

Bab 5

Kandungan Biokimia *Porphyridium* Pada Kondisi Lingkungan Berbeda

5.1 Produksi Polisakarida *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum*

Kultur mikroalga dengan mengendalikan metabolisme sel melalui pengaturan parameter lingkungan dapat merangsang produksi bahan kimia dan bahan bernilai tambah. Sebagai contoh, *Porphyridium cruentum* dapat menghasilkan fikobiliprotein yang mengandung fikoeitrin dalam jumlah besar pada intensitas cahaya rendah (GUDIN, BERNARD, THEPENIER dan HARDY, 1984). Sursaturasi oksigen dalam media kultur membantu akumulasi antioksidan dalam sel: γ -tocoferol pada *Haematococcus*, superoksida dismutase pada *Porphyridium cruentum* (GUDIN dan DOS SANTOS, 1990). Pada rhodophyceae ini, kandungan relatif nitrogen pada lingkungan dapat membantu akumulasi amilum florida dalam sel dan dapat juga memacu produksi polisakarida eksoseluler (ARAD, ADDA dan COHEN, 1985). Kandungan fikobiliproteinya dapat menurun sebagai efek dari mikroalga dalam menyimpan nitrogen untuk memelihara cadangan enzim (MACLER, 1986).

Studi mengenai polisakarida *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum* telah banyak direalisasikan tetapi sebagian besar terfokus kepada ekstraksi, karakteristik dan fraksinya (PERCIVAL dan FOYLE, 1979; GUDIN, THEPENIER, CHAUMONT dan BERSON, 1988; LUPESCU, ARAD, GERESH, BERSTEIN dan GLASER, 1991; GERESH, LUPESCU dan ARAD, 1992). Penelitian RAMUS (1972), ARAD, ADDA dan COHEN (1985), DERMOUN (1987), GUDIN dan DOS SANTOS (1990) lebih mendalam tentang pengaruh kondisi lingkungan salinitas, temperatur dan intensitas cahaya terhadap produksi polisakarida

sulfat. Dalam rangka analisa kandungan biokimia dari *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum*, studi ini membandingkan kandungan polisakarida dari kedua rhodophyceae dan fluktuasi produksinya sesuai temperatur, salinitas dan fotoperioda.

Kandungan polisakarida dipelajari pada *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum* yang dipelihara dengan sistem *batch culture*, dalam kemoostat berkapasitas 20 liter yang dilengkapi dengan pengudaraan 4,5 L/ menit. Sumber cahaya berasal dari 10 lampu neon (@ 36 watts) dengan prakiraan intensitas sekitar 40 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{det}$. Produksi polisakarida sulfat dipelajari pada variasi faktor abiotik meliputi temperatur: 20 °C dan 25 °C, fotoperioda: 10j/14j, 14j/10j, 18j/6j (j/j = jam/jam) dan salinitas: 25 ‰, 31 ‰, 37 ‰ (untuk *Porphyridium cruentum*) serta salinitas: 0 ‰, 5 ‰, 10 ‰ (untuk *Porphyridium aerugineum*). Polisakarida terlarut diisolasi dari media di akhir masa pemeliharaan, dengan cara melakukan sentrifugasi pada sel mikroalga dengan gravitasi 3.500 gram selama 20 menit pada temperatur 10 °C. Polisakarida yang terlarut dalam media kultur diukur menggunakan metoda Alcian Blue (metoda RAMUS, 1977 yang telah dimodifikasi oleh THEPENIER 1984).

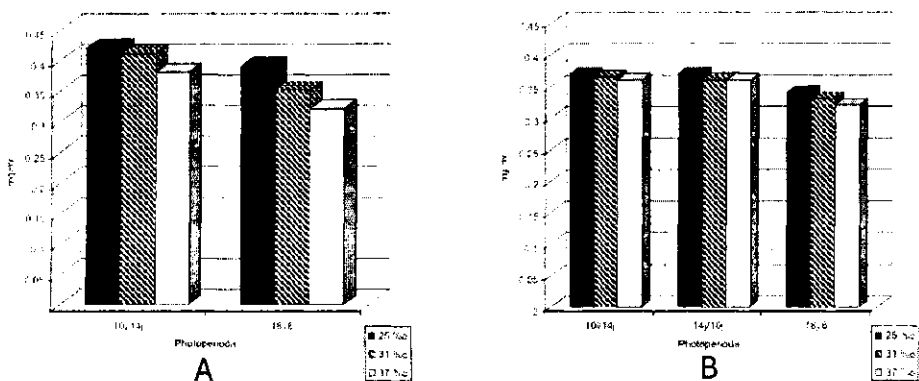
Produksi Polisakarida *Porphyridium cruentum*

Temperatur memberikan pengaruh berbeda terhadap produksi polisakarida *Porphyridium cruentum*. Temperatur 20 °C dapat meningkatkan kandungan polisakarida sulfat dibandingkan temperatur 25 °C. Fotoperioda memberikan efek yang lebih dominan terhadap produksi polisakarida alga merah ini ketimbang temperatur. Produksi polisakarida menurun dengan peningkatan fotofase pada seluruh salinitas yang diintroduksi. Penurunan ini mencapai 15 % jika fase penyinaran meningkat hingga 18 jam dalam siklus 24 jam. Pada temperatur pemeliharaan 25 °C, kandungan polisakarida relatif sama untuk fotoperioda 10j/14j dan 14j/10j.

Salinitas juga memberikan pengaruh bermakna pada kandungan polisakarida *Porphyridium cruentum*, terutama pada temperatur produksi 20



°C. Produksi polisakarida sulfat meningkat jika alga merah ini diberikan *choc osmotic*. Kandungan polisakarida meningkat sebesar 18 % pada salinitas 25 ‰ jika dibandingkan salinitas air laut. Pada temperatur 25 °C, efek salinitas terhadap persentase produksi polisakarida dari mikroalga ini tidak memberikan pengaruh yang berarti (Gambar 5.1).



Gambar 5.1. Evolusi kandungan polisakarida sulfat *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C (A) dan 25 °C (B), salinitas dan fotoperioda berbeda

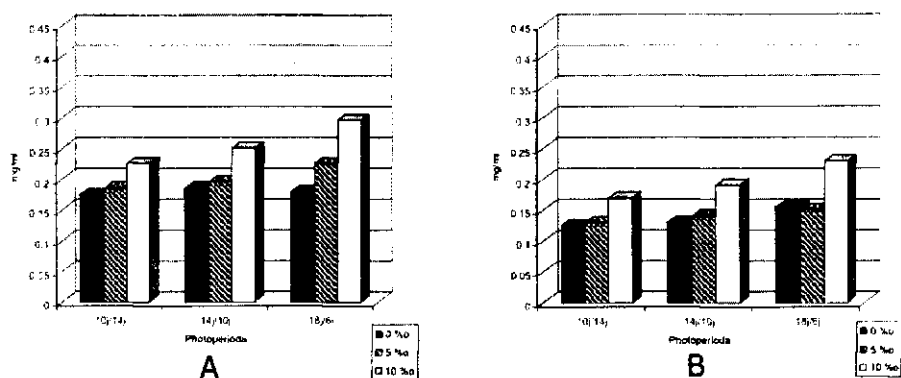
Produksi Polisakarida *Porphyridium aerugineum*

Temperatur memberikan pengaruh terhadap produksi polisakarida *Porphyridium aerugineum*. Peningkat temperatur sebesar 5 °C merangsang penurunan kandungan polisakarida sulfat mikroalga ini. Perbedaan produksi polisakarida antara kedua temperatur (20 °C dan 25 °C) memberikan perbedaan sebesar lebih kurang 30 %.

Fotoperioda memberikan pengaruh terhadap produksi polisakarida menurut temperatur pemeliharaan rhodophyceae ini. Peningkatan fotofase mampu merangsang produksi polisakarida, tetapi bervariasi menurut kondisi lingkungan. Pada temperatur 25 °C dan salinitas 10 ‰, perbedaan produksi polisakarida melebihi 50 % antara fotoperioda 10j/14j dan 18j/6j. Pada

fotoperioda yang sama, perbedaan produksi polisakaridanya pada media air tawar malah tidak berarti.

Salinitas juga berpengaruh terhadap kandungan polisakarida. Efek lebih penting teridentifikasi pada temperatur 20 °C. Pada temperatur ini diidentifikasi bahwa ada korelasi antara kandungan polisakarida dengan kadar garam media kultur. Sebaliknya pada temperatur 25 °C malah tidak tampak perbedaan berarti antara produksi polisakarida yang dipelihara di air tawar dengan yang dipelihara di air payau (5 ‰). Peningkatan polisakarida *Porphyridium aeruginum* lebih dominan dapat terdeteksi pada salinitas 10 ‰ (Gambar 5.2).



