

X

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS KULTUR PAKANALAMI: PENGEMBANGAN FOTOBIOREAKTOR UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS BIOMASSA KULTUR MIKROALGA

Penanggung Jawab : Tjandra Chrismadha

Anggota: Yayah Mardiaty

Rosidah

Desy Suryatini

A. ABSTRAK

Suatu seri penyekat horisontal dipasang pada fotobioreaktor tubular tegak, berfungsi sebagai pengatur distribusi suspensi kultur alga ke area terang di permukaan kolom tubular dan area gelap di bagian dalamnya. Jenis mikroalga *Ankistrodesmus convolutus* ditumbuhkan secara *batch* di dalam fotobioreaktor tersebut dalam media PHM. Uji coba dilakukan dengan perlakuan intensitas cahaya melalui variasi sumber cahaya lampu TL 2 X 40 watt, 4 x 40 watt, dan 6 x 40 watt. Sebagai pembandingan digunakan fotobioreaktor tubular tegak tanpa penyekat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kultur dalam reaktor berpenyekat memiliki respon yang lebih baik dibanding dengan kultur pada fotoreaktor kontrol, memberikan indikasi peran penyekat yang signifikan untuk memperbaiki kinerja kultur mikroalga dalam beradaptasi pada kondisi intensitas cahaya tinggi.

Kata kunci: intensitas cahaya, penyekat, fotobioreaktor tubular, mikroalga, *Ankistrodesmus convolutus*

B. PENDAHULUAN

Permasalahan kultur mikroalga adalah tingkat produktivitas dan kualitas biomassa yang rendah. Fotobioreaktor tubular telah dilaporkan dapat meningkatkan laju fotosintesis. Peningkatan laju fotosintesis tersebut diduga disebabkan oleh terjadinya fenomena 'flashing light effect', meskipun peran fenomena tersebut masih belum difahami secara mendasar. 'Flashing light effect' pada awalnya ditemukan di laut, dimana riak-riak air laut akibat gerak gelombang merefleksikan cahaya matahari yang datang secara acak kedalam kolom air di sebelah dalamnya. Refleksi cahaya tersebut menciptakan kilatan-kilatan cahaya yang datang secara intermitan ke permukaan sel-sel alga yang ada di dalam kolom air tersebut. Percobaan-percobaan di laboratorium memperlihatkan bahwa sel-sel

alga mendapat keuntungan dari kondisi tersebut, yaitu dengan meningkatnya efisiensi fotosintesis (Grobelaar 1989). Beberapa ahli berpendapat bahwa, sementara siklus gelap terang harian dianggap menyediakan waktu yang cukup untuk sel-sel alga beradaptasi terhadap siklus cahaya tersebut, siklus intermitan cahaya yang dihasilkan oleh pengadukan kultur berlangsung terlalu singkat untuk proses adaptasi seperti di atas, sehingga sel-sel alga beradaptasi pada intensitas cahaya rata-ratanya (e.g. Rabe & Benoit 1962; Raven 1988). Sementara beberapa ahli lainnya mengkaitkan peningkatan efisiensi fotosintesis tersebut dengan sinkronisasi waktu terjadinya reaksi gelap dan reaksi terang fotosintesis pada kultur tersebut, dimana fraksi gelap dari cahaya intermitan memberikan waktu yang cukup bagi sel-sel alga untuk menyelesaikan proses reaksi gelap tersebut, sebelum menerima energi cahaya untuk aktivasi proses fotosintesis selanjutnya (Goldman 1979).

Percobaan terdahulu (Chrismadha *et al.* 2002) memperlihatkan jarak sekat optimal untuk capaian produktivitas biomassa tinggi, namun diduga nilai jarak optimal tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor tumbuh, seperti intensitas cahaya di permukaan kultur dan kepadatan kultur itu sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk menguji respon tumbuh kultur mikroalga *A. convolutus* yang tumbuh dalam fotobioreaktor berpenyekat pada jarak sekat yang optimal sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya terhadap variasi intensitas cahaya permukaan kultur. Hasil yang didapat diharapkan dapat dijadikan informasi dasar bagi perancangan adaptasi jarak penyekat optimal bagi produktivitas biomassa kultur mikroalga yang tinggi sesuai dengan intensitas cahaya yang tersedia.

