

PENGARUH INDUKSI IRADIASI GAMMA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KANDUNGAN GIZI MIKROALGA *Spirulina platensis*

I.Djajanegara^{1,2}, M. Risman² dan I.Sugoro³

Pusat Teknologi Bioindustri – BPPT Serpong¹

Jurusan Bioteknologi – Universitas Al Azhar Jakarta²

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi – BATAN³

ABSTRAK

PENGARUH INDUKSI IRADIASI GAMMA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KANDUNGAN GIZI MIKROALGA *Spirulina platensis*. Telah dilakukan penelitian mengenai induksi iradiasi gamma terhadap pertumbuhan dan kandungan gizi (kadar lemak, karbohidrat, protein dan asam lemak serta asam lemak tak jenuh/PUFA) mikroalga *S.platensis*. Medium tumbuh Aiba dan Ogawa digunakan untuk menumbuhkan *S.platensis* yang sudah mendapat perlakuan mutasi menggunakan iradiasi gamma sumber Co-60 (laju dosis iradiasi 1.149 kGy/jam) dengan dosis iradiasi masing-masing perlakuan terdiri dari 50 Gy, 100 Gy dan *S.platensis* tanpa iradiasi sebagai kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada setiap perlakuan iradiasi berpengaruh terhadap morfologi, pertumbuhan, kadar lemak, kadar karbohidrat dan asam lemak serta asam lemak tak jenuh. Dari hasil analisis tampak iradiasi gamma dapat menginduksi pertumbuhan dan meningkatkan kadar lemak perlakuan dosis 5 Gy dan 10 Gy sebesar 5,95% dan 16% dibandingkan kontrol. Akan tetapi, iradiasi gamma tidak dapat meningkatkan kadar protein dan asam lemak tak jenuh (PUFA).

Kata kunci : *S.platensis*, mutasi induksi, PUFA, iradiasi gamma.

ABSTRACT

THE INDUCTION EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON THE GROWTH AND NUTRIENT VALUE OF *Spirulina platensis*. The experiment has been conducted to study the induction effect of gamma irradiation on the growth and nutrient value (the content of fat total, protein total, carbohydrate and fatty acids and polyunsaturated fatty acid (PUFA) of *S.platensis*. The Aiba dan Ogawa medium was used as growth medium for the induction mutant of *S.platensis* after gamma irradiation by Co-60 (dose rate of 1.149 kGy/hours) with the doses of 50 Gy, 100 Gy and without irradiation as control. The result showed that the gamma irradiation could effected the morphology, growth, fat total, protein total, carbohydrate, fatty acid and PUFA. Gamma irradiation could induced the growth and fat total at of doses 50 Gy and 100 Gy about 5.95% and 16% above the control. The carbohydrate total increased the doses of 100 Gy 11,2 % and decreased at the doses of 50 Gy about 10,9% above control. Besides that, the gamma irradiation couldn't increase protein of total and PUFA.

Key word : *S.platensis*, induction mutant, PUFA, gamma irradiation.

LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki potensi sumber daya alam perairan yang sangat besar termasuk kekayaan mikroalga. Namun demikian, sebagian besar sumber daya alam perairan tersebut belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat, terutama untuk pemenuhan gizi maupun peningkatan kualitas kesehatan. Kesehatan manusia dapat terpelihara dengan baik, apabila kebutuhan gizi dan pola makan yang dilakukan secara teratur, salah satunya adalah pemilihan terhadap sumber-sumber diet yang mengandung asam lemak terutama yang

mengandung asam lemak esensial. Asam lemak atau lipida adalah penyusun sel organisme yang berfungsi sebagai penyusun membran, makanan cadangan, zat pembakar, dan sumber energi [1].

Asam lemak tak jenuh (PUFA/*polyunsaturated fatty acid*) tidak dapat diproduksi oleh tubuh manusia sehingga harus didapatkan dari luar tubuh manusia. PUFA merupakan asam lemak esensial yang berfungsi untuk menormalisasi kadar kolesterol dalam darah dan sebagai precursor senyawa-senyawa aktif di dalam sel. Senyawa tersebut diantaranya adalah prostaglandin yang berfungsi untuk mengontrol berbagai fungsi dalam tubuh manusia. Untuk itu, kecenderungan penelitian di bidang makanan mengarah pada asam lemak esensial [2].

Salah satu sumber PUFA adalah mikroalga. Beberapa jenis mikroalga mempunyai kemampuan untuk memproduksi asam lemak tak jenuh yang dapat dimanfaatkan untuk manusia. Kelebihan dari pemanfaatan mikroalga sebagai sumber asam lemak esensial adalah dalam mengekstraksi asam lemak dibutuhkan mikroalga segar jadi tidak memerlukan alat pengeringan dan ini berarti menurunkan biaya produksi [3].

