Protein adalah makromolekul biologi, senyawa biokimia yang terdiri dari satu atau lebih polipeptida. Polipeptida merupakan polimer dari asam amino, dan masing-masing asam amino dihubungkan dengan ikatan kovalen yang disebut ikatan peptida. Protein adalah bagian penting dari organisme dan berpartisipasi dalam hampir setiap proses di dalam sel. Banyak protein adalah enzim-enzim yang mengkatalisis reaksi biokimia dan sangat penting untuk metabolisme (Susanti dan Fibriana, 2017).

2.5 Limbah Cair Tahu

Limbah tahu berasal dari buangan atau sisa pengolahan kedelai menjadi tahu yang terbuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu sehingga tidak dapat dikonsumsi. Limbah tahu terdiri atas dua jenis yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi mencemari lingkungan. Limbah ini terjadi karena adanya sisa air tahu yang tidak menggumpal, potongan tahu yang hancur karena proses penggumpalan yang tidak sempurna serta cairan keruh kekuningan yang dapat menimbulkan bau tidak sedap bisa dibiarkan (Nohong, 2010).

Limbah industri tahu pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat pabrik pengolahan tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai, dan benda

padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut dengan ampas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai dan umumnya limbah padat yang terjadi tidak begitu banyak (0,3% dari bahan baku kedelai). Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu terjadi pada proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan (Arifin, 2012).

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan atau pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih. Cairan ini berisi kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan (Arifin, 2012).

2.5.1 Kandungan Limbah Cair Tahu

Limbah cair industri tahu berisi bahan-bahan organik yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino. Adanya senyawa-senyawa organik tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu berisi BOD, COD, dan TSS yang tinggi (Arifin, 2012).

Bahan-bahan organik yang terdapat di dalam limbah industri cair tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, dan lemak. Senyawa protein memiliki jumlah yang paling besar yaitu mencapai 40%-60%, karbohidrat 25%-50%, dan lemak 10%.

Bertambah lama bahan-bahan organik dalam limbah cair tahu, maka volumenya semakin meningkat (Arifin, 2012).

Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah cair tahu adalah oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), karbondioksida (CO_2), dan metana (CH_4). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah cair tersebut. Senyawa organik yang berada pada limbah adalah senyawa yang dapat diuraikan secara sempurna melalui proses biologi baik aerob maupun anaerob. Sedangkan senyawa anorganik pada limbah adalah senyawa yang tidak dapat diuraikan melalui proses biologi (Arifin, 2012).

Limbah cair tahu berisi bahan organik berupa protein yang dapat terdegradasi menjadi bahan anorganik. Degradasi bahan organik melalui proses oksidasi secara aerob akan menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih stabil. Dekomposisi bahan organik pada dasarnya melalui dua tahap yaitu bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Bahan anorganik yang tidak stabil mengalami oksidasi menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya ammonia mengalami oksidasi menjadi nitrit dan nitrat (Arifin, 2012).

2.5.2 Dampak Limbah Cair Tahu

Dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran bahan organik limbah industri tahu adalah gangguan terhadap kehidupan biotik, turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya bahan organik. Aktivitas organisme dapat memecah molekul organik yang kompleks menjadi molekul organik yang sederhana. Bahan anorganik seperti ion fosfat dan nitrat dapat dipakai sebagai makanan oleh tumbuhan yang melakukan fotosintesis. Selama proses metabolisme oksigen banyak dikonsumsi, sehingga apabila bahan organik dalam air sedikit, oksigen

yang hilang dari air akan segera diganti oleh oksigen hasil proses fotosintesis dan oleh aerasi dari udara. Sebaliknya jika konsentrasi beban organik terlalu tinggi, maka akan tercipta kondisi anaerobik yang menghasilkan produk dekomposisi berupa amonia, karbondioksida, asam asetat, hidrogen sulfida, dan metana. Senyawa-senyawa tersebut sangat toksik bagi sebagian besar hewan air dan akan menimbulkan gangguan terhadap keindahan (gangguan estetika) yang berupa rasa tidak nyaman dan menimbulkan bau (Arifin, 2012).