C. METODOLOGI

Kultur alga *A. convolutus* ditumbuhkan pada kolom fotoreaktor tegak berpenyekat, dengan jarak penyekat 2 inchi, serta kontrol kolom fotoreaktor tanpa penyekat, dengan menggunakan media PHM (Borowitzka 1988) selama 2 minggu.. Fotobioreaktor terdiri dari kolom gelas berdiameter 10 cm dan tinggi 50 cm, dengan volume efektif kultur 2500 ml. Dinding penyekat terbuat plat melamin 1 mm yang ukurannya disesuaikan dengan diameter kolom gelas tersebut, terdiri dari penyekat dalam yang menempel pada kolom sentral dan berjarak 1 cm dari

dinding kolom luar, serta penyekat luar yang menempel pada dinding kolom luar dan berjarak 1 cm dari kolom sentral. Kedua macam penyekat tersebut disusun berselang seling sepanjang kolom gelas hingga permukaan media kultur dengan rangka 2 batang stainless steel. Kolom sentral terbuat dari pleksiglas berdiameter 22 mm, berfungsi untuk mengakomodasi pergerakan sirkulasi kultur, yang didorong dengan tenaga aerasi (air lifting).

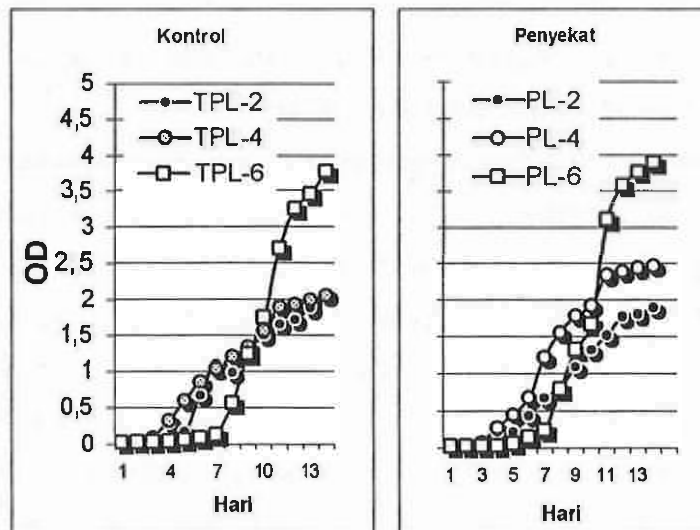
Perakuan variasi intensitas cahaya diberikan melalui jumlah lampu TL terpasang sebagai sumber cahayanya, yaitu 2 buah, 4 buah, dan 6 buah. Lampu TL tersebut (40 watt) dipasang dengan jarak sekitar 10 cm di sebelah depan dan belakang kultur. Laju tumbuh serta konsentrasi biomassa dan klorofil diamati. Percobaan dilakukan menggunakan dua ulangan.

Kepadatan kultur diamati menggunakan parameter kepadatan optik (OD) yang diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 500 nm. Biomasa alga diekspresikan dalam berat organiknya, yang ditentukan dengan menyaring 3 ml sampel melalui kertas saring Whatman GF/A yang sebelumnya telah dipanaskan pada 600 °C selama satu jam. Setelah itu kertas saring dikeringkan dengan oven pada suhu 100 °C semalam dan ditimbang. Untuk menentukan berat organik, kertas saring kemudian diabukan pada 600 °C selama satu jam, dan setelah disimpan di dalam desikator yang berisi silika gel semalam, kertas saring tersebut ditimbang kembali. Bobot organik alga didapat dengan mengurangi bobot kertas saring setelah dikeringkan dengan berat setelah diabukan. Antara 2 - 5 ml sampel juga difilter pada kertas saring Whatman GF/A untuk analisa kadar klorofil, yang selanjutnya ditentukan dengan metode ekstraksi dengan 90% aseton (Jeffrey & Humprey 1975).

