

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Adanya potensi mikroalga sebagai sumber energi alternatif terbarukan, mendorong banyak kalangan untuk mengetahui karakteristik dan kandungan dari mikroalga. Salah satu usaha untuk mengetahui kandungan mikroalga telah dilakukan oleh **Chen et al (2011)** tentang uji *ultimate*, uji *proximate* dan uji nilai kalor dari mikroalga *chlorella vulgaris*, dimana mikroalganya berasal dari Jiangmen Yue Jian Biotechnologies Co. Ltd. (Provinsi Guangdong, China). Uji *ultimate* dan uji *proximate* berdasarkan pada kriteria ASTM D5373 dan kriteria GB212-91/GB212-84 secara berurutan. Untuk menganalisa uji nilai kalor, berdasarkan pada kriteria ASTM D240-92, ASTM D4809-95, ISO 1928 and BSI 1016. Sampel mikroalga *chlorella vulgaris* dikeringkan dengan oven selama 24 jam dengan temperatur 150° C, untuk mendapatkan butiran yang bersih dari partikel yang seragam dengan ukuran kurang dari 200 µm. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa hasil dari uji *ultimate*, uji *proximate* dan uji nilai kalor dari mikroalga *chlorella vulgaris* ada pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Hasil uji *ultimate*, uji *proximate* dan uji nilai kalor dari mikroalga *chlorella vulgaris*.

C	H	O	N	S	V	A	F _c	Q _{net,d} (MJ kg ⁻¹)
47,84	6,41	25	9,01	1,46	55,37	10,28	34,35	21,88

Sumber : Chunxiang Chen et al(2011)

V, *volatile metter*; A, *ash*; F_c, *fixxed carbon*; Q_{net,d}, *lower heating value on dry basis*.

Phukan (2011) melakukan penelitian tentang potensi mikroalga sebagai sumber produksi biomassa. Mikroalga menjadi sumber produksi biomassa yang sangat potensial karena mikroalga mempunyai minyak yang tinggi dan produksi biomassa yang cepat. Pada penelitian ini mikroalga yang digunakan yaitu *chlorella sp* dengan menganalisa karakteristik kimia dan fisika, menggunakan bom kalorimeter, TGDTA, CHN dan FTIR. Komposisi *proximate* dihitung dengan metodologi standar ASTM. Hasilnya menunjukkan bahwa mikroalga *chlorella sp*

memiliki kadungan abu yang rendah (5.93%), energi yang tinggi (18,59 MJ/kg), karbohidrat (19.46%), dan minyak (28.82%).

Chiu et al (2008) melakukan penelitian tentang pengaruh aerasi CO₂ terhadap produksi biomassa dan akumulasi lipid dari mikroalga *Nannochloropsis Oculata* dalam kultur *semi continous*. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa akumulasi lipid dari fase logaritmik mikroalga *Nannochloropsis Oculata* secara signifikan meningkat dari 30,8% menjadi 50,4%.

2.2 Mikroalga

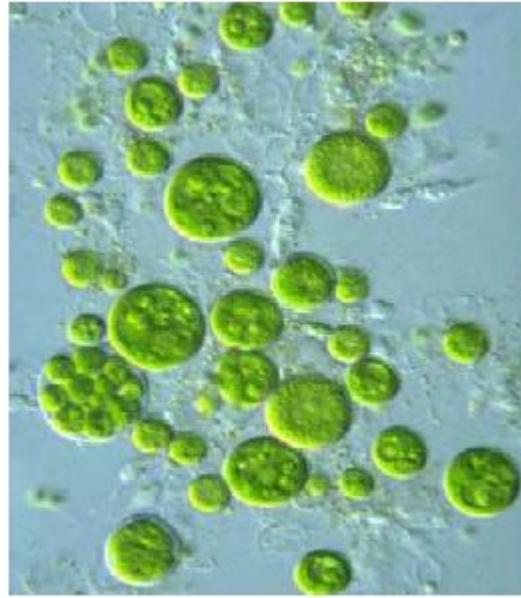
2.2.1 Pengertian Mikroalga

Mikroalga adalah alga berukuran mikro yang biasa dijumpai di air tawar maupun air laut. Mikroalga merupakan spesies uniseluler yang dapat hidup soliter maupun berkoloni. Berdasarkan spesiesnya, ada berbagai macam bentuk dan ukuran mikroalga. Tidak seperti tanaman tingkat tinggi, mikroalga tidak mempunyai akar, batang dan daun (Anonymous, 2010). Mikroalga merupakan mikroorganisme fotosintetik yang memiliki kemampuan untuk menggunakan sinar matahari dan karbondioksida untuk menghasilkan biomassa serta menghasilkan sekitar 50% oksigen yang ada di atmosfer (Widjaja, 2009).