Mikroalga *Spirulina platensis* merupakan *cyanobacteria* berbentuk filamen/benang yang mampu hidup di air tawar maupun di air laut. Produksi *S.platensis* dalam skala besar sudah banyak dimanfaatkan sebagai suplemen makanan dan sebagai bahan makanan fungsional (*functional food*). Sejauh ini kandungan PUFA dalam *Spirulina platensis* yang dibudidayakan dengan sistem terbuka memiliki kadar PUFA sebesar 21 % dari kadar lemak total [4]. Kandungan gizi dalam *S.spirulina* meliputi asam lemak esensial, asam linoleat (LA,18:2 delta-9,12) dan *gamma linolenic acid* (GLA, 18-3 delta-6,9,12) [4, 5, 6 dan 7]. Selain PUFA *S.platensis* juga mengandung kualitas protein yang tinggi, karbohidrat, vitamin (B1, B2, *tocopherol*), mineral (sodium, potassium, kalsium, magnesium, fosfor, dan besi), karoten (beta karoten), klorofil a, pikosianin, dan beberapa asam fenol [8].

Salah satu PUFA yaitu asam linolenat yang berfungsi sebagai prekursor untuk prostaglandin, asam eikosapentaenoat (EPA,20:5n-3) dan asam dokosaheksaenoat (DHA,22:6n-3) merupakan asam-asam lemak yang sangat bermanfaat untuk kesehatan manusia untuk mengurangi resiko penyakit kardiovaskuler pada studi klinis dan epidemiologi [8]. EPA dan DHA dapat diperoleh dari sayuran hijau dan pada beberapa jenis ikan laut. n-6 PUFA dan n-3 PUFA berbeda fungsi dan efek fisiologisnya. Kandungan PUFA dalam mikroalga dapat ditingkatkan dengan mutasi. Cohen *et.al* [4] menyeleksi *cell lines* dari *S.platensis* dan *Porphyridium cruetum* yang resisten terhadap inhibisi herbisida Sandoz 9785. *Cell lines* *S.platensis* yang resisten mempunyai kemampuan untuk memproduksi GLA, sedangkan pada *P.cruetum* mempunyai kemampuan memproduksi EPA. Salah satu mutannya (II 242) mempunyai kemampuan memproduksi EPA sebanyak 44 % lebih tinggi dari *wild type* [9].

Mutasi induksi sering digunakan untuk memperoleh variasi organisme misalnya variasi jenis tanaman serta untuk memperoleh organisme yang unggul melalui seleksi mutan. Mutasi induksi dapat dilakukan dengan mutagen kimia dan mutagen fisika. Mutagen fisika antara lain sinar-X, sinar gamma, sinar UV, *thermal neutron* (Nth), dan netron cepat (Nf). Penelitian ini menggunakan mutagen sinar gamma sumber Co-60. Pemberian iradiasi gamma pada suatu tingkat dosis tertentu dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Selain itu juga dapat menginduksi perubahan fisiologi dan biokimia tanaman [10].

Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini menggunakan teknik mutasi induksi iradiasi gamma sumber Co-60 terhadap *S.platensis* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kadar asam lemak terutama kandungan PUFA.

TATA KERJA

Bahan dan Alat

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah kultur murni cair mikroalga *Spirulina platensis* yang diambil dari Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan, Bogor. Medium yang digunakan adalah medium cair Aiba dan Ogawa dengan komposisi sebagai berikut NaHCO₃, KNO₃, Na₂SO₄, NaCl, EDTA, MgSO₄, FeSO₄, CaCl₂, H₃BO₃, K₂HPO₄, H₃BO₃, MnSO₄, MnSO₄, Na₂MoO₄, CuSO₄, CoCl₂.6H₂O.

Persiapan Penumbuhan

Penumbuhan mikroalga dilakukan dengan konsentrasi awal 30 % yaitu mengambil sampel *S.platensis* sebanyak 30 ml ditambahkan medium sebanyak 70 ml. Kemudian medium dan sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml. Penumbuhan tersebut untuk volume total sebanyak 100 ml. Kultur *S.platensis* diberi aerasi dengan aerator.



Gambar 1. Penumbuhan *S.platensis* kontrol dan mutan.