Gambar 5.2. Evolusi kandungan polisakarida sulfat *Porphyridium aeruginum* yang dikultur pada temperatur 20 °C (A) dan 25 °C (B), salinitas dan fotoperioda berbeda

Kandungan polisakarida sulfat dari dua spesies rhodophyceae berbeda sesuai kondisi kultur. *Porphyridium cruentum* memproduksi polisakarida dua kali lebih banyak dibandingkan *Porphyridium aeruginum*. Polisakarida diekskresi oleh rhodophyceae dengan membentuk selaput berupa bungkus yang mengitari membran sel dengan ketebalannya yang beragam sesuai umur. Polisakarida ini dibedakan atas tiga tipe: intarseluler, periseluler dan

hydrosoluble (terlarut dalam air); memiliki berat molekul di atas 1 juta dalton dan bahkan mencapai 5 juta dalton (ARAD, KERISTOVESKY, SIMON, BARAK dan GERESH, 1993). Polisakarida ekstraseluler yang dihasilkan *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum* mengandung D-xylosa, D-glukosa, L-galaktosa, 3-O-metilxylosa, 3 dan 4-O-metilgalaktosa, dan asam D-glukuronik dalam proporsi molekuler 3; 1; 2,5; 0,13; 0,8 dan 1,7; 1; 1,1; 0,3; 0,6 dan 0,5 (PERCIVAL dan FOYLE, 1979). Ahli ini juga mengidentifikasi bahwa polisakarida *Porphyridium cruentum* juga mengandung 2-O-metilxylosa (0,13) dan asam 2-O-metilglukuronik (0,2), sedangkan *Porphyridium aerugineum* tidak mengandung kedua jenis gula terakhir melainkan mengandung 2,4-di-O-metilgalaktosa (0,5). Selain itu, dari kedua jenis mikroalga ini juga telah diisolasi polisakarida dari jenis asam aldobiouronik, 3-O-A-D-glukopiranosiluronik, L-galaktopiranososa (GERESH, DUBINSKY, ARAD, CHRISTIAEN dan GLASER (1990). Hidrolisa asam lapisan ekstraseluler kedua *Porphyridium* menemukan kandungan gula sulfat dari kelompok glukosa-3-sulfat, laktosa-6-sulfat, dan galaktosa-3-sulfat (LUPESCU, ARAD, GERESH, BERNSTEIN dan GLASER, 1991).

Variasi produksi polisakarida sesuai kondisi kultur seperti pada *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum* juga teridentifikasi pada jenis rhodophyceae lain, *Gracilaria sordida* (LIGNELL dan PEDERSEN, 1989; EKMAN dan PEDERSEN, 1990). Modifikasi salinitas tidak memberikan pengaruh nyata pada produksi polisakarida *Porphyridium cruentum*. Sebaliknya modifikasi salinitas telah memberikan *choc osmotic* pada *Porphyridium aerugineum* sehingga diduga berpengaruh nyata bagi peningkatan produksi polisakarida. Kondisi *hypersaline* juga telah memacu akumulasi zat tepung dan ekskresi polisakarida sulfat pada rhodophyceae lain (KAUSS, 1968; KIRS, 1980; REED, COLLINS dan RUSSEL, 1980; WIENCKE dan LAUCHLI, 1981; REED, 1985; DIKSON dan KIRST, 1987; MACLER, 1988). Selanjutnya YU dan PEDERSEN (1990) telah mengidentifikasi hal serupa pada *Gracilaria tenuistipitata* dan *Gracilaria sordida*. Menurut EKMAN, YU dan PEDERSEN

(1991), sebagian dari karbon yang berasal dari degradasi zat tepung digunakan dalam biosintesa polisakarida sulfat pada kondisi *hyperosmotic*.

Fotoperioda memberikan efek berbeda terhadap produksi polisakarida *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum*. Peningkatan fotofase menurunkan produksi polisakarida pada *Porphyridium cruentum*, sebaliknya memacu produksi polisakarida *Porphyridium aerugineum*. Pada *Gracilaria sordida* (EKMAN, YU dan PEDERSEN, 1991), kandungan zat tepung dan ekskresi polisakarida kadang-kadang lebih rendah dengan perlakuan fase gelap (scotofase) dan fase terang (fotofase) dibandingkan dengan perlakuan fotofase secara kontinyu. Penurunan produksi polisakarida diperkirakan terkait dengan penurunan zat amilum (McLACHLAN dan BIRD, 1986; ROTEM, ROTH-BEJERANO dan ARAD, 1986; EKMAN dan PEDERSEN, 1990). Pada *Gelidium coulteri*, MACLER (1986, 1988) menemukan bahwa peningkatan fotofase dan salinitas memacu akumulasi intraseluler senyawa fluor sebagai akibat dari ekskresi polisakarida ekstraseluler. Produksi polisakarida sulfat *Porphyridium cruentum* (ARAD, ADDA dan COHEN, 1985) tiga kali lebih besar pada kultur dengan intensitas cahaya tinggi. Sebaliknya produksi polisakarida sangat rendah pada kondisi gelap (RAMUS, 1972).

Dibanding salinitas dan fotoperioda, pengaruh temperatur tidak memberikan pengaruh berarti terhadap produksi polisakarida kedua jenis rhodophyceae ini. Diprakirakan bahwa temperatur 20 °C dan 25 °C merupakan tempertaur optimal bagi *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum*. Namun, jika kedua jenis mikroalga ini dikultur pada temperatur bukan kondisi optimalnya diprakirakan akan memberikan pengaruh pada kandungan polisakaridanya.

5.2. Kandungan Asam Lemak *Porphyridium cruentum*

Komposisi biokimia *Porphyridium cruentum* dicirikan dengan tingginya asam lemak tak jenuh berikatan rangkap (*polyunsaturated fatty acids*) (COHEN *et al*, 1988), diantaranya asam arachidonat (AHERN *et al*, 1983) dan asam eikosapentenoat (YONGMANITCHAI dan WARD, 1991).

Kondisi ekologis seperti intensitas cahaya, temperatur, pH dan salinitas mampu mempengaruhi komposisi asam lemak *Porphyridium cruentum* (COHEN *et al*, 1988). LEE *et al* (1989) mengidentifikasi bahwa kenaikan salinitas media kultur dapat memacu kandungan asam lemak tak jenuh rhodophyceae unisel ini. Dan perubahan temperatur dapat memacu variasi kandungan asam lemak tak jenuh utamanya: asam arachidonat dan asam eikosapentenoat (COHEN *et al*, 1988).

Temperatur, fotoperioda dan salinitas berbeda memberikan pengaruh berbeda pula bagi komposisi asam lemak *Porphyridium cruentum*. Gambaran korelasi antara variabel di atas dianalisa pada strain *Porphyridium cruentum* yang berasal dari Koleksi Kultur Alga Institut Pasteur Paris, Prancis yang dikembangkan pada pilot kultur bervolume 20 liter pada temperatur 20 °C dan 25 °C dengan tiga fotoperioda: 10j/14j, 14j/10j, 18j/6j (*jam/jam*) dan tiga salinitas: 25 ‰, 31 ‰, 37 ‰. Media kultur yang digunakan berupa air laut artifisial yang diperkaya dengan media kultur F/2. Intensitas cahaya pemeliharaan sebesar 40 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{det}$, selain itu juga dilengkapi pengudaraan dengan debit 4,5 L/menit bertujuan untuk menghindari pengendapan mikroalga pada dasar perairan serta untuk menjamin penyebaran elemen nutritif dalam media kultur. Panen dilakukan pada akhir fase eksponensial dengan cara mengendapkan populasi mikroalga selama dua puluh empat jam.

Asam lemak total diperoleh melalui *hot-safonification* menggunakan potasium alkohol (VOLKMAN *et al*, 1980). Setelah eliminasi bahan sisa safonifikasi dan asidifikasi, asam lemak diekstraksi menggunakan petroleum ether. Kemudian ditransformasi dalam bentuk metil ester dengan bantuan katalisator boron triflorida-metanol (MORRISSON dan SMITH, 1964). Analisis asam lemak dilakukan dengan menggunakan Kromatografi Gas dengan kolon kapiler (25 AQ 3/BP1-0,5). Sistem analisis terdiri dari kromatograf Delsi 330 yang dilengkapi detektor dan dihubungkan dengan integrator kalkulator rekorder Enicam 21. Kondisi operasional dengan temperatur oven 200 °C, temperatur injektor dan detektor 230 °C. Identifikasi asam lemak dilakukan dengan cara membandingkannya dengan larutan standard.



Karakteristik Komposisi Asam Lemak *Porphyridium cruentum*

Analisis kromatogram mengidentifikasi 12 jenis asam lemak pada *Porphyridium cruentum*, terutama asam lemak dengan atom karbon genap antara 12 dan 20 (Tabel 5.1 dan 5.2). Asam lemak mikroalga ini tidak jauh berbeda dengan rhodophyceae lain (STEVANOV *et al*, 1988; DUBINSKY *et al*, 1990; MIRALLES *et al*, 1990). Asam lemak utamanya disusun asam myristat, palmitat, oleat, arachidonat dan eikosapentenoat, yang merupakan karakteristik mikroalga ini (LEE dan TAN, 1988; VONSHAK *et al*, 1988; LEE *et al*, 1989; VISO dan MARTY, 1993; SERVEL *et al*, 1994).

Tabel 5.1. Variasi asam lemak *Porphyridium cruentum* (% relatif dari asam lemak total) yang dikultur pada temperatur 20 °C dan salinitas serta fotoperioda berbeda.