Keanekaragaman mikroalga sangat tinggi. Diperkirakan ada sekitar 200.000 – 800.000 spesies mikroalga ada di bumi, dimana baru sekitar 35.000 spesies saja yang telah diidentifikasi. Sel-sel mikroalga tumbuh dan berkembang pada suspensi air, sehingga mempunyai tingkat efisiensi yang lebih tinggi dalam hal penggunaan air, karbondioksida dan nutrisi lainnya bila dibandingkan dengan tanaman tingkat tinggi (Widjaja, 2009). Pertumbuhan mikroalga sendiri terdiri dari tiga fase utama, yaitu fase lag, eksponensial dan stasioner. Kebanyakan spesies mikroalga menghasilkan produk yang khas seperti karotenoid, antioksidan, asam lemak, enzim, polimer, peptida, toksin dan sterol (Hossain et al, 2008).

Komposisi kimia sel mikroalga tidak dibatasi oleh faktor-faktor yang tetap dan tergantung pada spesies serta kondisi kultivasinya. Terdapat peluang untuk memperoleh mikroalga dengan komposisi kimia tertentu dengan memanipulasi faktor lingkungannya seperti suhu, cahaya, pH, ketersediaan karbondioksida, garam

dan nutrisi lainnya (Basmal 2008; Anonim, 2010). Kultur mikroalga dilihat dari perbesaran mikroskop bisa dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Kultur mikroalga
Sumber : Penny Dyah Kusumaningrum (2009)

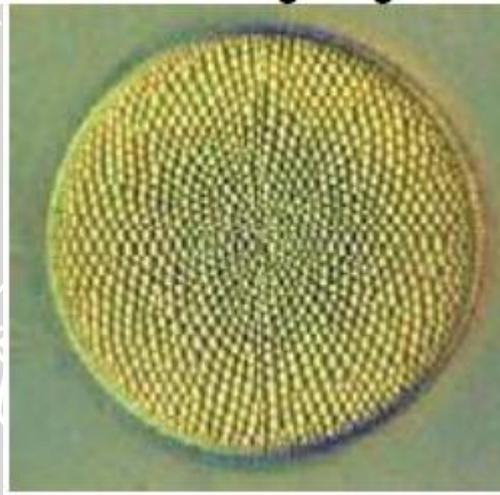
Mikroalga merupakan mikroorganisme dengan kemampuan seperti pabrik biofuel. Hal ini dikarenakan, ada beberapa biofuel yang dapat dihasilkan dari mikroalga, yaitu hidrogen, biodiesel (yang diperoleh melalui proses transesterifikasi), bioetanol (yang diperoleh melalui proses fermentasi) dan biogas (Skill, 2007; Basmal, 2008). Namun demikian, ada beberapa hal penting terkait dengan pemanfaatan mikroalga sebagai bahan baku biofuel, yaitu proses produksi mikroalga, proses pemanenan mikroalga dan proses konversi biomassa menjadi biofuel (Skill, 2007).

Penggunaan mikroalga sebagai bahan baku biofuel mempunyai beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan tanaman pangan, diantaranya yaitu pertumbuhan yang cepat, produktivitas tinggi, dapat menggunakan air tawar maupun air laut, tidak berkompetisi dengan bahan pangan, konsumsi air dalam jumlah sedikit serta menggunakan biaya produksi yang relatif rendah (Guerrero, 2010).

2.2.2 Jenis - Jenis Mikroalga

Secara umum, mikroalga dapat dibagi kedalam empat kelompok utama:

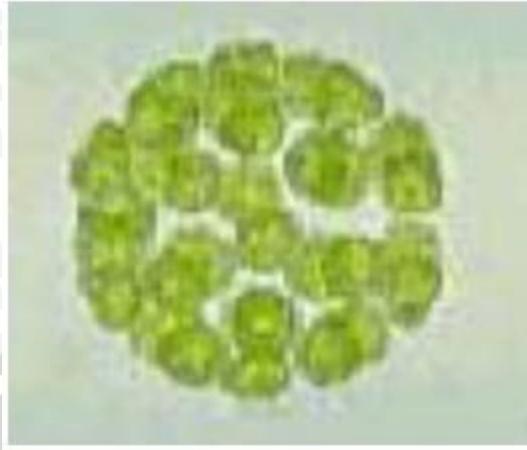
- a. Diatom (*Bacillariophyceae*). Mikroalga dalam kelompok ini mendominasi mikroalga di laut, namun beberapa jenis diketahui hidup di air tawar. Diketahui 100.000 jenis mikroalga yang termasuk dalam kelompok ini. Diatom mengandung silika terpolimeraris dalam dinding sel. Karbon disimpan dalam bentuk minyak nabati maupun polimer karbohidrat yang disebut *chrysolaminarin*. Alga *diatome* bisa dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Alga *diatome*

Sumber : Penny Dyah Kusumaningrum (2009)