Kultur diletakkan di rak kultur yang sudah dipasang lampu 4 set TL dengan masing-masing memiliki 18 watt (total 72 watt). Pelaksanaan subkultur dilakukan setelah hari ke-6 dengan konsentrasi subkultur sebanyak 20 %. Konsentrasi subkultur 20 % dilakukan untuk setiap subkultur seterusnya. Pengukuran kurva tumbuh dilakukan setiap 5 hari sekali selama 40 hari sehingga didapatkan 8 titik pertumbuhan dari hari ke-5, hari ke-10, hari ke-15, hari ke-20, hari ke-25, hari ke-30, hari ke-35, dan hari ke-40. Pertumbuhan mikroalga dilakukan dengan menggunakan absorbansi warna dengan metode spektrofotometri dengan spektrofotometer UV-Vis panjang gelombang 480 nm.

Pelaksanaan Sub Kultur/Perbanyakan

Sub kultur dilakukan untuk memperbanyak mikroalga. Sub kultur dilakukan setelah mikroalga berumur 7 hari pada saat pertumbuhan mencapai fase logaritmik (Kabinawa *et.al.*,2001). Konsentrasi sub kultur sebesar 20 % dari volume total. Sub kultur dilakukan dari volume 100 ml sampai 100 liter. Sub kultur dilakukan dari volume kecil sampai volume besar.

Iradiasi Gamma Sumber Co⁶⁰

Iradiasi dilakukan dengan mengambil 10 ml kultur *S. platensis* yang sudah ditumbuhkan selama 6 hari (fase logaritmik). Mikroalga *S.platensis* diambil sebanyak masing-masing 10 ml diletakkan di 2 tabung berukuran 10 ml. Sampel dimasukkan ke dalam sumber Co⁶⁰ untuk dilakukan iradiasi dengan 2 variasi dosis yaitu 50 Gy dan 100 Gy, dengan laju dosis iradiasi 1.149 kGy /jam. Setelah dilakukan iradiasi maka dilakukan pengambilan penampakan fenotipik/morfologi dengan mikroskop yang terhubung dengan kamera untuk memastikan adanya perubahan atau tidak setelah proses iradiasi. Hasil mutasi ditumbuhkan di rak kultur dengan ditambah medium 40 ml. Filtrasi dilakukan untuk mendapatkan biomassa *S.platensis* dengan menyaring mikroalga dengan menggunakan kertas saring. Filtrasi dilakukan setelah penumbuhan selama 15 hari dari hari pertama sub kultur. Hasil filtrasi dikeringkan dengan dijemur di bawah cahaya matahari sampai mendapatkan berat yang konstan. Biomassa mikroalga yang kering disimpan dengan plastik pada suhu ruangan dan digunakan untuk analisis penentuan kadar lemak total, protein dengan metode total nitrogen, gula reduksi (Luff Schoorl), dan analisis asam lemak jenuh serta tak jenuh dengan GC/MS.

Analisis Statistik

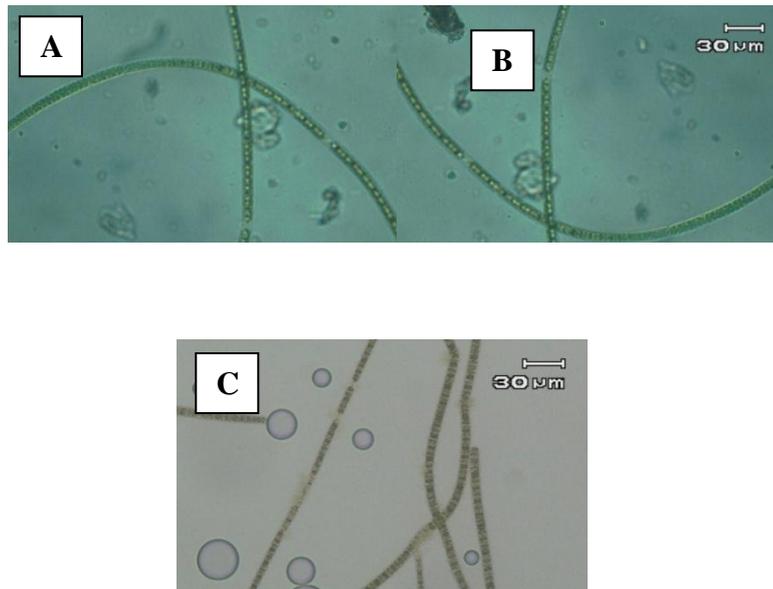
Data hasil pengamatan dianalisis secara terpisah melalui analisis sidik ragam (Uji F) yang dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Fenotipik/Morfologi

Pengamatan fenotipik/morfologi dilakukan setelah perlakuan iradiasi terhadap *S.platensis* dengan dosis 50 Gy dan 100 Gy. Dari hasil pengamatan morfologi menunjukkan iradiasi gamma mempengaruhi morfologi *S.platensis* yang ditunjukkan dengan adanya diskolorasi setelah perlakuan iradiasi. Diskolorasi adalah hilangnya warna hijau pada tanaman yang disebabkan oleh induksi radiasi gamma. Dari hasil iradiasi pengamatan morfologi menunjukkan adanya diskolorasi pada masing-masing perlakuan. Diskolorasi pada perlakuan iradiasi gamma lebih sedikit daripada jumlah titik diskolorasi pada perlakuan iradiasi dosis 100 Gy.