Asam lemak	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰
12:0 as. laurat	2,30	1,64	2,60	1,82	3,52	1,29	0,20	1,60	3,40
14:0 as. myristat	4,90	1,49	1,79	3,89	3,66	1,70	5,17	1,43	3,70
16:0 as. palmitat	29,70	20,54	13,09	53,08	23,32	15,49	58,98	37,83	29,63
16:1 ω 7 as. palmitoleat	4,00	1,54	1,09	4,37	3,89	1,64	6,47	4,83	3,70
18:1 ω 9 as. oleat	20,90	25,02	25,97	15,57	22,74	26,68	10,17	17,80	18,52
18:1 ω 7 as. vaksenat	9,63	8,48	8,79	4,53	6,69	8,65	2,59	5,45	7,40
18:2 ω 6 as. linoleat	2,13	1,30	2,49	2,13	3,01	1,63	3,88	3,67	3,70
18:3 ω 3 as. α -linolenat	6,30	7,98	8,60	1,29	5,14	7,14	1,27	3,14	3,70
20:0 as. arachidat	7,39	10,19	13,49	2,56	9,2	12,76	3,88	6,12	5,40
20:3 ω 6 as. dihomog γ -linolenat	3,35	1,84	3,09	3,61	1,16	2,72	2,59	2,95	5,70
20:4 ω 6 as. arachidonat	4,17	11,04	11,19	1,78	7,71	10,92	2,20	4,90	7,70
20:5 ω 3 as. eikosapentenoat	5,24	8,94	7,79	4,63	9,95	9,46	2,59	10,28	7,40
ASAM LEMAK JENUH	44,29	33,86	30,97	61,35	39,70	31,24	68,23	46,98	42,13
A.L MONOINSATURATED	34,53	35,04	35,85	24,47	33,32	36,97	19,23	28,08	29,62
A.L POLYINSATURATED	21,19	31,10	33,16	13,44	26,97	31,87	12,53	24,94	28,25
A.L JENUH/ A.L INSATURATED	0,79	0,51	0,45	1,62	0,65	0,45	2,18	0,89	0,73



Tabel 5.2. Variasi asam lemak *Porphyridium cruentum* (% relatif dari asam lemak total) yang dikultur pada temperatur 25 °C dan salinitas serta fotoperioda berbeda.

Asam lemak	10j/14:			14j/10:			18j/6j		
	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰
12:0 as. laurat	3,56	2,86	1,01	1,48	3,01	5,21	1,30	2,09	1,50
14:0 as. myristat	3,56	6,18	3,66	8,44	4,93	4,60	4,68	7,53	5,88
16:0 as. palmitat	35,58	33,67	30,94	41,21	36,70	33,42	50,16	34,31	33,22
16:1 ω 7 as. palmitoleat	3,95	9,23	4,16	7,91	6,03	6,75	4,68	8,36	8,50
18:1 ω 9 as. oleat	15,81	10,86	14,98	7,28	10,42	12,14	6,14	8,36	8,22
18:1 ω 7 as. vaksenat	3,56	1,97	3,66	1,69	2,74	1,79	2,05	1,26	2,09
18:2 ω 6 as. linoleat	1,98	1,78	1,01	3,66	2,74	3,21	2,34	4,18	4,58
18:3 ω 3 as. α - linolenat	2,37	3,43	3,16	4,89	2,74	3,89	1,88	1,26	2,60
20:0 as. arachidat	7,91	4,80	9,48	7,20	4,66	3,08	6,92	4,18	5,58
20:3 ω 6 as. dihom γ - linolenat	5,53	6,63	8,66	5,21	8,36	9,20	10,96	12,59	12,07
20:4 ω 6 as. arachidonat	8,30	9,68	10,98	8,90	10,56	9,59	8,85	11,67	10,49
20:5 ω 3 as. eikosapentenoat	7,91	8,94	8,32	2,12	7,12	7,13	2,34	4,22	5,27
ASAM LEMAK JENUH	50,61	47,51	45,09	58,33	49,3	46,31	63,06	48,11	46,18
A.L MONOINSATURATED	23,32	22,06	22,8	16,88	19,19	20,68	12,87	17,98	18,81
A.L POLYINSATURATED	26,09	30,43	32,11	24,79	31,52	33,01	24,07	33,88	35,01
A.L JENUH/ A.L INSATURATED	1,02	0,91	0,82	1,4	0,97	0,86	1,7	0,93	0,87

Pada umumnya, asam lemak tak jenuh lebih dominan dibandingkan asam lemak jenuh. Peningkatan temperatur sebesar 5 °C dapat memacu produksi asam lemak tak jenuh berikatan ganda (*polyunsaturated fatty acids*) dan sebaliknya menurunkan produksi asam lemak tak jenuh berikatan tunggal (*monounsaturated fatty acids*). Ratio antara kedua asam lemak jenuh bervariasi antara 0,53 dan 0,89 untuk kultur yang direalisasikan pada temperatur 25 °C; serta bervariasi antara 1,05 dan 1,82 untuk kultur yang direalisasikan pada temperatur 20 °C.

Diantara asam lemak *monounsaturated* tercatat bahwa dominasi kandungan asam oleat lebih penting (39 - 47 % dari asam lemak total) dari pada asam-asam lemak lainnya dalam kelompok yang sama.

Kandungan asam lemak *polyunsaturated* bervariasi antara 12,5 % dan 33,88 % dari asam lemak total. Asam lemak ini terutama terutama disusun

oleh asam lemak seri linolenat ($\omega 3$) dan seri linoleat ($\omega 6$). Asam linoleat (C18:2 $\omega 6$) lebih besar dari pada asam- γ -linolenat (C18:3 $\omega 3$), terutama sekali jika *Porphyridium cruentum* dikultur pada perioda cahaya lebih lama (18 jam). Sebaliknya perioda gelap antara 10 jam dan 14 jam memperlambat produksi kedua asam lemak dengan 18 atom karbon di atas. Pada kedua fotoperioda terakhir, tingginya kandungan asam arachidonat (C20:4 $\omega 6$) dan asam eikosapentenoat (C20:5 $\omega 3$) menjadi karakteristik khusus rhodophyceae ini (ARAS MULYADI, 1997).

Kandungan asam lemak jenuh *Porphyridium cruentum* bervariasi antara 31 % dan 68 % dari asam lemak total. Asam palmitat merupakan asam lemak dominan di antara asam-asam lemak jenuh. Asam lemak jenuh dengan atom karbon ganjil: asam tridesikat, asam pentadesikat, asam margarfat dan asam nonadesikat pada umumnya sangat sulit dideteksi. Dan di antara asam lemak dengan atom karbon genap yang sulit dideteksi adalah dari kelompok asam laurat dan asam stearat.

Berdasarkan kategori di atas, sebaran asam lemak *Porphyridium cruentum* tidak berbeda dengan alga merah gigartinal (KHOTIMCHENKO *et al*, 1991), tetapi dengan proporsi asam lemak *polyinsaturated* berbeda: terutama asam arachidonat dan eikosapentenoat (HAYASHI *et al*, 1974; KANENIWA *et al*, 1987). *Porphyridium cruentum* merupakan salah satu mikroalga yang potensial sebagai sumber kedua asam lemak *polyinsaturated* tersebut sehingga dapat dijadikan sebagai indikator karakteristiknya (ARAS MULYADI, 1997).

Komposisi Asam Lemak *Porphyridium cruentum* pada Tempertur, Fotoperioda dan Salinitas Berbeda

Faktor lingkungan dapat memodifikasi komposisi asam lemak *Porphyridium cruentum*. Kenaikan temperatur sebesar 5 °C mampu memacu penurunan prosentase asam lemak *monoinsaturated*. LEE dan TAN (1988) memperkuat penemuan ini bahwa sintesa asam lemak tak jenuh *Porphyridium cruentum* meningkat seiring peningkatan temperatur.

Asam myristat dan asam palmitat merupakan asam lemak jenuh yang dihasilkan pada temperatur 25 °C. Sebaliknya, asam oleat merupakan jenis asam lemak *monoinsaturated* yang dominan pada temperatur ini, sedangkan asam lemak *polyinsaturated* didominasi asam- γ -linoleat dan asam eikosapentenoat. Kandungan kedua asam lemak terakhir menurun seiring peningkatan temperatur sebesar 5 °C. Sebaliknya, kenaikan temperatur memacu peningkatan produksi asam dihomo- γ -linolenat. Pada kultur intensif dengan kondisi terkontrol, AHERN *et al* (1983), COHEN *et al* (1988), LEE dan TAN (1988) menemukan bahwa asam lemak *Porphyridium cruentum* didominasi oleh asam arachidonat selama musim panas dengan temperatur rata-rata 30 °C; dan asam eikosapentenoat tampil sebagai asam lemak dominan selama musim dingin dengan temperatur rata-rata 12 °C.

Perbedaan fotoperioda juga memberi efek terhadap variasi kadar asam lemak jenuh dan tak jenuh *Porphyridium cruentum*. Perpanjangan lama penyinaran dapat memacu sintesa asam lemak jenuh, sebaliknya dapat memperlambat produksi asam lemak takjenuh. Lama pencahayaan dapat memacu kadar asam palmitat sebagai asam lemak jenuh, sebaliknya cahaya dapat menghambat produksi asam arachidat. Untuk asam lemak *monoinsaturated*, fase cahaya memberi efek positif pada asam palmitoleat tetapi memberi efek negatif bagi asam oleat. Kandungan asam lemak *polyinsaturated* lebih bervariasi dengan adanya peningkatan perioda fotonik: terjadi peningkatan kandungan asam linolenat serta penurunan kadar asam linolenat dan arachidonat pada temperatur 20 °C dan penurunan asam eikosapentenoat pada temperatur 25 °C.

Porphyridium cruentum merupakan spesies marin. Penurunan kadar garam media kultur dapat memacu produksi asam lemak jenuh tetapi memperlambat produksi asam lemak tak jenuh rhodophyceae ini. COHEN *et al* (1988), ARAS MULYADI (1995) juga mencatat variasi kandungan asam lemak rhodophyceae yang identik seiring dengan penurunan kadar garam. Selain itu juga terlihat variasi komposisi asam lemak seiring dengan variasi kadar garam media hidupnya. Untuk asam lemak jenuh, perubahan kadar



garam media kultur dari salinitas air laut menjadi salinitas air payau memberikan efek semakin besarnya perbedaan prosentase antara asam palmitat dibanding asam myristat. Penurunan asam lemak *monoinsaturated* pada prinsipnya sebagai akibat rendahnya produksi asam oleat. Rendahnya kandungan asam lemak *polyinsaturated diduga* merupakan efek dari *choc osmotic* yang lebih terlihat pada rendahnya kadar asam linolenat, arachidonat dan eikosapentenoat.