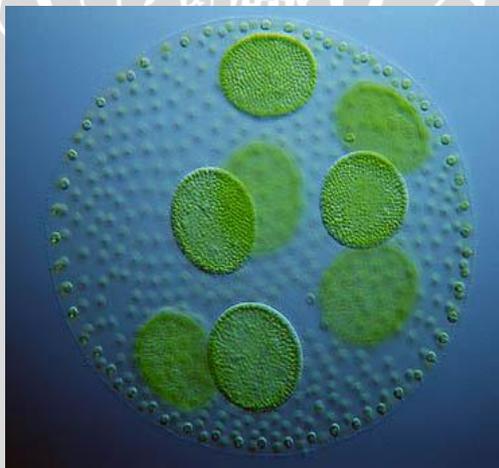
- b. Alga hijau (*Chlorophyceae*). Merupakan mikroalga yang memiliki kelimpahan tinggi terutama di air tawar dan hidup dalam bentuk soliter maupun koloni. Karbon disimpan terutama dalam bentuk pati. Alga hijau bisa dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Alga hijau

Sumber : Penny Dyah Kusumaningrum (2009)

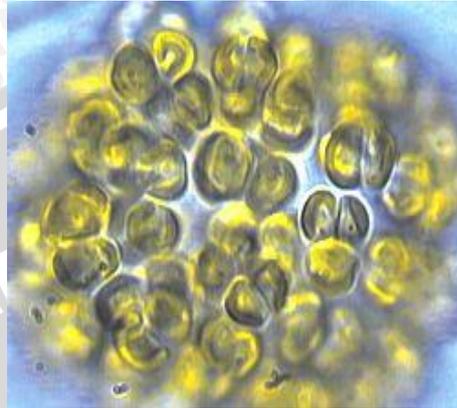
- c. Alga hijau biru (*Cyanophyceae*). Mikroalga kelompok ini memiliki struktur yang lebih menyerupai bakteri dan berperan penting dalam fiksasi nitrogen. Diketahui sekitar 2000 jenis yang termasuk dalam kelompok ini tersebar dalam berbagai habitat. Alga hijau biru bisa dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Alga hijau biru

Sumber : www.petcaregt.com/blog/blue-green-algae.html
(diakses tanggal 5 november 2012)

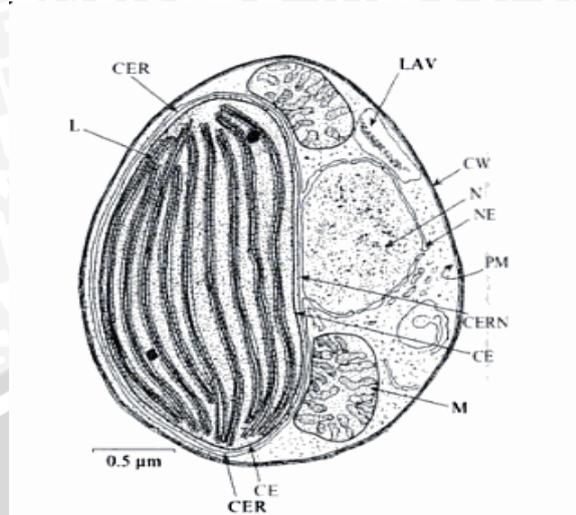
- d. Ganggang pirang (*Chrysophyceae*). Kelompok ini menyerupai diatom, namun memiliki pigmen yang lebih rumit, dan nampak berwarna kuning, jingga atau coklat (NREL 2003). Ganggang pirang bisa dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Ganggang pirang
Sumber : microbewiki.kenyon.edu/index.php/Chrysophyceae
(diakses tanggal 5 november 2012)

2.2.3 Mikroalga *Nannochloropsis Oculata*

Mikroalga *nannochloropsis oculata* merupakan sel berwarna kehijauan, tidakmotil, dan tidak berflagela. Selnya berbentukbola berukuran sedang dengan diameter 2-4 μ m dengan khloroplasberbentuk cangkir. *Nannochloropsis oculata* melimpah di sepanjang pantai dan estuari diatas zona fotik dengan konsentrasi 102-104 sel/cm³ (Hu and Gao, 2003). Fitoplankton inidapat tumbuh baik pada kisaran pH 7-9 tetapitumbuh rendah pada pH 10,08 (Elzenga *et al.*, 2000).Sel mikroalga *Nannochloropsis oculata* bisa dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Sel mikroalga *nannochloropsis oculata*
 Sumber : www.cmcmadeira.org(diakses tanggal 5 november 2012)

Keunggulan dari mikroalga yang berjenis *nannochloropsis oculata* adalah, mikroalga jenis ini mudah dibudidayakan daripada mikroalga jenis yang lainnya, selain itu dari segi ekonomi mikroalga *nannochloropsis oculata* juga lebih murah dan juga mudah diperoleh.

Pertumbuhan sel *nannochloropsis oculata* sangat dipengaruhi oleh tiga komponen penting untuk tumbuh yaitu cahaya, karbondioksida dan nutrisi. *Nannochloropsis oculata* adalah salah satu tanaman yang paling efisien dalam menangkap dan memanfaatkan energi cahaya dan CO₂ untuk keperluan fotosintesis (Diharmi, 2001).