Perlakuan iradiasi dosis rendah memberikan pengaruh terhadap perubahan morfologi yaitu adanya diskolorasi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian oleh Hindriana [11], iradiasi gamma pada kedelai mempengaruhi morfologi dari tanaman kedelai tersebut serta berpengaruh terhadap peningkatan kandungan klorofil dan jumlah kloroplas pada daun kedelai. Perubahan morfologi tersebut menyebabkan timbulnya keragaman yang tidak terdapat saat itu akibat mutasi.

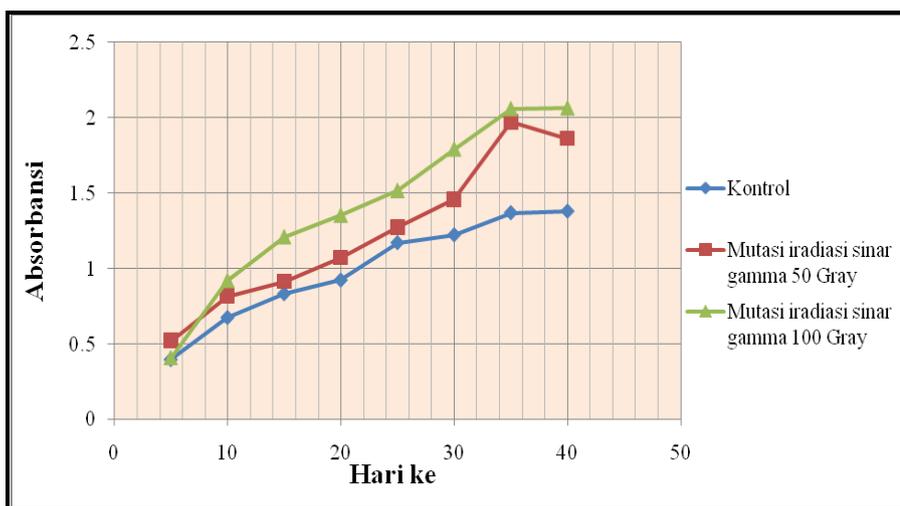


Gambar 2. Hasil pengamatan fenotipik/morfologi *S.platensis* hasil iradiasi gamma (A: *S.platensis* kontrol (tanpa iradiasi gamma); B: *S.platensis* hasil iradiasi gamma dosis 50 Gy; C : *S.platensis* hasil iradiasi gamma dosis 100 Gy

Pertumbuhan

Dari hasil pengamatan terhadap pertumbuhan *S.platensis* diketahui bahwa iradiasi gamma dapat menginduksi pertumbuhan (Gambar 3). Berdasarkan analisis sidik ragam perlakuan iradiasi gamma dosis 50 Gy dan 100 Gy tidak memberikan perbedaan pengaruh terhadap pertumbuhan *S.platensis*. *S.platensis* hasil perlakuan (iradiasi baik dosis 50 Gy maupun 100 Gy) mampu hidup atau tidak mengalami kematian sel. Dosis iradiasi 50 Gy dan 100 Gy merupakan dosis rendah sesuai yang disampaikan oleh Soedjono [11], bahwa iradiasi gamma dosis rendah kurang 1 kGy (< 1kGy). Dengan demikian iradiasi dosis rendah dapat mempertahankan hidup dari *S.platensis*. Penggunaan iradiasi gamma umumnya menggunakan dosis rendah dan penggunaan dosis rendah dapat menstimulus pertumbuhan tanaman secara *in vitro* [13].

Berdasarkan analisis sidik ragam perlakuan iradiasi gamma tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan namun menurut Kabinawa [13], pertumbuhan *S.platensis* akan mencapai jenuh pada absorbansi 1(satu). Berdasarkan data di atas disimpulkan bahwa dosis 100 Gy mempunyai pertumbuhan yang lebih cepat daripada kontrol dan perlakuan dosis 50 Gy, dimana absorbansi warna pada perlakuan dosis 100 Gy di hari ke-20 sudah mencapai 1 sedangkan pada kontrol mencapai absorbansi 1 pada hari ke-25, sedangkan perlakuan dosis 50 Gy mencapai 1 pada hari ke-20. Hal ini sesuai yang dinyatakan oleh Kabinawa [13] bahwa pertumbuhan *S.platensis* yang diukur dengan serapan warna/absorbansi mencapai fase eksponensial pada absorbansi 1.