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan kultur sel pada umumnya berbentuk kurva 'S' yang ditandai oleh adanya fase adaptasi, fase tumbuh eksponensial, dan fase stasioner. Gambar 1. memperlihatkan fase adaptasi yang relatif lama pada kultur dengan intensitas cahaya tinggi, namun setelah itu pertumbuhan kulturnya jauh lebih tinggi dibanding dengan pada kultur dengan intensitas cahaya yang lebih rendah. Bila respon tumbuh kultur mikroalga dibandingkan melalui parameter tingkat kenaikan

laju tumbuh sejalan dengan kenaikan intensitas cahaya, maka kultur dalam reaktor berpenyekat dapat dianggap memiliki respon yang lebih baik dibanding dengan kultur pada fotoreaktor kontrol. Capaian kepadatan optik pada kultur dalam reaktor berpenyekat dengan 4 lampu pada hari-14 lebih tinggi 30% dibanding dengan pada kultur berpenyekat dengan 2 lampu, sementara penambahan intensitas cahaya menjadi 6 lampu meningkatkan kepadatan optik kultur hingga lebih dari 100%. Pada kultur kontrol kenaikan intensitas cahaya dari 2 lampu



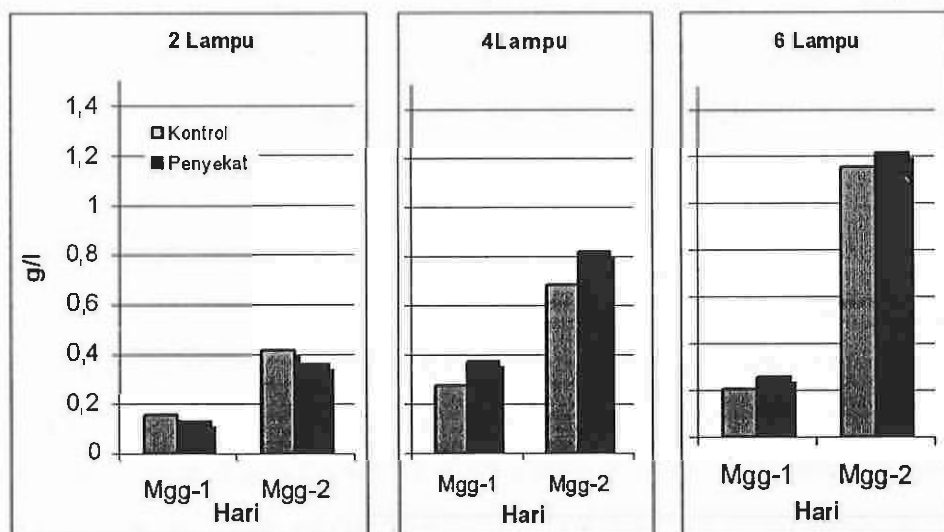
Gambar 1. Pengaruh penyekat terhadap respon tumbuh alga *A. convolutus* terhadap variasi intensitas cahaya

menjadi 4 lampu tidak memberikan pengaruh yang nyata, sementara pada 6 lampu terjadi kenaikan kepadatan optik hingga lebih dari 80%. Hasil ini konsisten dengan hasil penelitian yang melaporkan kenaikan laju tumbuh *A. conculutus* dan *Chlorella sp.* Sejalan dengan kenaikan intensitas cahaya yang diberikan (Chrismadha *et al.* 1997).