Fase hidup mikroalga *nannochloropsis oculata* ada 5 fase yaitu (Hermanto bagus, 2011):

1. Fase istirahat. Fase ini berhubungan dengan beberapa faktor antara lain penurunan aktivitas enzim, penurunan tingkat metabolisme, peningkatan ukuran sel tetapi berkembang biak. Terjadi setelah penambahan inokulum ke dalam media kultur, yaitu hari ke 0 sampai hari ke 1 saat penebaran bibit *nannochloropsis oculata* dilakukan.
2. Fase logaritma atau eksponensial. Fase ini pada hari ke-1 hingga ke-11 ditandai dengan pembelahan sel dengan laju pertumbuhan sel secara cepat. Laju pertumbuhan biasanya relatif konstan dan nilainya tergantung ukuran sel, iluminasi cahaya dan suhu. Cepat lambatnya pertumbuhan

eksponensial pada kultur volume terbatas akhirnya akan berhenti. Faktor-faktor yang menyebabkan hal ini terjadi adalah habisnya nutrien, laju penyediaan karbondioksida, perubahan pH media sebagai hasil dari preferensi penyerapan unsur-unsur tertentu, dan penurunan iluminasi cahaya.

3. Fase berkurangnya pertumbuhan relatif. Pada hari ke-12 hingga ke-13, jumlah sel menurun drastis setelah mencapai puncak. Hal ini dikarenakan berkurangnya salah satu faktor pendukung seperti nutrisi, kecepatan suplai CO₂ dan O₂, berubahnya pH, terbatasnya cahaya yang masuk dalam media serta adanya bahan yang beracun.
4. Fase stasioner. Pada fase ini laju reproduksi sama dengan laju kematian sehingga kepadatannya tetap. Produksi pada fase stasioner juga tergantung pada kondisi alami dari faktor-faktor yang membatasi pertumbuhan. Peristiwa ini terjadi pada hari ke-14 dan ke-15.
5. Fase kematian. Fase kematian merupakan penurunan jumlah organisme kultur setelah melewati fase stasioner. Pada fase ini ditandai dengan laju kematian yang lebih tinggi daripada laju reproduksi. Kematian terjadi di hari ke-20 kultur. Pada fase ini ditandai dengan laju kematian yang lebih tinggi daripada laju reproduksi.

Untuk pemanenan mikroalga *nannochloropsis oculata* biasanya dilakukan pada hari ke-7 sampai hari ke-11.

2.2.4 Keunggulan Mikroalga

Keunggulan-keunggulan penggunaan mikroalga sebagai sumber energi yang terbarukan adalah (Suri, 2006 dan Dowd, 2008) :

1. Kelimpahan mikroalga di dunia sangat besar baik dari keanekaragaman maupun jumlahnya per satuan luas yang sama.
2. Berdasarkan posisi geografis, Indonesia memiliki lautan tropis yang sangat luas dengan kelimpahan cahaya matahari sehingga memiliki kandungan mikroalga yang sangat banyak.
3. Produktivitas mikroalga 2-5 kali lebih cepat dibandingkan tumbuhan pertanian penghasil biofuel lainnya pada luas lahan yang sama.

4. Dapat dibudidayakan pada air tawar maupun asin baik dengan kualitas rendah seperti limbah maupun fasilitas pengolahan air bersih.
5. Sistem mikroalga mampu mengurangi emisi CO₂ di atmosfer, sehingga sumber energi dari mikroalga ramah lingkungan.
6. Beberapa spesies mikroalga memiliki kandungan minyak sangat tinggi mencapai 70% dari bahan baku.
7. Mikroalga dapat dibudidayakan di bioreaktor dengan tujuan mencapai pertumbuhan maksimal untuk dapat memproduksi minyak dalam jumlah optimal.

2.3 Nutrisi atau Pupuk

2.3.1 Pengertian Pupuk

Pupuk adalah semua bahan yang ditambahkan pada media budidaya dengan maksud untuk memperbaiki sifat fisis, kimia dan biologis. Sebagai tempat tumbuhnya tanaman, media budidaya harus subur, yaitu memiliki sifat fisis, kimia, dan biologi yang baik. Sifat fisis menyangkut kegemburan, porositas, dan daya serap. Sifat kimia menyangkut pH serta ketersediaan unsur-unsur hara. Sedangkan sifat biologis menyangkut kehidupan mikroorganisme dalam media budidaya. Seperti makhluk hidup yang lain, tanaman memerlukan nutrisi baik zat organik maupun zat anorganik. Nutrisi organik diperoleh melalui proses fotosintesis, sedangkan nutrisi anorganik semuanya diperoleh melalui akar dari dalam tanah dalam bentuk zat-zat terlarut berupa kation dan anion yang mampu masuk ke dalam pembuluh xilem akar. Berikut ini jenis-jenis nutrisi yang digunakan pada pembudidayaan mikroalga dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis nutrisi yang digunakan pada pembudidayaan mikroalga.