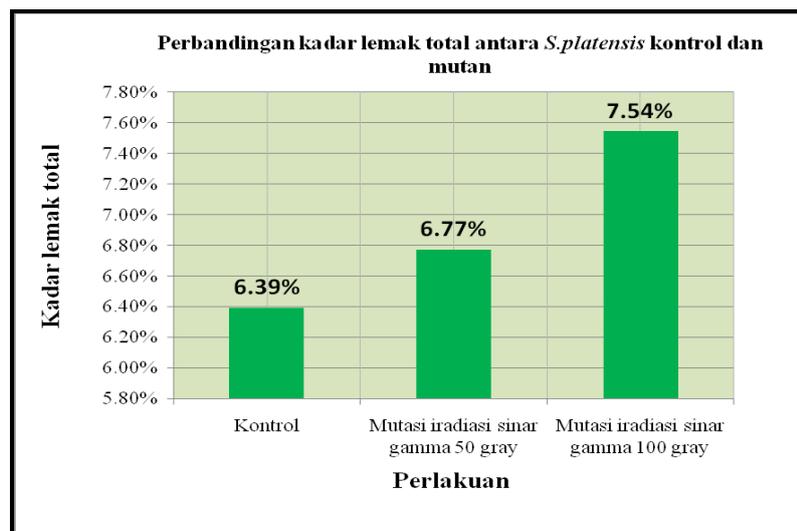
Gambar 3. Kurva pertumbuhan *S.platensis*.

S.platensis hasil perlakuan iradiasi gamma mempunyai pertumbuhan yang lebih cepat daripada kontrol. Pertumbuhan pada mikroalga termasuk *S.platensis* oleh beberapa faktor diantaranya intensitas cahaya. Intensitas cahaya berpengaruh pada proses fotosintesis pada

mikroalga. Pada penelitian ini digunakan cahaya dari lampu TL sehingga intensitas cahaya yang dikeluarkan rendah yang berdampak pada pertumbuhan *S.platensis*. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Chen and Jiang [14] bahwa biomassa mengalami kenaikan yang signifikan pada *Thraustochytrium aureum* yang ditumbuhkan pada intensitas cahaya tinggi dibandingkan yang ditumbuhkan pada intensitas rendah.

Kadar Lemak

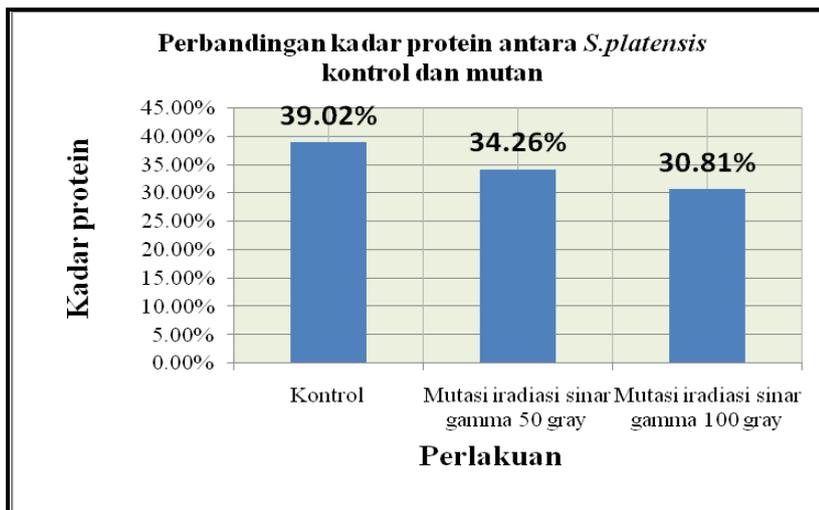
Perlakuan iradiasi gamma tidak memberikan beda yang signifikan terhadap kenaikan kadar lemak total *S.platensis* (Gambar 4). Kadar lemak tertinggi terdapat pada *S.platensis* perlakuan iradiasi gamma dosis 100 Gy sebesar 7,54 %, diikuti dengan dosis 50 Gy sebesar 6,77 %, sedangkan control sebesar 6,39 %. Umumnya kadar lemak *S.platensis* antara 6%-11%. Perbedaan kadar lemak pada mikroalga termasuk *S.platensis* dipengaruhi oleh penyinaran, kadar nitrogen dalam medium tumbuh, Semakin tinggi penyinaran dan kadar nitrogen maka akan meningkatkan pertumbuhan dan kadar lemak [14]



Gambar 4. Grafik kadar lemak total *S.platensis* kontrol dan mutan.