Limbah cair yang dihasilkan berisi padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati yang akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada produk tahu sendiri ataupun tubuh manusia. Bila dibiarkan, air limbah akan berubah warnanya menjadi cokelat kehitaman dan berbau busuk. Bau busuk ini mengakibatkan sakit pernapasan. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur itu tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan yang berupa penyakit gatal, diare, kolera, radang usus dan penyakit lainnya, khususnya yang berkaitan dengan air yang kotor dan sanitasi lingkungan yang tidak baik (Arifin, 2012).

2.6 Natrium Klorida

Natrium klorida (NaCl) merupakan garam yang paling banyak ditemukan di dunia. NaCl murni berbentuk kristal kubik berwarna putih. NaCl dapat diklasifikasikan berdasarkan manfaat utamanya, yaitugaram proanalisis, garam

konsumsi, dan garam industri. Garam proanalisis merupakan garam dengan kemurnian tinggi (>99%) yang digunakan sebagai reagen dalam analisis di laboratorium dan industri farmasi. Garam konsumsi umumnya digunakan untuk konsumsi rumah tangga (garam dapur) sebagai bahan peningkat rasa makanan. Untuk konsumsi rumah tangga, garam ditambahkan zat aditif berupa kalium iodida (KI) dan kalium iodat (KIO_3). Selain digunakan untuk meningkatkan rasa makanan, garam digunakan pula sebagai pengawet, penguat warna, bahan pembentuk tekstur, dan sebagai bahan pengontrol fermentasi (Martina dan Witono, 2014).

Penambahan garam natrium klorida dapat menyebabkan kelarutan protein bertambah. Hal ini disebabkan gugus yang bermuatan pada protein tersebut berinteraksi dengan ion positif (Na^+) dan ion negatif (Cl^-) yang berasal dari larutan garam yang berdisosiasi. Interaksi ini akan mempengaruhi ikatan polipeptida pada protein sehingga agregat protein menjadi berkurang dan kelarutan protein menjadi bertambah (Rismawati, 2005).

2.7 Sabouraud Dextrose Agar

Sabouraud Dextrose Agar (SDA) dapat digunakan untuk membudidayakan ragi, jamur, dan mikroorganisme asidurik. Media ini digunakan untuk budidaya jamur, terutama dianjurkan untuk dermatofit tumbuh (kulit, rambut, dan kuku jamur), ragi, dan spesies lain yang ditemukan pada hewan dan manusia. SDA disebut sebagai media universal, karena dapat digunakan untuk mengisolasi semua jenis jamur. Media ini juga dapat digunakan untuk menentukan mikroba dan jamur dari kosmetik serta untuk evaluasi mikologi dari

makanan. Komposisi SDA dalam 1 L terdiri dari 40 g dekstrosa, 10 g pepton, 15 g agar, air suling pH 5,0 suhu 25 °C (Astuti, 2015).

Sabouraud Dextrose Agar adalah medium sintesis yang komposisi zat kimianya diketahui jenis dan takarannya secara pasti, yaitu 10 gram peptone yang berfungsi sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan mikroorganisme. Peptone merupakan hasil hidrolisis dari protein yang dapat larut dalam air. 40 gram dekstrosa yang berfungsi sebagai sumber energi dan sebagai bahan karbohidrat. 15 gram agar yang berfungsi sebagai bahan pematat media. Agar untuk media SDA digunakan adalah agar yang sudah diproses sehingga mempunyai kadar toksisitas rendah, jernih, komposisi mineralnya rendah dan kemampuan difusinya tinggi (Avisha, 2015).

Dekstrosa merupakan sumber karbon pada SDA. Biasanya diberikan pada konsentrasi 40-70 g per liter. Agar adalah agen pembentuk gel, diekstrak dari rumput laut tertentu. Konsentrasi agar biasanya antara 10-25 g per liter. Pepton berisi asam amino, nitrogen, dan molekul organik lainnya yang diperoleh dari pencernaan enzimatik protein hewani. Konsentrasi pada agar sekitar 10 g per liter (Aristiarini, 2015).