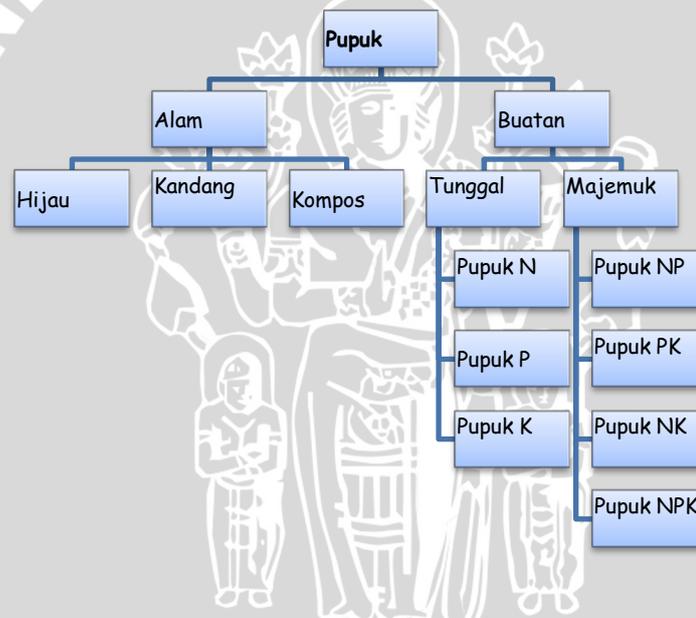
No.	Jenis nutrisi	Besar pemberian tiap 10 liter air
1	KNO ₃	1000 gr
2	NaH ₂ PO ₄	100 gr
3	Na ₂ EDTA	100 gr
4	FeCl ₃	13 gr

Sumber : Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Situbondo, Jawa Timur

Semua komposisi tersebut direbus dengan air tawar sebanyak 10 liter. Tetapi pada saat pembudidayaan mikroalga *nannochloropsis oculata*, nutrisi yang di berikan dengan standar takaran 1 ml/liter media.

2.3.2 Jenis dan Fungsi Pupuk

Fungsi pupuk adalah sebagai salah satu sumber zat hara buatan yang diperlukan untuk mengatasi kekurangan nutrisi terutama unsur-unsur nitrogen, fosfor dan kalium. Sedangkan unsur sulfur, kalsium, magnesium, besi, tembaga, seng dan boron merupakan unsur-unsur yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit (*mikronutrien*). Diagram jenis pupuk berdasarkan asal atau kejadiannya bisa dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.7 Diagram jenis pupuk

Sumber : <http://ekaboymaster.blogspot.com/2012/02/jenis-pupuk-dan-fungsi-pupuk-organik.html> (diakses tanggal 3 november 2012)

a. Pupuk Alam

Pupuk alam adalah semua sisa bahan tanaman, pupuk hijau, dan kotoran hewan yang mempunyai kandungan unsur hara rendah. Pupuk organik tersedia setelah zat tersebut mengalami proses pembusukan oleh mikro organisme. Selain pupuk anorganik, pupuk organik juga harus diberikan pada tanaman. Macam-macam pupuk alam adalah sebagai berikut:

1. Pupuk Kompos

Pupuk kompos adalah pupuk yang dibuat dengan cara membusukkan sisa-sisa tanaman. Pupuk jenis ini berfungsi sebagai pemberi unsur-unsur hara yang berguna untuk perbaikan struktur tanah.

2. Pupuk Hijau

Pupuk hijau adalah bagian tumbuhan hijau yang mati dan tertimbun dalam tanah. Pupuk organik jenis ini mempunyai perimbangan C dan N rendah, sehingga dapat terurai dan cepat tersedia bagi tanaman. Pupuk hijau sebagai sumber nitrogen cukup baik di daerah tropis, yaitu sebagai pupuk organik sebagai penambah unsur mikro dan perbaikan struktur media pembudidayaan.

3. Pupuk kandang

Pupuk kandang adalah pupuk yang berasal dari kotoran hewan. Kandungan hara dalam pupuk kandang rata-rata sekitar 55% N, 5% C, 25% P_2O_5 , dan 5% K_2O (tergantung dari jenis hewan dan bahan makanannya). Makin lama pupuk kandang mengalami proses pembusukan, makin rendah perimbangan C dan N-nya.

b. Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik atau pupuk buatan (dari senyawa anorganik) adalah pupuk yang sengaja dibuat oleh manusia dalam pabrik dan mengandung unsur hara tertentu dalam kadar tinggi. Pupuk anorganik digunakan untuk mengatasi kekurangan mineral murni dari alam yang diperlukan tumbuhan untuk hidup secara wajar. Pupuk anorganik dapat menghasilkan bulir hijau dan yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis.