Kadar Protein

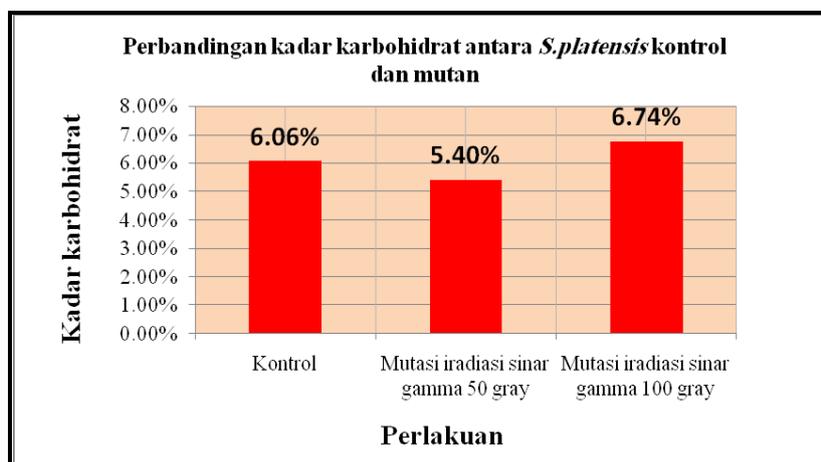
Kadar protein mengalami penurunan setelah perlakuan iradiasi gamma (dosis 50 Gy dan 100 Gy) (Gambar 5). *S.platensis* perlakuan iradiasi gamma dosis 50 Gy mempunyai kadar protein sebesar 34,26%, sedangkan terendah terdapat pada *S.platensis* perlakuan iradiasi gamma 100 Gy. Hal ini menunjukkan bahwa iradiasi tidak menginduksi terjadinya mutasi yang mengarah pada peningkatan kadar protein.



Gambar 5. Grafik kadar protein *S.platensis* kontrol dan mutan.

Kadar Karbohidrat

Perlakuan iradiasi gamma tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan karbohidrat *S.platensis* (Gambar 6). Hal ini dapat dilihat bahwa kadar karbohidrat antara kontrol, iradiasi gamma dosis 50 Gy dan 100 Gy memiliki kadar karbohidrat masing-masing secara berurutan sebesar 6,06 %; 5,4 % dan 6,74 %. Kadar karbohidrat terendah terdapat pada *S.platensis* perlakuan iradiasi gamma dosis 50 Gy.

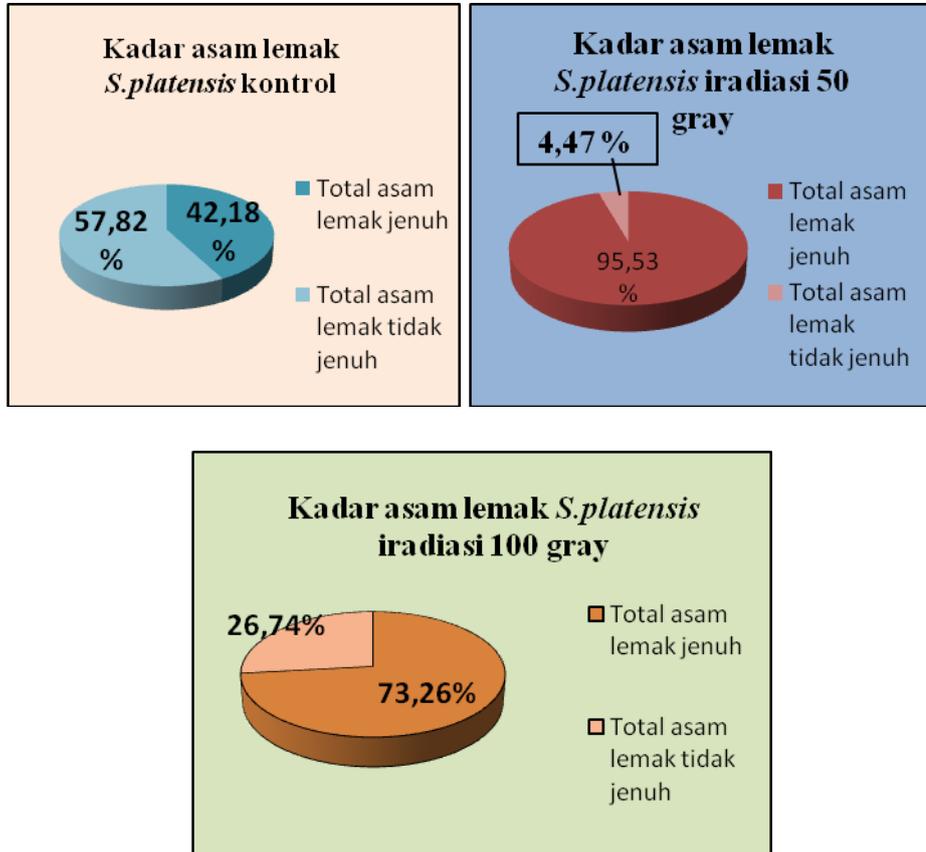


Gambar 6. Grafik perbandingan kadar karbohidrat *S.platensis* kontrol dan mutan.