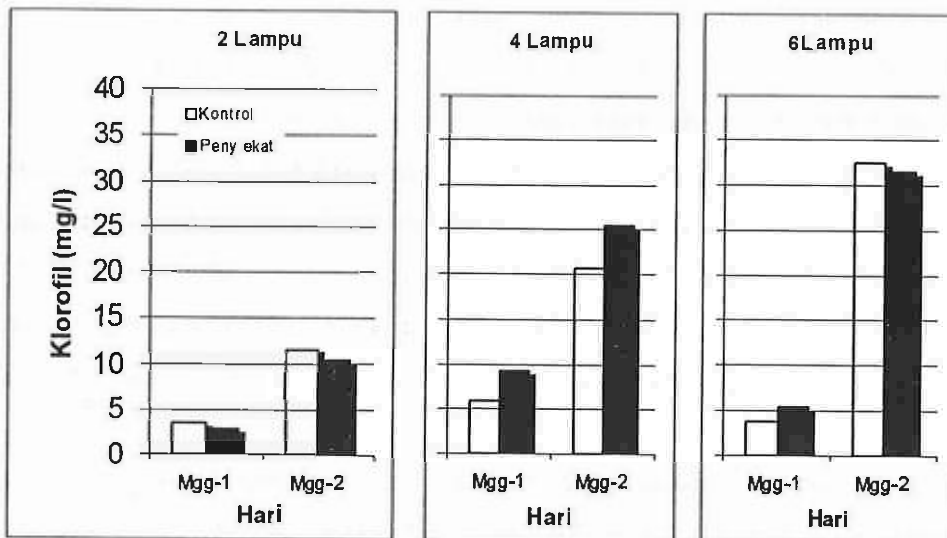
Fenomena yang sama juga dapat diamati pada capaian biomassa kultur (Gambar 2), dimana kenaikan hingga 128% dan 238% terjadi pada kultur berpenyekat seiring dengan kenaikan intensitas cahaya dari 2 lampu menjadi 4 lampu dan 6 lampu, sementara pada kultur tanpa penyekat terjadi kenaikan sekitar 65% dan 178%. Hasil ini memberikan indikasi peran penyekat yang signifikan

untuk memperbaiki kinerja kultur mikroalga dalam beradaptasi pada kondisi intensitas cahaya tinggi. Seperti telah dilaporkan sebelumnya cahaya merupakan faktor pembatas tumbuh pada kultur mikroalga dengan tingkat kepadatan tinggi (Chrismadha & Borowitzka 1994; Rabe & Benoit 1962; Vonshak & Richmond 1985; Parish & Wangersky 1990). Pada tingkat kepadatan kultur yang tinggi tersebut sel-sel alga secara langsung merespon energi cahaya yang jatuh ke permukaan selnya. Seperti dilaporkan oleh Lee (1988) laju tumbuh alga *Chlorella* berhubungan positif dengan jumlah energi yang jatuh ke permukaan sel-sel alga tersebut.

Pemaparan sel-sel alga terhadap cahaya dipermukaan kolom secara intermitan akibat adanya struktur penyekat diduga memberikan kuota energi cahaya yang lebih baik pada tiap-tiap sel alga di dalam kolom fotoreaktornya, sehingga kinerja fotosintesis dan produktivitas kulturenya menjadi lebih baik. Demikian juga pemaparan pada cahaya secara intermitan menciptakan sinkronisasi waktu terjadinya proses reaksi gelap dan reaksi terang fotosintesis sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung secara lebih efisien (Goldman 1979; Chrismadha *et al.* 2002).



Gambar 2. Pengaruh penyekat terhadap capaian biomassa kultur *A. convolutus* pada variasi intensitas cahaya



Gambar 3. Pengaruh penyekat terhadap kandungan klorofil sel *A convolutus* pada variasi intensitas cahaya

Hal ini juga didukung oleh pengamatan pada Gambar 3 yang memperlihatkan kandungan klorofil sel alga yang lebih stabil pada kultur berpenyekat. Telah diketahui bahwa sel-sel mikroalga merespon kenaikan intensitas cahaya dengan menurunkan kandungan klorofil didalamnya (Raven 1988). Kandungan klorofil sel-sel mikroalga yang lebih tinggi dibanding pada kultur tanpa penyekat pada intensitas cahaya tinggi menunjukkan kemampuan penyekat untuk mereduksi efek intensitas cahaya tinggi terhadap kondisi fisiologis alga.

E. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kultur dalam reaktor berpenyekat memiliki respon yang lebih baik dibanding dengan kultur pada fotoreaktor kontrol, memberikan indikasi peran penyekat yang signifikan untuk memperbaiki kinerja kultur mikroalga dalam beradaptasi pada kondisi intensitas cahaya tinggi.

F. DAFTAR PUSTAKA

Borowitzka, M.A. 1988. Algal Growth Media sources of Algal Cultures. Dalam: M.A. Borowitzka & L.J. Borowitzka (ed.). Microalgal Biotechnology. Hlm. 456 -465.

Goldman, J.C. 1979. Outdoor Algal Mass Culture II. Photosynthetic Yield Limitations. Water Research. 13: 119 – 136.

Grobbelaar, J.U. 1989. Do light/dark cycles of medium frequency enhance phytoplankton productivity? Journal of Applied Phycology. 1: 333 - 340

Chrismadha, T., S.H. Nasution, Y. Mardiaty, A. Kurniasih. (1997). Respon tumbuh alga *Ankistrodesmus convolutus* dan *Chlorella sp* terhadap intensitas cahaya. Makalah dipresentasikan pada: Ekspose Hasil Penelitian Puslitbang Limnologi 1996/1997. Cibinong, 18 - 19 Maret 1997.

Chrismadha, T., I.D.A. Sutapa, Hidayat, Rosidah, Y. Mardiaty. 2000. Pengaruh Cahaya Intermitan Terhadap Fotosintesis Kultur Alga *Chlorella vulgaris*. Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Biologi VIII di Bandung.

Chrismadha, T., T. Rustiani, Rosidah, Y. Mardiaty. 2002. Uji coba peningkatan produktivitas kultur mikroalga *A. convolutus* pada fotobioreaktor tubular berpenyekat. Laporan Teknis Tahun 2002 Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Perairan Darat. Puslitbang Limnologi-LIPI

Jeffrey, S.W. and G.F. Humphrey. (1975). New Spectrophotometric equation for determining chlorophyll a, b, c1, and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochim. Physiol. Pflanzen. 1967: 191-194

Lee, Y-K. 1988. Population growth kinetics of photosynthetic microorganisms. In: Physiological models in microbiology. Bazin, M.J. & J.I. Prosser (eds.). Florida: CRC Press Inc. Pp. 91-111

Parish, C.C. & P.J. Wangersky (1990). Growth and lipid class composition of the marine diatom *Chaetoceros gracilis* in laboratory and mass culture turbidostats. Journal of Plankton Research. 12: 1011-1021

Rabe, A. & J. Benoit. 1962. Mean light intensity – a useful concept in correlating growth rate of dense cultures of microalgae. *Biotechnology and Bioengineering*. 4: 377-390

Raven, J.A. 1988. Limits to Growth. Dalam: M.A. Borowitzka & L.J. Borowitzka (ed.). *Microalgal Biotechnology*. Hlm. 331 – 387

Vonshak, A. & A. Richmond (1985). Problems in developing the biotechnology of algal biomass production. *Plant and soil*. 89: 129 - 135

Lampiran

Kepadatan optik

Lampu-2

Hari	C-1	C-2	C-3	C-4	C-x	P-1	P-2	P-3	P-4	P-x
1	0,026	0,026	0,091	0,052	0,04875	0,025	0,027	0,057	0,054	0,04075
2	0,027	0,027	0,101	0,072	0,05675	0,027	0,028	0,074	0,069	0,0495
3	0,037	0,036	0,151	0,132	0,089	0,047	0,031	0,141	0,099	0,0795
4	0,093	0,101	0,433	0,537	0,291	0,141	0,067	0,412	0,219	0,20975
5	0,15	0,194			0,172	0,261	0,17			0,2155
6					0,671					0,433
7			1,225	0,986	1,1055			0,986	0,626	0,673
8	0,551	0,707	1,265	1,391	0,9785	0,641	0,48	1	0,964	0,81275
9	0,751	0,906	1,661	1,796	1,2785	0,648	0,702	1,632	1,371	1,08825
10	0,973	1,119	1,868	2,039	1,49975	1,104	0,802	1,793	1,574	1,31825
11	1,117	1,287	2	2,205	1,65225	1,339	1,072	1,95	1,713	1,5185
12					1,711					1,767
13					1,876					1,801
14	1,668	1,744	2,28	2,552	2,061	1,856	1,145	2,422	2,15	1,89325
	0,29723	0,30042	0,23008	0,2781	0,26745	0,30766	0,26767	0,26781	0,26316	0,27419