Berdasarkan kandungan unsur-unsurnya, pupuk anorganik digolongkan sebagai berikut :

1. Pupuk Tunggal

Pupuk tunggal yaitu pupuk yang mengandung hanya satu jenis unsur hara sebagai penambah kesuburan. Contoh pupuk tunggal yaitu pupuk N, P, dan K.

a. Pupuk Nitrogen

Fungsi nitrogen (N) bagi tumbuhan adalah:

- Mempercepat pertumbuhan tanaman, menambah tinggi tanaman, dan merangsang penguatan.
- Memperbaiki kualitas, terutama kandungan proteinnya.
- Menyediakan bahan makanan bagi mikroba (jasad renik)

Nitrogen diserap dalam tanah berbentuk ion nitrat atau ammonium. Kemudian, didalam tumbuhan bereaksi dengan karbon membentuk asam amino, selanjutnya berubah menjadi protein. Nitrogen termasuk unsur yang paling banyak dibutuhkan oleh tanaman karena 16-18% protein terdiri dari nitrogen. Pupuk yang paling banyak mengandung unsur nitrogen adalah pupuk urea.

Macam-macam pupuk nitrogen sebagai berikut:

- Pupuk urea($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) yang mengandung 47% nitrogen (paling tinggi dibandingkan dengan pupuk nitrogen jenis lain). Urea sangat mudah larut dalam air dan juga mudah diubah menjadi ion nitrat (NO_3^-) yang mudah diserap oleh tumbuh-tumbuhan. Cara pembuatan urea :



- Pupuk ZA (*Zwavel Ammonium*) atau ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) yang mengandung 21% nitrogen.
- Pupuk ammonium klorida (*salmiak*) atau NH_4Cl , mengandung 20% nitrogen.
- Pupuk ASN (*Ammonium Sulfat Nitrat*) atau $[(\text{NH}_4)_3(\text{SO}_4)(\text{NO}_3)]$, mengandung 23-26% nitrogen.
- Pupuk natrium nitrat atau sodium nitrat (NaNO_3), mengandung 15% nitrogen.

b. Pupuk Fosforus

Fosforus (P) bagi tanaman berperan dalam proses:

- Respirasi dan fotosintesis
- Penyusunan asam nukleat
- Pembentukan bibit tanaman dan penghasil buah.

- Perangsang perkembangan akar, sehingga tanaman akan lebih tahan terhadap kekeringan
- Mempercepat masa panen sehingga dapat mengurangi resiko keterlambatan waktu panen.

Unsur fosfor diperlukan dalam jumlah lebih sedikit daripada unsur nitrogen. Fosfor diserap oleh tanaman dalam bentuk apatit kalsium fosfat, FePO_4 dan AlPO_4 .

Macam-macam pupuk fosfor sebagai berikut :

- Pupuk superfosfat ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) yang sangat mudah larut dalam air sehingga mudah diserap oleh akar tanaman. Contoh: *Engkel superfosfat* (ES) yang mengandung sekitar 15% P_2O_5 , *Double superfosfat* (DS) yang mengandung sekitar 30% P_2O_5 , dan *Tripel Superfosfat* (TSP) yang mengandung sekitar 45% P_2O_5 .
- Pupuk FMP (*Fused Magnesium Phosphate*) atau $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ yang baik digunakan pada tanah yang banyak mengandung besi dan aluminium.
- Pupuk aluminium fosfat (AlPO_4)
- Pupuk besi (III) fosfat (FePO_4)

c. Pupuk Kalium

Fungsi kalium bagi tanaman adalah

- Mempengaruhi susunan dan mengedarkan karbohidrat di dalam tanaman.
- Mempercepat metabolisme unsur nitrogen.
- Mencegah bunga dan buah agar tidak mudah gugur.

Macam-macam pupuk kalium sebagai berikut:

- Pupuk kalium klorida atau potassium klorida (KCl). Ada 2 macam pupuk KCl yang beredar di pasaran, yaitu KCl 80 (mengandung 50% K_2O) dan KCl 90 (mengandung 53% K_2O).
- Pupuk ZK (*Zwavel Kalium*) atau kalium sulfat (K_2SO_4) yang baik digunakan pada tanaman yang tidak tahan terhadap

konsentrasi ion klorida tinggi. Ada 2 macam pupuk ZK yang beredar di pasaran, yaitu ZK 90 (mengandung 50% K_2O) dan ZK 96 (mengandung 53% K_2O).

2. Pupuk Majemuk

Pupuk majemuk yaitu pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur hara yang digunakan untuk menambah kesuburan tanah. Contoh pupuk majemuk yaitu NP, NK, dan NPK. Pupuk majemuk yang paling banyak digunakan adalah pupuk NPK yang mengandung senyawa ammonium nitrat (NH_4NO_3), ammonium dihidrogen fosfat ($NH_4H_2PO_4$) dan kalium klorida (KCL).