Variasi Asam Lemak Seri Linolenat ($\omega 3$) dan Seri Linoleat ($\omega 6$)

Asam lemak seri $\omega 3$ dan $\omega 6$ merupakan asam lemak essential yang sering dimanfaatkan dalam bidang akuakultur, farmasi dan kosmetik. Oleh karena itu salah satu kriteria tingginya potensi ekonomis satu jenis mikroalga dapat di lihat dari kadar kedua seri asam lemak ini (YONGMANITCHAI dan WARD, 1991; VISO dan MARTY, 1993; SERVEL *et al*, 1994; ARAS MULYADI, 1997). Untuk *Porphyridium cruentum* asam lemak seri $\omega 3$ disusun oleh asam γ -linolenat dan eikosapentenoat, sedangkan seri $\omega 6$ dibentuk oleh asam linoleat, dihomio- γ -linolenat dan arachidonat. Secara global kandungan kedua seri asam lemak mikroalga ini bervariasi antara 3,86 - 16,92 % pada temperatur 20 °C dan antara 4,22 - 28,44 % untuk kultur dengan temperatur 25 °C (Tabel 5.3 dan 5.4).

Tabel 5.3. Variasi asam lemak seri linolenat ($\omega 3$) dan linoleat ($\omega 6$) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

Asam lemak	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰
seri linoleat ($\omega 6$)	9,65	14,18	16,77	7,52	11,88	15,27	8,67	11,52	11,10
seri linolenat ($\omega 3$)	11,54	16,92	16,39	5,92	15,09	16,60	3,86	13,42	11,10

Tabel 5.4. Variasi asam lemak seri linolenat ($\omega 3$) dan linoleat ($\omega 6$) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

Asam lemak	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰
seri linoleat ($\omega 6$)	15,81	18,09	20,65	17,77	21,66	22,00	22,15	28,44	27,15
seri linolenat ($\omega 3$)	10,28	12,37	11,48	7,01	9,86	11,02	4,22	5,48	7,87

Berdasarkan kuantitas asam lemak seri $\omega 3$ dan $\omega 6$, *Porphyridium cruentum* sudah dapat dikategorikan sebagai mikroalga yang cukup potensial dalam berbagai bidang aplikasi, diantaranya kosmetik dan akuakultur. Apalagi dengan tingginya asam lemak *polyunsaturated* dari jenis asam linoleat, linolenat, arachidonat dan eikosapentenoat. Asam lemak yang disebutkan terakhir merupakan senyawa kimia yang sering digunakan dalam ramuan bahan kosmetik karena fungsinya untuk proteksi dan pertumbuhan sel kulit. Selain itu juga merupakan senyawa esensial yang dibutuhkan untuk pertumbuhan organisma hewan.

Perpanjangan perioda cahaya akan menghambat produksi asam lemak seri linolenat ($\omega 3$). Pada temperatur 25 °C, fluktuasi kandungan asam lemak seri linoleat ($\omega 6$) lebih beragam jika dibandingkan dengan kultur yang direalisasikan pada temperatur 20 °C. Di samping itu, peningkatan kadar garam media kultur dapat memacu produksi kedua seri asam lemak esensial ini.

5.3. Kandungan Asam Lemak *Porphyridium aerugineum*

Kandungan asam lemak *Porphyridium aerugineum* telah dipelajari pada kultur yang dikembangkan dalam kemostat 20 liter pada temperatur 25 °C menggunakan media kultur F/2 dengan tiga fotoperioda: 10j/14j, 14j/10j, 18j/6j (jam/jam) dan tiga salinitas 0‰, 5‰, 10‰. Sumber cahaya berasal dari lampu neon dengan intensitas cahaya 40 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{detik}$,

dan pengudaraan dengan debit 4,5 l/menit. Untuk analisis asam lemak maka panen terhadap mikroalga dilakukan pada akhir fase eksponensial dengan cara mengendapkan populasi mikroalga selama dua puluh empat jam. Hasil panen diliofilisasi, kemudian dianalisis asam lemaknya.

Komposisi Asam Lemak *Porphyridium aerugineum*

Analisis kromatografi menemukan tiga belas jenis asam lemak yang dikandung *Porphyridium aerugineum*. Mayoritas asam lemaknya disusun oleh senyawa-senyawa dengan atom karbon genap antara 12 dan 20 (Tabel 5.5). Asam lemak yang ditemukan identik dengan asam lemak rhodophyceae lain (ARAS MULYADI, 1995).

Tabel 5.5. Variasi asam lemak *Porphyridium aerugineum* (% relatif dari asam lemak total) yang dikultur pada salinitas dan fotoperioda berbeda.

Asam lemak	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰
12:0 as. laurat	0,95	1,72	1,29	1,76	1,88	1,95	2,39	3,42	2,95
13:0 as. tridesiklat	0,40	1,10	0,44	1,09	1,17	0,66	1,78	1,94	1,85
14:0 as. myristat	3,56	2,41	3,39	2,86	3,99	3,92	7,23	5,94	6,53
16:0 as. palmitat	34,31	32,81	37,05	32,93	32,33	34,62	32,33	43,23	45,35
16:1 ω 7 as. palmitoleat	5,61	2,66	3,59	3,73	4,41	6,45	7,88	6,11	7,05
18:1 ω 9 as. oleat	1,04	5,41	1,08	4,04	4,42	1,33	3,50	3,27	2,91
18:1 ω 7 as. vaksenat	5,09	3,21	3,12	1,60	1,99	1,90	2,20	2,14	1,70
18:2 ω 6 as. linoleat	1,82	7,25	1,40	2,54	1,07	2,24	2,16	1,68	1,70
18:3 ω 3 as. α -linolenat	7,29	0,83	7,70	6,94	6,76	2,90	6,53	6,51	5,62
20:0 as. arachidat	1,99	1,54	1,91	1,49	1,36	5,70	2,89	1,03	1,36
20:3 ω 6 as. dihomogamma linolenat	13,02	14,47	16,62	15,35	13,49	11,69	12,67	10,65	8,62
20:4 ω 6 as. arachidonat	22,60	25,10	21,03	24,83	24,97	22,97	14,95	13,29	13,93
20:5 ω 3 as. eikosapentenoat	2,35	1,50	1,38	0,84	2,15	3,67	1,49	0,81	0,83
ASAM LEMAK JENUH	41,21	39,58	44,08	40,13	40,70	46,86	46,62	55,56	58,04
A.L MONOINSATURATED	11,74	11,28	7,79	9,37	10,82	9,68	13,58	11,52	11,66
A.L POLYINSATURATED	47,08	49,15	48,13	50,50	48,44	43,47	39,80	32,94	30,20



Secara umum asam lemak tak jenuh lebih dominan dari pada asam lemak jenuh, kecuali jika rhodophyceae ini dikembangkan dengan perioda cahaya selama 18 jam. Untuk asam lemak tak jenuh didominir oleh senyawa polyenik. Sebaliknya asam lemak monoinsaturated relatif lebih rendah untuk *Porphyridium aerugineum*. Asam lemak kelompok terakhir ini ditemukan pada kondisi kultur terbaik hanya 14 % dari total asam lemak yang dikandungnya. Asam lemak tak jenuh bervariasi antara 39,58 % dan 58,04 % dari total asam lemak. Kandungan asam lemak tak jenuh sangat ditentukan oleh persentase keberadaan asam palmitat sebagai senyawa terpenting untuk jenis asam lemak ini. Kandungan asam palmitat ini berkisar antara 32,33-45,35 %, dengan konsentrasi relatifnya dapat dipacu dengan memperpanjang perioda cahaya dan meningkatkan kadar garam dalam media kultur.

Variasi Asam Lemak Seri Linolenat ($\omega 3$) dan Seri Linoleat ($\omega 6$)

Asam lemak polyinsaturated *Porphyridium aerugineum* berkisar antara 30% dan 57% dari total asam lemak. Sebagian besar asam lemak polyinsaturated disusun oleh asam lemak seri linolenat dan asam lemak seri linoleat. Asam lemak seri linoleat relatif lebih penting kadarnya dibandingkan asam lemak seri linolenat (Tabel 5.6).

Tabel 5.6. Variasi asam lemak seri linolenat ($\omega 3$) dan linoleat ($\omega 6$) *Porphyridium aerugineum* yang dikultur pada salinitas dan fotoperioda berbeda.

Asam lemak	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰
seri linoleat ($\omega 6$)	37,44	46,82	39,05	42,72	39,53	36,90	29,78	25,62	23,84
seri linolenat ($\omega 3$)	9,64	2,33	9,08	7,78	8,91	6,57	8,02	7,32	6,45

Tingginya kandungan asam lemak seri linolenat dipicu oleh pentingnya persentase asam dihomo-gamma-linolenat bersama asam arachidonat, selain disertai kandungan asam linoleat. Asam lemak seri linoleat didominasi oleh asam-alfa-linolenat dan eikosapentenoat. Secara kuantitatif, kandungan asam-alfa-linolenat relatif lebih abondan dibandingkan asam eikosapentenoat.