Lampu-4

Hari	C-1	C-2			C-x	P-1	P-2			P-x
1	0,026	0,028	0,031	0,026	0,02775	0,024	0,028	0,023	0,026	0,02525
2	0,028	0,031			0,0295	0,026	0,031			0,0285
3	0,072	0,099			0,0855	0,047	0,096			0,0715
4	0,273	0,364	0,27	0,349	0,314	0,212	0,319	0,413	0,154	0,2745
5	0,51	0,683	0,509	0,672	0,5935	0,431	0,463	0,732	0,282	0,477
6			0,891	1,041	0,966			0,945	0,514	0,7295
7	1,241	0,831	1,082	1,081	1,05875	1,214	1,226	1,173	0,616	1,05725
8			1,348	1,273	1,3105			1,579	0,836	1,2075
9	1,69	0,99			1,34	1,845	1,724			1,7845
10	1,852	1,261			1,5565	1,948	1,897			1,9225
11	2,098	1,68	1,773	1,673	1,806	2,189	2,483	2,015	1,212	1,97475
12			1,969	1,896	1,9325			2,382	1,516	1,949
13			2,1	1,989	2,0445			2,532	1,8	2,166
14	2,195	1,905	2,29	2,075	2,11625	2,415	2,508	2,767	1,909	2,39975
	0,31685	0,30143	0,30731	0,31283	0,30958	0,32939	0,32107	0,34214	0,30687	0,32531

Lampu-6

Hari	C-1	C-2	C-3	C-4	C-x	P-1	P-2	P-3	P-4	P-x
1	0,024	0,023	0,033	0,033	0,02825	0,023	0,025	0,042	0,037	0,03175
2	0,026	0,025			0,0255	0,027	0,027			0,027
3	0,036	0,016			0,026	0,027	0,029			0,028
4	0,066	0,006	0,514	0,38	0,2415	0,025	0,034	0,471	0,345	0,21875
5			0,784	0,651	0,7175			0,803	0,578	0,6905
6			1,131	1,041	1,086			1,168	0,892	1,03
7	0,105	0,139	1,86	1,864	0,992	0,157		2,045	1,676	1,29267
8	0,466	0,66	2,232	2,37	1,432	0,626	0,945	2,635	2,181	1,59675
9	1,116	1,359			1,2375	1,214	1,437			1,3255
10	1,928	1,548			1,738	1,402	1,938			1,67
11	2,37	3,025	3,135	3,436	2,9915	2,43	3,79	5,118	3,135	3,61825
12			3,997	4,008	4,0025			5,612	3,995	4,8035
13			4,632	4,522	4,577			6,134	4,713	5,4235
14	3,612	3,913	4,981	5,021	4,38175	3,913	3,863	6,823	5,325	4,981
	0,35814	0,3669	0,35835	0,35892	0,36029	0,3669	0,36002	0,3636	0,35495	0,36111

Kepadatan sel

P-1

K						P					
	1	2	3	4	x		1	2	3	4	x
0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
3	0,5	0,2	1,1	0,85	0,6625		0,25	0,05	0,8	0,8	0,475
7	4,15	3,5	7,6	8,95	6,05		4,45	1,7	7,15	5,3	4,65
14	7,8	9,85	15,2	19,05	12,975		16,6	10	19,7	14,75	15,263
					0,298						0,3096