Kadar unsur hara N, P dan K dalam pupuk majemuk dinyatakan dengan komposisi angka tertentu. Misalnya pupuk NPK 10-20-15 berarti bahwa dalam pupuk itu terdapat 10% nitrogen, 20% fosfor (sebagai P_2O_5) dan 15% kalium (sebagai K_2O).

Penggunaan pupuk majemuk harus disesuaikan dengan kebutuhan dari jenis tanaman yang akan dipupuk karena setiap jenis tanaman memerlukan perbandingan N, P dan K tertentu. Di Indonesia beredar beberapa jenis pupuk majemuk dengan komposisi N, P dan K yang beragam.

Pada mikroalga penambahan kadar nutrisi atau pupuk dapat mempercepat pertumbuhan dan pembelahan sel. Selain mikroalga, penambahan kadar nutrisi atau pupuk pada tanaman juga dapat memperbesar ukuran batang dan daun, memperbanyak jumlah akar dan daun, mempercepat pertumbuhan dan juga memperbanyak kandungan minyak (Rosita, 2008). Mikroalga merupakan organisme uniseluler (bersel satu) dan tanaman merupakan organisme multiseluler, yang tersusun dari banyak sel.

2.4 Mikroalga sebagai Sumber Energi Alternatif Bahan Bakar Terbarukan.

2.4.1 Pengertian Sumber Energi Alternatif Bahan Bakar Terbarukan.

Sumber energi alternatif bahan bakar terbarukan adalah sumber bahan bakar yang berasal dari biomassa terbarukan dan dapat digunakan untuk menggantikan atau mengurangi jumlah penggunaan bahan bakar fosil yang banyak digunakan dalam keperluan industri, transportasi, dan rumah tangga.

2.4.2 Potensi Mikroalga sebagai Sumber Energi Alternatif Bahan Bakar Terbarukan.

Secara teoritis, produksi minyak dari mikroalga dapat menjadi solusi yang realistis untuk menggantikan bahan bakar, khususnya bahan bakar minyak. Tumbuhan seperti kelapa sawit dan kacang-kacangan membutuhkan lahan yang sangat luas untuk dapat menghasilkan minyak supaya dapat menggantikan kebutuhan bahan bakar suatu negara. Hal ini tidak realistis dan akan mengalami kendala apabila diimplementasikan pada negara dengan luas wilayah yang kecil. Berikut ini rata-rata minyak yang dihasilkan oleh beberapa jenis tumbuhandan mikroalga serta luas lahan yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Rata-rata minyak yang dihasilkan oleh beberapa jenis tumbuhandan mikroalga.

No	Tumbuhan	Produksi Minyak (L/Ha)	Luas Lahan yang dibutuhkan (Ha)
1	Jagung	172	1540
2	Kedelai	446	594
3	Canola	1190	223
4	Jarak	1892	140
5	Kelapa	2689	99
6	Sawit	5950	45
7	Mikroalga	136,900	2

Sumber : Chisti (2007)

Alasan yang lain mikroalga digunakan sebagai alternatif sumber penghasil minyak yang dapat menggantikan bahan bakar, karena:

- Bila dibandingkan dengan material berkayu lain, mikroalga mempunyai kelebihan antara lain.
 - Efisiensi fotosintesis yang tinggi
 - Menghasilkan biomassa yang lebih banyak
 - Pertumbuhan lebih cepat
 - Tidak berkompetisi dengan produksi pangan
 - Dapat menggunakan air hasil daur ulang sehingga menghemat sumber daya air (*water recycling*)
 - Mengurangi emisi gas rumah kaca (*CO recycling*)
 - Dapat mempergunakan limbah tertentu sebagai sumber nutrisi (N, P, Si)
 - Mempunyai komponen sampingan lain selain lipid (misalnya protein dan pigmen yang mempunyai nilai ekonomi tinggi)
- Dapat mengubah CO₂ menjadi biomassa melalui proses fotosintesis
- Dapat bertahan dalam salinitas tinggi
- Sesuai dengan iklim indonesia

Telah diketahui bahwa mikroalga mempunyai kandungan lipid cukup tinggi. Menurut Guschina & Harwood (2006) komponen utama lipidnya adalah trisial gliserida (TAG). Senyawa trisial gliserida dari mikroalga dapat diubah karakteristiknya dalam bentuk metil ester melalui transesterifikasi. Asam lemak metil ester (FAME) yang dihasilkan dapat digunakan untuk campuran solar sebagai bahan bakar bio diesel. Berikut ini kandungan lipid pada beberapa mikroalga dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kandungan lipid mikroalga.