Perpanjangan fotoperioda dapat memacu peningkatan kandungan asam lemak jenuh dan sebaliknya menurunkan kandungan asam lemak tak jenuh *Porphyridium aerugineum*; terutama sekali asam lemak seri linolenat ($\omega 3$). Peningkatan salinitas memberi efek positif terhadap persentase asam lemak jenuh maupun asam lemak tak jenuh. Namun, perubahan kadar garam media kultur sedikit berpengaruh terhadap variasi asam lemak seri linoleat ($\omega 6$); sebaliknya asam lemak seri linolenat ($\omega 3$) mengalami penurunan seiring peningkatan salinitas terutama sekali jika rhodophyceae ini dikembangkan pada fotofase lebih lama (18 jam).

5.4. Kandungan Asam Amino *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum*

Potensi mikroalga akan asam amino dan protein telah dikenal secara baik. Tingginya kadar senyawa kimia dimaksud memberi pengaruh yang besar akan intensifnya penggunaan mikroalga dalam berbagai keperluan sehari-hari atau industri. Jenis mikroalga yang telah dimanfaatkan secara optimal seperti spirulina dan chlorella (BOURGE, SOTOMAYOR, MENDOZA dan CHAVEZ, 1971; BECKER dan VENKATRAMAN, 1984).

Produksi asam amino pada mikroalga antara lain *Porphyridium* dipengaruhi oleh parameter lingkungan. Produksi asam amino *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum* pada temperatur, salinitas dan fotoperioda akan dijelaskan lebih lanjut.

Kandungan dan Komposisi Asam Amino *Porphyridium cruentum*

Kandungan asam amino *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada media kultur F/2 Guillard dalam volume 20 liter dengan temperatur 20 °C dan

25 °C; salinitas 25 ‰, 31 ‰, 37 ‰; serta fotoperioda 10j/14j, 14j/10j, 18j/6j bervariasi antara 540,01 µg dan 5.790,12 µg per 100 mg berat kering (Tabel 5.7).

Tabel 5.7. Total asam amino (µg/100 mg berat kering) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰
20 °C	920,00	840,25	690,62	1190,00	1350,00	1350,00	2700,50	2580,00	1110,10
25 °C	2400,82	940,85	540,04	5790,12	2790,79	2870,04	3930,89	2810,23	2550,00

Peningkatan temperatur sebesar 5 °C, mampu menstimulan kandungan total asam amino. Sehingga asam amino total rhodophyceae ini mencapai dua kali lebih tinggi pada temperatur 25 °C dibandingkan 20 °C. Cahaya juga memberi pengaruh penting terhadap kandungan asam amino *Porphyridium cruentum*. Kuantitas asam amino mencapai dua sampai lima kali lebih rendah dengan fotofase 10 jam pada temperatur kultur 25 °C. Sebaliknya, fotofase lebih lama (18 jam) dapat merangsang produksi kandungan asam amino pada temperatur 20 °C.

Salinitas juga mampu memodifikasi kandungan asam amino *Porphyridium cruentum*. Pada temperatur 25 °C, kandungan asam amino meningkat secara tajam seiring dengan penurunan kadar garam media kultur. Kecuali pada fotoperioda 14j/10j, kecenderungannya indentik tetapi lebih ekstrim terlihat pada temperatur kultur 20 °C. Pada fotoperioda terakhir, kecenderungan kandungan asam amino malah menurun seiring dengan penurunan salinitas. Kandungan asam amino tertinggi dari rhodophyceae ini dijumpai pada temperatur 25 °C dengan salinitas 25 ‰ dan fotoperioda 14j/10j.

Berdasarkan jenis asam amino, telah teridentifikasi tidak kurang dari 16 jenis asam amino pada *Porphyridium cruentum* (Tabel 5.8 dan 5.9).

Keenambelas jenis asam amino dimasud terdistribusi kepada enam kelompok asam amino, yakni: asam amino alifatik, asam amino hidroksil, asam amino sulfur, asam amino basik, asam amino aromatik, dan asam amino diasid.

Asam aspartik dan asam glutamik, leusin, lysin dan γ -amino butirrat (Gaba) dalam kondisi kultur tertentu merupakan asam amino yang dominan pada rhodophyceae ini. Komposisi asam-asam amino dimaksud menyusun lebih kurang 22 – 46 % dari total kandungan asam amino yang ada. Sedangkan asam amino lain seperti histidin dan tyrosin menyusun dalam jumlah minim: 1,3 – 4,8 % dari total asam amino; bahkan asparagin dan cystein tidak dijumpai sebagai penyusun asam amino *Porphyridium cruentum*. Jenis asam amino seperti serin, glysin, threonin, methionin, valin, fenilalanin, isoleusin dijumpai dalam jumlah sedang.

Tabel 5.8. Distribusi asam amino (% relatif dari asam amino total) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰
Asam Aspartik	12,40	13,56	12,70	13,83	13,45	14,44	14,42	14,15	13,01
Asam Glutamik	11,04	10,33	10,77	11,82	8,82	12,96	10,35	12,40	11,39
Serin	6,23	4,35	5,60	5,19	4,20	4,81	4,62	5,81	5,81
Histidin	1,42	1,09	1,47	1,15	0,84	1,11	1,29	1,55	1,58
Glysin	6,41	5,98	6,03	5,48	5,88	5,56	5,91	6,59	6,08
Threonin	5,52	6,52	4,60	6,05	5,88	5,93	5,73	6,78	5,58
Alanin	9,20	8,15	8,76	8,07	8,40	8,89	7,76	7,56	8,91
Arginin	6,82	5,43	6,32	6,05	4,62	5,93	6,10	5,43	6,89
Tyrosin	4,33	1,09	4,17	2,02	4,20	1,11	2,59	4,07	3,96
γ -amino butirrat (Gaba)	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Metionin	3,38	5,98	5,98	4,03	7,14	3,70	4,62	1,94	3,33
Valin	6,59	7,07	6,32	6,34	6,72	6,30	6,10	6,59	6,30
Fenilalanin	5,46	6,52	4,60	5,48	5,46	5,19	4,99	6,40	5,13
Isoleusin	5,34	6,52	5,17	5,48	5,46	5,19	5,18	6,01	5,18
Leusin	9,26	10,33	8,47	8,93	9,66	8,52	8,50	10,08	8,64
Lysin	6,29	7,07	9,48	10,09	9,24	10,37	11,83	4,65	8,24
A.A ALIFATIK	36,80	38,05	34,75	34,30	36,12	34,46	33,45	36,83	35,11
A.A HIDROKSIL	11,75	10,87	10,20	11,24	10,08	10,74	10,35	12,59	11,39
A.A SULFUR	3,38	5,98	5,53	4,03	7,14	3,70	4,62	1,94	3,33
A.A DIASID	23,44	23,92	23,47	25,65	22,27	27,40	24,77	26,55	24,40
A.A BASIK	13,11	12,50	15,80	16,14	13,86	16,30	17,93	10,08	15,13
A.A AROMATIK	11,21	8,70	10,24	8,65	10,50	7,41	8,87	12,02	10,67

Ket: Tr = Trace



Asam amino alifatik yang disusun oleh glysin, alanin, Gaba, valin, isoleusin dan leusin kadang-kadang mendominasi kandungan asam amino mikroalga ini sesuai kondisi kultur. Hampir separuh dari kandungan asam amino *Porphyridium cruentum* disusun oleh kelompok asam amino yang disebutkan terakhir.

Tabel 5.9. Distribusi asam amino (% relatif dari asam amino total) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰
Asam Aspartik	4,19	9,09	7,86	7,43	9,33	3,77	7,99	7,85	8,18
Asam Glutamik	4,21	4,42	5,09	2,76	3,77	2,94	4,55	5,10	4,77
Serin	6,68	6,05	6,13	5,21	6,21	5,70	5,26	5,39	5,67
Histidin	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Glysin	5,17	4,90	4,76	2,97	5,17	4,94	4,63	4,86	4,66
Threonin	5,03	4,64	5,55	3,81	4,46	5,59	5,03	4,95	4,94
Alanin	9,29	7,37	7,03	7,09	9,09	7,62	6,76	7,41	7,33
Arginin	8,94	8,36	7,59	9,74	8,69	9,25	7,31	8,14	8,93
Tyrosin	2,99	3,36	2,83	1,29	1,58	4,53	3,70	3,52	3,65
γ-amino butirat (Gaba)	11,23	11,62	13,36	12,10	11,75	13,53	13,17	13,45	13,10
Metionin	8,98	8,17	8,40	9,54	8,50	7,99	8,13	8,38	7,76
Valin	7,56	7,23	7,81	9,76	6,61	7,93	7,16	6,72	7,24
Fenilalanin	5,12	4,74	4,70	4,32	4,63	4,61	4,64	4,58	4,43
Isoleusin	5,91	5,97	6,46	5,25	5,33	6,53	6,07	5,66	5,76
Leusin	9,07	8,30	8,31	10,05	8,94	7,82	8,14	7,44	7,55
Lysin	5,62	5,78	4,13	8,68	5,94	7,26	7,46	6,55	6,08
A.A ALIFATIK	48,23	45,39	47,73	47,22	46,89	48,37	45,93	45,54	45,59
A.A HIDROKSIL	11,71	10,69	11,68	9,02	10,67	11,29	10,29	10,34	10,61
A.A SULFUR	8,98	8,17	8,40	9,54	8,50	7,99	8,13	8,38	7,76
A.A DIASID	8,40	13,51	12,95	10,19	13,10	6,71	12,54	12,95	12,95
A.A BASIK	14,56	14,14	11,72	18,42	14,63	16,51	14,77	14,69	15,01
A.A AROMATIK	8,11	8,10	7,53	5,61	6,21	9,14	8,34	8,10	8,08

Asam amino diacid (asam aspartik dan asam glutamik) merupakan kelompok asam amino kedua terbanyak setelah asam amino alifatik dijumpai pada *Porphyridium cruentum*. Asam amino kelompok diacid menyusun hampir seperempat dari total asam amino. Asam amino basik (arginin dan lysin) lebih besar kandungannya dibandingkan asam amino hidroksil (serin dan threonin) dan hampir sama dengan kelompok asam amino aromatik (histidin, tyrosin, fenilalanin) pada temperatur 20 °C. Sebaliknya, kelompok asam amino

aromatik lebih kecil kuantitasnya pada temperatur 25 °C. Sedangkan asam amino sulfur, yang disusun oleh metionin, merupakan asam amino minoritas dari rhodophyceae air laut ini.