P-2

K						P					
	1	2	3	4	x		1	2	3	4	x
0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
3	0,5	0,25	1,05	1,15	0,7375		0,35	0,2	1,6	0,5	0,6625
7	14,25	5	11,85	10,15	10,313		15,5	18,45	12,65	4,65	12,813
14	26,15	19,55	13,45	15	18,538		29,35	31,45	19,55	13,25	23,4
					0,32352						0,34016

P-3

K						P				
	1	2	3	4	x	1	2	3	4	x
0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
3	0,3	0,55	1,1	0,85	0,7	0,25	0,75	0,8	0,8	0,65
7	4,35	5,95	7,6	8,95	6,7125	5,8	3,9	7,15	5,3	5,5375
14	18,05	32	15,2	19,05	21,075	32,25	31,2	19,7	14,75	24,475
					0,3327					0,3434

Blomassa

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-x	P-1	P-2	P-3	P-4	P-x
P-2										
Mgg-1	0,13	0,18	0,17	0,33	0,155	0,18	0,13	0,51	0,53	0,3375
Mgg-2	0,4	0,43	0,61	0,68	0,415	0,4	0,32	0,65	0,59	0,49
P-4										
Mgg-1	0,38	0,17	0,38	0,3	0,275	0,37	0,38	0,4	0,19	0,335
Mgg-2	0,73	0,64	0,73	0,62	0,685	0,8	0,84	0,84	0,57	0,7625
P-6										
Mgg-1	0,2	0,21	0,67	0,77	0,205	0,21	0,3	0,83	0,74	0,52
Mgg-2	1	1,31	1,2	1,38	1,155	1,24	1,19	1,66	1,24	1,3325

Klorofil

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-x	P-1	P-2	P-3	P-4	P-x
P-2										
Mgg-1	3,36	3,79	9,217	10,341	6,677	3,46	2,23	11,04	7,645	6,09375
Mgg-2	11,44	11,65	19,365	19,132	15,3968	13,47	6,98	19,858	18,92	14,807
P-4										
Mgg-1	8,63	3,21	5,963	7,901	6,426	9	9,488	7,132	4,384	7,501
Mgg-2	22,33	19,06	16,223	13,243	17,714	24,64	26,36	26,63	15,82	23,3625
P-6										
Mgg-1	3,1475	4,3675	13,83	14,591	8,984	4,059	6,9325	17,21	13,649	10,4626
Mgg-2	31,0495	34,0085	28,08	29,158	30,574	34,4965	28,5075	35,99	29,332	32,0815

Karbohidrat

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-x	P-1	P-2	P-3	P-4	P-x
P-2										
Mgg-1	4,751	8,697	49,95	45,84	27,31	11,451	4,857	51,72	34,02	25,512
Mgg-2	45,82	48,381	81,24	107,82	70,815	38,709	20,787	101,91	103,38	66,197
P-4										
Mgg-1	35,235	15,227	39,192	35,551	31,301	42,284	37,188	47,979	28,887	39,085
Mgg-2	272,887	152,515	91,92	69,195	146,63	293,55	318,795	138,127	84,345	208,7
P-6										
Mgg-1	52,965	62,145	127,977	131,313	93,6	60,492	88,221	146,769	122,526	104,5
Mgg-2	191,917	243,435	249,495	215,4	225,06	232,83	374,497	366,157	242,671	304,04

Protein

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-x	P-1	P-2	P-3	P-4	P-x
P-2										
Mgg-1			223,89	248,4	236,15			194,205	283,29	238,75
Mgg-2			426,825	377,34	402,08			510,975	392,205	451,59
P-4										
Mgg-1	131,112	60,705	139,905	70,485	100,55	132,105	98,388	154,65	125,05	127,55
Mgg-2	403,74	370,11	782,94	721,605	569,6	636,01	518,265	924,51	622,515	675,33
P-6										
Mgg-1	145,17	123,564	249,006	245,232	190,74	189,59	121,164	322,614	316,956	237,58
Mgg-2	663,06	747,09	433,77	580,039	605,99	1269,32	831,09	669,705	551,745	830,46