Kadar asam lemak

Perlakuan iradiasi gamma memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar asam jenuh maupun kadar asam lemak tak jenuh/PUFA dari kadar lemak total *S.platensis* (Gambar 7) Kadar asam lemak jenuh pada *S.platensis* hasil perlakuan iradiasi gamma mengalami kenaikan

yang signifikan. *S.platensis* hasil iradiasi gamma dosis 50 Gy memiliki kadar asam lemak jenuh paling tinggi yaitu sebesar 95,53 % dari kadar lemak total sebesar 6,77 %, sedangkan hasil iradiasi gamma dosis 100 Gy memiliki kadar asam lemak jenuh sebesar 73,26% dari kadar lemak total sebesar 7,54%.



Gambar 7. Diagram kadar asam lemak *S.platensis* kontrol dan mutan.

Kadar asam lemak tak jenuh/PUFA pada *S.platensis* hasil perlakuan iradiasi gamma penurunan yang signifikan. Hal ini dapat terlihat kandungan asam lemak tak jenuh dari kadar lemak total pada masing-masing perlakuan secara berurutan dari mulai kontrol, iradiasi gamma 50 Gy, iradiasi gamma 100 Gy, yaitu :57,82% ; 4,47%; 26,74%. Kadar PUFA terendah terdapat pada *S.platensis* hasil perlakuan iradiasi gamma dosis 50 Gy sebesar 4,47%. Kandungan PUFA yang tinggi dalam *S.spirulina* dapat meningkatkan nilai gizi dalam makanan. Menurut Chen dan Jiang menyebutkan bahwa kadar PUFA pada mikroalga *S.platensis* sebesar 21 % dari lemak total. Hal ini ada perbedaan hasil kadar PUFA penelitian ini. Hal ini disebabkan oleh penyinaran yang mempengaruhi pada fotooksidasi [7]. Selain itu kadar PUFA pada mikroalga juga dipengaruhi oleh komposisi medium, waktu kultur, pH, suhu, intensitas cahaya, dan aerasi [14].

Pada penelitian ini analisis asam lemak dilakukan pada biomassa *S.platensis* yang dikultur selama hari ke-15 atau pada saat pertumbuhan pada fase eksponensial (Gambar 2), waktu kultur

berpengaruh terhadap kandungan asam lemak tak jenuh dalam mikroalga. Kadar PUFA pada mikroorganisme mengalami kenaikan sesuai dengan waktu pertumbuhan, kadar PUFA akan naik pada saat awal fase stasioner pertumbuhan dan mengalami penurunan pada saat akhir fase stasioner pertumbuhan atau menjelang fase mati. Penurunan kadar PUFA umumnya menurun pada saat mendekati fase mati [14].