Peningkatan temperatur sebesar 5 °C mampu memacu peningkatan persentasi kandungan kelompok asam amino alifatik dan asam amino sulfur. Peningkatan kandungan kelompok asam amino alifatik pada temperatur 25 °C merupakan akibat dari peningkatan persentase valin dan γ -amino butirrat (Gaba), dimana kandungan dari jenis asam amino yang disebutkan terakhir sangat terbatas kuantitasnya pada temperatur 20 °C. Kondisi lingkungan mampu memodifikasi kandungan asam amino mayoritas. Asam aspartik dominan pada temperatur 20 °C, sedangkan γ -amino butirrat dominan pada temperatur 25 °C. Akibatnya, peningkatan temperatur sebesar 5 °C menimbulkan penurunan kelompok asam amino diasid hampir separuh seiring dengan penurunan asam aspartik dan asam glutamik. Perubahan temperatur ini juga menghambat produksi kelompok asam amino aromatik (histidin, tyrosin, phenilalanin). Sebaliknya, persentase global asam amino hidroksil dan asam amino basik sedikit bervariasi mengikuti perubahan temperatur.

Peningkatan fotofase menimbulkan sedikit variasi kandungan asam amino *Porphyridium cruentum*. Sehingga diidentifikasi bahwa tidak terjadi perbedaan berarti kandungan asam amino antara fotoperioda berbeda. Sebaliknya, kandungan asam amino meningkat seiring penurunan salinitas media kultur. Kandungan asam amino rhodopyceae ini sedikit bervariasi menurut salinitas. Kecuali terjadi sedikit peningkatan leusin dan sedikit penurunan γ -amino butirrat seiring penurunan salinitas.

Kandungan dan Komposisi Asam Amino *Porphyridium aerugineum*

Kandungan asam amino total *Porphyridium aerugineum* juga bervariasi sesuai kondisi lingkungan. Peningkatan temperatur sebesar 5 °C dapat memacu peningkatan kandungan asam amino, tetapi bervariasi sesuai salinitas dan fotoperioda (Tabel 5.10). Pada parameter lingkungan lebih baik (air tawar

dan photoperioda 14j/10j), peningkatan total asam amino bisa mencapai nilai 13 %.

Cahaya memberi pengaruh berbeda terhadap kandungan total asam amino *Porphyridium aerugineum*. Total kandungan asam amino *Porphyridium aerugineum* tertinggi dijumpai pada fotoperioda 14j/10j, kecuali pada salinitas 10 ‰ dengan temperatur 25 °C. Fotofase pendek (10 jam) dan fotofase panjang (18 jam) secara umum menghambat produksi asam amino, dimana penurunan paling besar terjadi pada kultur yang direalisir pada air tawar dengan temperatur 20 °C.

Salinitas mampu memodifikasi kandungan total asam amino dalam jumlah besar. *Porphyridium aerugineum* merupakan spesies air tawar, dan kandungan total asam aminonya juga relatif lebih tinggi pada media asalnya. Kandungan asam amino menurun seiring dengan peningkatan kadar garam media kultur. Penurunan lebih tinggi terjadi pada temperatur 20 °C dengan fotofase 14 jam dan salinitas 10 ‰.

Tabel 5.10. Total asam amino (µg/100 mg berat kering) *Porphyridium aerugineum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰
20 °C	25.860,33	10.290,25	4.320,99	31.220,67	18.180,06	4.990,16	10.000,02	4.870,43	4.380,11
25 °C	27.510,68	19.660,39	16.320,23	35.370,70	27.190,33	14.330,02	25.980,04	25.470,49	21.850,54

Jenis asam amino yang terdapat pada *Porphyridium aerugineum* (Tabel 5.11 dan 5.12) juga hampir sama dengan yang dikandung oleh *Porphyridium cruentum*. Asam-γ-amino butirrat (Gaba) menjadi asam amino prinsipal dari rhodophyceae air tawar ini: senilai 10 % dari total asam amino. Asam amino mayoritas lainnya yang dijumpai pada *Porphyridium aerugineum* antara lain: leusin, asam aspartik dan metionin. Sedangkan asam amino minoritas yang dijumpai antara lain: asam glutamik, fenilalanin, serin, tyrosin dan threonin;

histidin dijumpai dalam jumlah sangat terbatas; asparagin dan sistein tidak dijumpai. Sebaliknya asam amino seperti lisin, isoleusin, valin, arginin dan alanin kandungannya relatif lebih penting dibandingkan asam amino minoritas.

Kelompok asam amino alifatik: glicin, alanin, Gaba, valin, isoleusin dan leusin merupakan asam amino yang dominan sesuai kondisi kultur. Asam amino sulfur menjadi asam amino minoritas tetapi kandungannya lebih penting pada temperatur 20 °C. Proporsi kelompok asam amino basik (arginin dan lysin), asam amino diasid (asam aspartik dan asam glutamik) dan asam amino hidroksil (serin dan threonin) relatif sama tetapi fluktuasi kandungan asam amino basik mengikuti kondisi lingkungan lebih jelas dibanding fluktuasi kelompok asam amino lainnya. Kandungan tiga kelompok asam amino disebutkan diakhir lebih tinggi dibandingkan kelompok asam amino aromatik (histidin, tyrosin, fenilalanin).

Tabel 5.11. Distribusi asam amino (% relatif dari asam amino total) *Porphyridium aeruginenum* yang dikultur pada temperatur 20 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰
Asam Aspartik	5,64	6,77	6,47	7,38	8,54	6,02	8,84	7,46	8,41
Asam Glutamik	4,59	4,32	5,66	4,17	3,92	6,90	4,02	5,04	3,78
Serin	5,88	5,97	5,91	4,97	5,41	5,66	7,71	5,90	5,86
Histidin	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Glysin	5,64	6,35	5,24	5,61	5,74	5,02	5,06	4,50	5,53
Threonin	5,75	5,69	5,79	6,17	5,84	5,55	6,50	6,03	4,85
Alanin	7,51	7,32	6,96	7,20	7,72	6,15	6,83	6,19	7,91
Arginin	7,44	6,40	5,42	7,20	7,44	5,70	5,94	6,45	7,03
Tyrosin	4,63	4,53	4,65	4,48	4,44	4,64	4,83	4,49	3,19
γ-amino butirat (Gaba)	9,94	9,41	9,32	10,18	9,25	9,49	10,79	12,76	7,95
Metionin	7,25	7,57	8,86	7,27	8,15	8,76	6,92	7,97	9,05
Valin	7,18	6,44	6,94	7,12	6,59	7,02	7,04	7,61	6,76
Fenilalanin	4,88	5,36	5,53	4,99	4,81	5,19	5,22	5,13	5,17
Isoleusin	6,46	6,34	6,84	6,49	5,94	6,94	7,07	7,69	6,13
Leusin	9,25	9,95	8,96	9,20	8,80	9,77	8,95	9,27	9,86
Lysin	7,97	7,48	7,45	7,56	7,47	7,19	4,26	3,50	8,51
A.A ALIFATIK	45,98	45,81	44,26	45,80	44,04	44,99	45,76	48,02	44,14
A.A HIDROKSIL	11,63	11,66	11,70	11,14	11,25	11,21	14,21	11,93	10,71
A.A SULFUR	7,25	7,57	8,86	7,27	8,12	8,76	6,92	7,97	9,05
A.A DIASID	10,23	11,09	12,13	11,55	12,46	12,92	12,86	12,50	12,19
A.A BASIK	15,41	13,88	12,87	14,76	14,91	12,89	10,20	9,95	15,54
A.A AROMATIK	9,51	9,89	10,18	9,47	9,25	9,83	10,05	9,62	8,36



Tabel 5.12. Distribusi asam amino (% relatif dari asam amino total) *Porphyridium aeruginum* yang dikultur pada temperatur 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰
Asam Aspartik	8,63	5,76	7,10	8,87	8,23	7,64	8,19	7,07	7,14
Asam Glutamik	4,38	3,78	2,77	4,13	4,04	4,30	4,80	3,69	4,08
Serin	5,92	5,84	5,96	5,67	6,02	5,86	5,80	5,78	5,96
Histidin	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Glysin	5,38	4,59	4,47	5,42	4,68	4,05	5,00	4,43	4,64
Threonin	4,40	6,28	6,74	5,68	6,17	6,33	6,18	6,24	6,29
Alanin	8,27	6,98	6,70	7,55	6,95	6,90	7,79	6,09	6,88
Arginin	8,19	7,64	7,02	7,17	7,17	7,19	6,58	5,39	6,82
Tyrosin	2,66	4,83	4,91	4,71	4,98	5,11	4,65	5,32	4,89
γ-amino butirrat (Gaba)	10,75	13,08	13,00	9,39	12,33	12,67	10,32	12,55	12,78
Metionin	8,19	7,98	7,65	7,08	7,65	7,66	7,16	8,43	7,53
Valin	6,99	7,33	7,63	6,59	6,95	7,00	7,61	7,72	7,56
Fenilalanin	4,97	5,05	4,91	4,76	4,92	5,01	5,70	5,32	4,64
Isoleusin	5,62	7,01	7,26	5,95	6,61	7,26	6,16	7,31	7,32
Leusin	8,88	9,01	9,11	8,79	8,74	9,17	9,72	8,85	8,94
Lysin	6,76	4,85	4,76	8,22	4,57	3,85	4,32	5,81	4,55
A.A ALIFATIK	45,89	48,00	48,17	43,69	46,26	47,05	46,60	46,95	48,12
A.A HIDROKSID	10,32	12,12	12,70	11,35	12,19	12,19	11,98	12,02	12,25
A.A SULFUR	8,19	7,98	7,65	7,08	7,65	7,66	7,16	8,43	7,53
A.A DIASID	13,01	9,54	9,87	13,00	12,27	11,94	12,99	10,76	11,22
A.A BASIK	14,95	12,49	11,78	15,39	11,74	11,04	10,90	11,20	11,37
A.A AROMATIK	7,63	9,88	9,82	9,47	9,90	10,12	10,35	10,64	9,53

Perbedaan kondisi lingkungan sedikit memodifikasi komposisi asam amino *Porphyridium aeruginum*. Peningkatan temperatur sebesar 5 °C mampu menstimulasi asam-γ-amino butirrat. Glysin menurun sistematis dengan peningkatan temperatur, dan sebagian besar fluktuasi asam amino lain tidak beraturan. Asam amino dari jenis lysin, leusin, fenilalanin, metionin, alanin, asam aspartik dan asam glutamik lebih dominan pada 20 °C; sedangkan asam amino seperti serin, threonin, arginin, tyrosin, valin, isoleusin lebih tinggi kadarnya pada temperatur 25 °C.

Fotoperioda sedikit mempengaruhi komposisi asam amino *Porphyridium aeruginum*. Variasi kelompok asam amino hidroksil dan asam amino sulfur terutama asam amino jenis tyrosin, valin, fenilalanin, isoleusin dan leusin sangat rendah. Peningkatan fotofase sedikit memacu produksi asam amino diasid sebagai gambaran meningkatnya asam aspartik. Terkait

pula dengan kecenderungan penurunan persentase asam amino jenis arginin.

Peningkatan salinitas media kultur sering memacu produksi asam amino sulfur, asam amino jenis leusin dan isoleusin; tetapi menghambat produksi glysin dan alanin. Efek variasi salinitas terhadap kandungan asam amino *Porphyridium aerugineum* kurang berarti dibandingkan dengan efek temperatur.

Porphyridium cruentum dan *Porphyridium aerugineum* ditandai oleh rendahnya kandungan asam amino. Kandungannya jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan asam amino *Chlorella* dan *Nannochloropsis* (AL-HINTY dan SALMAN, 1989). Dari aspek kandungan asam amino per satuan sel mikroalga (Tabel 5.13 dan 5.14), jenis *Porphyridium aerugineum* memiliki kandungan asam amino total lebih tinggi (5,25 – 42,15 µg/1.000.000 sel) dibandingkan *Porphyridium cruentum* (0,445 – 5,18 µg/1.000.000 sel). Nilai tersebut kadang lebih tinggi dari pada yang pernah diteliti oleh ENRIGHT, NEWKIRK, CRAIGIE, dan CASTELL (1986) pada plankton spesies lain (*Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis*, *Chaetoceros calcitrans*, *Skeletonema menzelli*, *Skeletonema costatum*, *Rhodomonas* sp dan *Dunaliella tertiolecta*) yang juga dikembangkan dalam media F/2 Guillard. Keenam spesies tersebut dengan ukurannya, kemampuan dicerna, kandungan nutrisinya telah dimanfaatkan sebagai pakan juvenil moluska, terutama kerang-kerangan (WEBB dan CHU, 1983). Kandungan asam amino *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada media F/2 Guillard hampir sama dengan media kultur Conway (BACCOU dan BAROUX, komunikasi pribadi).

Sebanyak enam belas jenis asam amino telah teridentifikasi pada *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum*. Dari sudut pandang kualitatif, komposisi asam amino dimaksud sama seperti yang telah diteliti pada mikroalga lain, seperti chlorophyceae (PRIESTLEY, 1976; BECKER, 1984; EL-FOULY, MOHN dan SOEDER, 1985; AHMAD dan MISRA, 1989; AL-HINTY dan SALMAN, 1989; MUNOZ-BLANCO, HIDALGO-MARTINEZ dan CARDENAS, 1990; BROWN, 1991; SUKENIK, ZMORA dan CARMEL, 1993; MORIMURA



dan TAMIYA, 1994), cyanophyceae (CLEMENT, GIDDEY dan MENZY, 1967; BOURGES, SOTOMAYOR, MENDOZA dan CHAVEZ, 1971; BECKER dan VENKATAMARAN, 1984; BROWN, 1991; LAUTIER, MALEVILLE, COUSSE, MOUZIN dan LAGARRIGUE, 1993), bacillariophyceae (HAYASHI, SUITANI, MURAKAMI, YAMAGUCHI, KONOSU dan NODA, 1986; ENRIGHT, NEWKIRK, CRAIGIE dan CASTELL, 1986; BROWN, 1991; LAUTIER, MALEVILLE, COUSSE, MOUZIN dan LAGARRIGUE, 1993), cryptophyceae (ENRIGHT, NEWKIRK, CRAIGIE dan CASTELL, 1986, BROWN, 1991) atau dinoflagella (HAYASHI, SUITANI, MURAKAMI, YAMAGUCHI, KONOSU dan NODA (1986).

Tabel 5.13. Total asam amino ($\mu\text{g}/1.000.000$ sel) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰
20 °C	0,711	0,736	0,581	1,027	1,073	1,123	2,180	1,959	0,855
25 °C	1,927	0,759	0,445	5,174	2,356	2,536	3,284	2,234	2,088

Tabel 5.14. Total asam amino ($\mu\text{g}/1.000.000$ sel) *Porphyridium aerugeineum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰
20 °C	25,346	12,416	5,248	32,362	23,180	7,034	9,481	6,044	6,676
25 °C	26,846	23,597	22,709	35,669	34,305	25,973	22,609	38,472	42,149

Secara umum komposisi asam amino rhodophyceae ditandai oleh ditemukannya senyawa kelompok asam amino alifatik dan amino diasid. Nilai kandungannya sebanding dengan populasi mikroalga lain baik yang hidup di lingkungan perairan tawar maupun perairan laut (PRIESTLEY, 1976; SWITZER, 1980; BECKER dan VENKATMARAN, 1984; EL-FOULY, MOHN dan SOEDER,

1985). Kadang-kadang kelompok amino diasid dan senyawa amino alifatik ditemukan dalam jumlah rebih rendah pada alga spesies laut, tetapi perbedaan prinsip pada rhodophyceae terletak pada kandungan arginin dan tyrosin. Asam amino ini terbatas dan bahkan kadang tidak dijumpai pada jenis-jenis chlorophyceae dan bacillariophyceae laut tertentu (PARSONS, STEPHENS dan STRICKLAND, 1961), sebaliknya malahan kandungannya lebih tinggi pada *Porphyridium cruentum*. Karakteristik utama dari populasi mikroalga perairan alami ditandai oleh tingginya kandungan asam amino hidroksil (LAUTIER, MALEVILLE, COUSSE, MOUZIN dan LAGARRIGUE, 1993). Kandungan serin dan threonin relatif lebih tinggi pada cyanophyceae tetapi kedua asam amino dimaksud lebih rendah pada bacillariophyceae dan kuantitas sedang pada rhodophyceae (*Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum*).

Kandungan asam amino sulfur relatif sama pada kedua jenis *Porphyridium* yang dikultur pada temperatur 25 °C, tetapi lebih rendah pada *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C. Rendahnya kandungan senyawa sulfur ini secara umum dijumpai pada seluruh alga uniselluler (LEVEILLE, SAUBERLICH dan SOCHLEY, 1962), dan sedikit lebih tinggi pada rhodophyceae. Pada alga merah, nilai kandungan asam amino sulfur hampir sama dengan kandungan asam amino aromatik tetapi perbedaan keduanya sedikit terlihat pada chlorophyceae (BROWN, 1991).

Dua spesies *Porphyridium* juga kaya akan kelompok asam amino basik, dimana kandungannya hampir sama dengan kelompok asam amino diasid. Kasus hampir sama juga terdeteksi pada chlorophyceae yang diproduksi dalam media yang diperkaya dengan limbah organik (LAUTIER, MALEVILLE, COUSSE, MOUZIN dan LAGARRIGUE, 1993), tetapi malahan tidak terjadi pada kultur monospesies *Chlorella pyrenoidosa* (SCHIELER, McCLURE dan DUNN, 1953).