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada setiap perlakuan iradiasi berpengaruh terhadap morfologi, pertumbuhan, kadar lemak, kadar karbohidrat dan asam lemak serta asam lemak tak jenuh. Dari hasil analisis tampak iradiasi gamma dapat menginduksi pertumbuhan dan meningkatkan kadar lemak perlakuan dosis 5 Gy dan 10 Gy sebesar 5,95% dan 16% dibandingkan kontrol. Akan tetapi, iradiasi gamma tidak dapat meningkatkan kadar protein dan asam lemak tak jenuh (PUFA). Hasil penelitian ini masih membutuhkan penelitian lebih lanjut terutama mengenai stabilitas gen hasil mutasi dengan iradiasi gamma dan optimasi budidaya *S.platensis* untuk menghasilkan kadar asam lemak tak jenuh yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. CHOPRA, K., AND BISHNOI, M. 2008. *Antioxidant Profile of Spirulina: A Blue-Green Microalga*. Dalam M.E. Gershwin and Amha Belay (Ed). *Spirulina in Human Nutrition and Health*. Taylor and Francis Group. London. Hal 101-118.
2. KHIZANISHVILI, A. BELOKOBILSKY, L. MOSULISHVILI, E. GINTURI, N. KUCHAVA, A. RCHEULISHVILI. *Adsorption and accumulation of Cd(II) ions by Spirulina platensis Cells*. E. Andronikashvili Institute of Physics Academy of Sciences Georgia, Tbilisi. Georgia.
3. KABINAWA, I.N.K, DAN N.W.S.AGUSTINI. 2001. *Produksi Biomasa Mikroalga Sebagai Bahan Pakan*. Laporan Teknik Proyek Penelitian Bioteknologi.
4. COHEN, Z. 2002. *The Chemicals of Spirulina*. Dalam Avigad Vonshak (Ed). *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, Cell-Biology and Biotechnology*. Taylor and Francis. London. Hal 175-158.
5. VACHHANI, A.K., AND VONSHAK, A. 2002. *Genetics of Spirulina*. Dalam. Avigad Vonshak (Ed). *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, Cell-Biology and Biotechnology*.. Taylor and Francis. London. Hal 67-79.
6. BORCHERS, A.T., KEEN, C.L. AND GERSHWIN, M.E. 2008. *Spirulina Interactions* Dalam M.E. Gershwin and Amha Belay (Ed). *Spirulina in Human Nutrition and Health*. Taylor and Francis Group. London. Hal 293-304
7. LALIBERTÉ, G., OLGUIN, AND NOÛE. 2002. *Mass Cultivation and Wastewater Treatment Using Spirulina*. Dalam Avigad Vonshak (Ed). *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, Cell-Biology and Biotechnology*. Taylor and Francis. London. Hal 132-158.

8. DIRAMAN,H., KORU, E., AND DIBEKLIOGLU, H. 2009. *Fatty Acid Profile of Spirulina platensis Used as a Food Supplement*. The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh 2009;61(2):134-142.
9. COSTA, J.A.V., COLLA, L.M., AND FILHO, F.L. 2003. *Spirulina platensis Growth in Open Raceway Ponds Using Fresh Water Supplemented with Carbon, Nitrogen and Metal Ions*. Z. Naturforsch 2003;58c: 76-80.
10. BORCHERS, A.T., BELAY, A., C. L. KEEN, M. E. GERSHWIN. 2008. *Spirulina and Immunity*. Dalam. M.E. Gershwin and Amha Belay (Ed). *Spirulina in Human Nutrition and Health*. Taylor and Francis Group. London. Hal 177-194.
11. NOVIATI, A.S., S. HUTAMI,I, MARISKA DAN E. SJAMSUDIN, *Uji Pendahuluan Genotipt-genotipe Kedelai Hasil Seleksi Invitro terhadap Cekaman Aluminium dan pH rendah*. Jurnal Agro Biogen Vol 1. No. 2 Oktober 2005
12. SOERTINI, S. 2003, *Aplikasi Mutasi Induksi dan Variasi Somaklonal dalam Pemuliaan Tanaman*. Jurnal Litbang Pertanian 2003;22(2).
13. HERISON, C., SUJONO, R., AISYAH, S.I. 2008, *Induksi Mutasi Melalui Iradiasi Sinar Gamma terhadap Benih untuk Meningkatkan Populasi Dasar Jagung (Zea Mays L)*.Jurnal Akta Agrosia 2008 Vol.11 No. 1 Hal. 57-62.
14. CHEN, F. YUE JIANG. 2001, *Polyunsaturated Fatty Acids: Biological, Biosynthesis, and Production by Microalgae and Microalgae-Like Organism*. Dalam *Algae and Their Biotechnological Potential*. Kluwer Academic Publishers. Belanda

DISKUSI

ELSJE L. SISWORO

Apakah algae yang sudah diiradiasi akan diteruskan ke M_2, M_3 , M_4 dan seterusnya seperti tanaman pangan dan lain-lain untuk dapat algae baru? Ataukah untuk keperluan suplemen setiap diperlukan algae segar diiradiasi, jadi setiap perlu algae segar diiradiasi.

IRA DJAJANEGARA

Akan saya perlakukan seperti tanaman karena *S.platensis* adalah tanaman bersel satu. Saya akan ulangi radiasi dan melihat kestabilannya sampai keturunan ke 4.

TAUFIR BACHTIAR

1. Apa dasar penggunaan dosis 50 GY dan 100 GY?
2. Apakah jika ditambah dosis iradiasi lebih dari 100 GY dapat meningkatkan kadar lemak?

IRA DJAJANEGARA

1. Belum pernah dilakukan sebelumnya. Saya pakai dosis untuk radiasi pada miselia jamur yaitu 50 GY. Sebelumnya saya coba 200 GY & 400 GY tidak ada yang hidup.
2. Tidak tahu. Mungkin tetap, naik atau malah turun karena masih bersifat acak saya akan coba 100 Gy – 200 GY