Faktor taksonomi dapat menjadi sumber perbedaan kandungan asam-γ-amino butirrat antara rhodophyceae dan klas mikroalga lain. Asam amino ini sering dijumpai dalam jumlah terbatas dan bahkan absen pada sejumlah spesies planktonik (FATTORUSO dan PIATELLI, 1980; HAYASHI, SUITANI,



MURAKAMI, YAMAGUCHI, KONOSU dan NODA, 1986; AHMAD dan MISRA, 1989). Kandungannya dalam media air laut rerata 0,9 % dari total asam amino pada bacillariophyceae; 0,6 % pada chlorophyceae; 0,9 % pada cryptophyceae; 0,8 % pada eustigmatophyceae, dan 0,5 % pada prasinophyceae (BROWN, 1991). Dalam media air tawar alami, kandungannya bervariasi sesuai populasi tetapi masih dalam kadar relatif rendah; antara 0,18 % dan 2,36 % dari total asam amino (LAUTIER, MALEVILLE. COUSSE, MOUZIN dan LAGARRIGUE, 1993). Pada kedua spesies *Porphyridium*, kandungan asam- γ -amino butirat bervariasi sesuai kondisi kultur dan habitat asal, lingkungan air tawar atau laut. Pada kondisi optimal, produksi asam amino ini mencapai 10 % dari total asam amino. Asam- γ -amino butirat berperan penting dalam jaringan saraf invertebrata dan mediator penghambat supraspinal pada avertebrata (ROBERT, 1975; SANDKUHLER dan HERDEGEN, 1995). Asam amino ini terbentuk melalui proses dekarboksilasi asam glutamik (BROWN, 1991). Pada rhodophyceae, asam- γ -amino butirat memainkan peran sebagai indikator biokimia dengan parameter lain seperti metabolisme zat lemak dan kadar polisakarida untuk mengidentifikasi genus *Porphyridium*. Kasus serupa juga dapat terjadi pada chlorophyceae dimana proporsi kadar asam amino lain, prolin dan ketidakhadiran klorofil-b dan klorofil-c menjadi karakter genus *Nannochloropsis* (AL-HINTY dan SALMAN, 1989; BROWN, 1991; VOLKMAN, BROWN, DUNSTAN dan JEFFREY, 1993).

Perbedaan komposisi asam amino fitoplankton laut dan air tawar dapat disebabkan faktor taksonomi (FOWDEN, 1951), kondisi kultur (KANAZAWA, 1964) dan siklus hidup (TINDALL, YOPP, SCHMID dan MILLER, 1977). Temperatur memacu kandungan asam amino total *Porphyridium cruentum*. Meningkatnya kandungan metionin mikrolaga ini seiring dengan peningkatan temperatur. Kondisi yang sama juga terjadi pada jenis *Chlorella* (AL-HINTY dan SALMAN, 1989). Sebaliknya, peningkatan temperatur dapat memacu kandungan threonin, valin, glicin, isoleusin dan arginin pada *Porphyridium aeruginosum*; dimana kondisi yang sama juga dijumpai pada mikroalga jenis *Nannochloropsis* yang dikultur secara ekstensif (SUKENIK, ZMORA dan

CARMELI, 1993) dibandingkan yang dikultur secara intensif (AL-HINTY dan SALMAN, 1989). Asam amino rhodophyceae dan chlorophyceae berfluktuasi secara tak menentu mengikuti perubahan temperatur.

Fotoperioda merupakan faktor abiotik yang mampu memodifikasi asam amino rhodophyceae, dan pengaruhnya lebih dominan dibandingkan temperatur. Pada *Porphyridium cruentum* sama seperti *Chlorella ellipsoidea* (KANAZAWA, 1964), fotofase lebih lama dibandingkan scotofase mampu menghambat produksi asam amino jenis alanin, lysin dan asam aspartik. Pada *Porphyridium aerugineum*, peningkatan fotofase dari 14 jam menjadi 18 jam mampu sedikit memacu produksi fenilalanin dan lysin; sebaliknya mampu menghambat produksi asam amino jenis asam aspartik, asam glutamik dan threonin. Fenomena yang hampir sama juga terdeteksi pada mikroalga *Microcystis pallida*, dengan lama penyinaran dari 16 jam menjadi 21 jam (ETZOL, 1991).

Asam amino berperan dalam reaksi biokimia untuk sintesa protein. Sintesa protein merupakan reaksi intermedian dalam proses fotosintesa pada organisme berklorofil (SMITH, BASSHAM dan KIRK, 1961). Jenis asam amino yang berperan penting dalam proses fotosintesa antara lain: asam aspartik, asam glutamik, alanin dan serin (CALVIN, 1955). Sesuai kondisi lingkungan, kandungan asam-asam amino dimaksud bervariasi antara 20 – 40 % dari total asam amino yang diproduksi *Porphyridium cruentum* dan antara 17 – 27 % pada *Porphyridium aerugineum* (Tabel 5.15 dan 5.16). Sedangkan pada *Chlorella pyrenoidosa* (ETZOL, 1991), kandungannya bervariasi antara 26 – 28 %.



Tabel 5.15. Kandungan asam aspartik, asam glutamik, alanin dan serin (% dari asam amino total) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰
20 °C	38,87	36,42	37,83	38,91	34,87	41,10	37,15	39,92	39,12
25 °C	24,37	26,93	26,11	22,49	28,40	20,03	24,56	25,75	25,95

Tabel 5.16. Kandungan asam aspartik, asam glutamik, alanin dan serin (% dari asam amino total) *Porphyridium aerugeineum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰
20 °C	23,62	24,38	25,00	23,72	25,59	24,73	27,40	24,59	25,96
25 °C	27,20	22,36	22,57	26,22	23,24	24,70	26,58	16,54	17,18

Asam aspartik merupakan satu diantara senyawa turunan dari bentukan fotosintesa (SMITH, BASSHAM dan KIRK, 1961), dan asam amino ini lebih penting pada rhodophyceae. Kandungannya relatif lebih besar dibandingkan lysin yang hanya bervariasi antara 4,13 – 11,83 % pada *Porphyridium cruentum* dan antara 3,5 – 11,83 % pada *Porphyridium aerugineum*. Asam glutamik memainkan peran dasar dalam metabolisme nitrogen (DI MATINO-RIGANO, DI MARTINO, VONA, ESPOSITO dan RIGANO, 1989), produksinya relatif tinggi pada mikroalga yang dikultur dari media yang kaya nitrat (ENRIGHT, NEWKIRK, CRAIGIE dan CASTELL, 1986; AL-MOUDI dan FLYNN, 1989) dan juga pada *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum*.

Asam amino berperan penting dalam pakan hewan (AARASON, BERNER dan DUBINSKY, 1980), sehingga produksi asam amino tertentu

membuatnya penting dalam sektor agroalimenter. Kualitas gizi dari protein ditentukan oleh kandungan asam amino essensial: histidin, threonin, arginin, metionin, valin, fenilalanin, isoleusin, leusin, lysin (FAO/WHO, 1973). Dua spesies *Porphyridium* ditandai dengan tingginya cadangan asam amino essensial, lebih dari 50 % dari asam amino total (Tabel 5.17 dan 5.18). Potensi lain dari *Porphyridium* ini juga didukung oleh tingginya kandungan asam glutamik pada setiap kondisi kultur. Jenis asam amino ini berperan penting sebagai suplemen untuk konsumsi manusia (BOROWTZKA, 1988).

Tabel 5.17 Kandungan asam amino essensial (% dari asam amino total) *Porphyridium cruentum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰	25 ‰	31 ‰	37 ‰
20 °C	50,08	56,53	51,96	53,60	55,02	52,24	54,34	49,43	50,87
25 °C	56,23	53,19	52,95	61,16	53,10	56,98	53,94	52,42	52,64

Tabel 5.18 Kandungan asam amino essensial (% dari asam amino total) *Porphyridium aerugineum* yang dikultur pada temperatur 20 °C dan 25 °C, salinitas dan fotoperioda berbeda.

	10j/14j			14j/10j			18j/6j		
	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰	0 ‰	5 ‰	10 ‰
20 °C	56,18	55,23	55,79	56,00	55,01	56,12	51,90	53,65	57,36
25 °C	54,00	55,12	55,08	54,24	52,78	53,47	53,43	53,07	53,65

Produksi asam amino essensial dari kultur mikroalga juga menarik dalam bidang akuakultur, karena asam amino ini berperan dalam memacu pertumbuhan bivalva (WEBB dan CHU, 1983). Kandungannya pada *Porphyridium cruentum* dan *Porphyridium aerugineum* relatif lebih tinggi dibandingkan beberapa diatom yang telah sering digunakan sebagai pakan juvenil moluska (ENRIGHT, NEWKIRK, CRAIGIE dan CASTELL, 1986).



Seperti lazim pada *Chlorella*, *Rhodophyceae* juga dapat diaplikasikan dalam bidang kosmetik; terutama dalam mengatasi masalah kekeringan pada kulit akibat hidrasi stratum corneum. Di bawah pengaruh perubahan iklim, dehidrasi atau iktiosis akan menyebabkan rentannya lapisan stratum corneum kulit akibat rendah fungsi proteksinya. Karena kemampuan lindung dari lapisan stratum corneum kulit ditentukan oleh kadar air berupa senyawa '*hygroscopic hydrosoluble*' dalam sel. Senyawa ini disusun oleh campuran asam amino bebas (40 %), urea dan ion-ion mineral yang membentuk NMF (*Natural Moisturizing Factor*). Didukung oleh komposisi istimewa asam amino, Porphyridium tidak bersifat toksik terhadap kulit sehingga potensial untuk dijadikan sebagai bahan formulasi produk perawatan kulit kering. Tambahan lagi, dengan kemampuan daya serap asam amino terhadap kadar air maka penambahan mikroalga dalam produk perawatan akan dapat dijadikan sebagai pembantu lapisan epidermis kulit akan kekurangan air.