No	Jenis mikroalga	% lipid dari berat kering
1	Botryococcus braunii	25-75
2	Chlorella sp	28-32
3	Cryptocodinium cohnii	16-37
4	Cylindrotheca sp	45-33
5	Dunaliella primolecta	20-35
6	Isochrysis sp	31-68
7	Monallanthus salina N	35-54
8	Nannochloris sp	45-47
9	Nannochloropsis sp	20-30
10	Neochloris oleoabundans	50-77
11	Nitzschaia sp	15-23

Sumber : Chisti (2007)

Untuk menganalisa kandungan mikroalga kering, dapat digunakan pendekatan, yaitu analisa *ultimate* dan analisa *proximate*. Analisa *ultimate* menganalisa seluruh elemen komponen kimia dari bahan mikroalga yang terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan sulfur (S). Sedangkan analisa *proximate* menganalisa *fixed carbon*, bahan yang mudah menguap (*volatile matter*), kadar air (*moisture*) dan persen abu (<http://www.energiefficiencyasia.com/pembakaran>).

1. Analisa Proximate

Pada analisa *proximate* ini, parameter yang dianalisa adalah :

a. Kadar Air (*Moisture*)

Kadar air dapat menurunkan kandungan panas per kg bahan bakar padat. Kandungannya berkisar antara 0,5% hingga 10%. Penentuan kadar air dilakukan dengan menempatkan sampel bahan baku bahan bakar padat yang dihaluskan sampai ukuran 200 mikron dalam krus terbuka. Kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 108-110°C selama satu jam dan diberi penutup. Sampel kemudian didinginkan hingga suhu kamar dan ditimbang

lagi. Kehilangan berat dikalikan 100%. Hasilnya merupakan kadar airnya (M), pengaruh kadar air terhadap proses pembakaran adalah :

- Meningkatkan kehilangan panas, karena penguapan dan pemanasan yang berlebih dari uap.
- Membantu pengikatan partikel halus pada tingkatan tertentu.
- Membantu radiasi transfer panas.

b. Bahan yang Mudah Menguap (*Volatile Matter*)

Volatile matter dalam bahan bakar padat adalah gas hidrokarbon (C_xH_y), karbon monoksida (CO), gas-gas yang tidak mudah terbakar seperti karbon dioksida (CO_2) dan nitrogen (N). *Volatile matter* merupakan indeks dari kandungan bahan bakar dalam bentuk gas pada bahan bakar padat. Kandungan *volatile matter* berkisar antara 20% hingga 35%.

Penentuan *volatile matter* dapat ditentukan dengan cara sampel bahan baku yang masih baru ditimbang, ditempatkan pada krus tertutup, kemudian dipanaskan dalam tungku pada suhu 900-915 °C selama 7 menit. Hasilnya merupakan persentase *volatile matter* (VM).

c. Kadar Abu (*Ash*)

Abu merupakan bahan yang tidak dapat terbakar. Kandungannya berkisar antara 5% hingga 40%. Penentuan kadar abu dilakukan setelah dilakukan uji *volatile matter*. Setelah itu memanaskan bahan bakar padat dengan pembakaran Bensen hingga seluruh karbon terbakar pada suhu 700-750 °C. Kemudian abunya ditimbang (A). Pengaruh abu terhadap proses pembakaran adalah mengurangi kapasitas pembakaran, menyebabkan penggumpalan dan penyumbatan.

d. *Fixed Carbon*

Fixed carbon merupakan bahan bakar padat yang tertinggal dalam tungku setelah bahan yang mudah menguap didestilasi. Kandungan utamanya adalah karbon, tetapi juga mengandung hidrogen (H), oksigen (O), sulfur (S), dan nitrogen (N) yang tidak terbawa oleh asap. *Fixed carbon* memberikan perkiraan kasar terhadap nilai kalor bahan bakar padat. Besarnya *fixed carbon* (FC) dapat ditentukan dengan cara menghitung sisa dari jumlah bahan da atas, sehingga diperoleh :

$$FC = 100 - (M + VM + A)$$

(<http://www.energiefficiencyasia.com/pembakaran>) (2-1)

2. Analisa *Ultimate*

Analisa *Ultimate* menentukan berbagai macam kandungan kimia unsur-unsur seperti karbon (C), hidrogen (H), oksigen(O), dan sulfur (S). Analisa ini berguna dalam penentuan jumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran, volume serta komposisi gas pembakaran. Informasi ini diperlukan untuk perhitungan suhu nyala dan perancangan saluran gas buang.

Dari kedua analisa di atas dapat dibuat suatu hubungan antara analisa *ultimate* dan analisa *proximate* yang dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Hubungan antara analisa *ultimate* dan analisa *proximate*

% C	=	$0,97 + 0,7 (VM + 0,1 A) - M (0,6 - 0,01 M)$
% H	=	$0,03 FC + 0,086 (VM - 0,1 A) - 0,0035 M^2 (1 - 0,02 M)$
% N ₂	=	$2,10 - 0,020 VM$

Sumber : <http://www.energiefficiencyasia.com/pembakaran>

Dengan :

FC = % *fixed carbon*

M = % kadar air (*moisture*)

VM = % *volatile matter*

2.5 Nilai Kalor

Nilai kalor pembakaran adalah energi panas yang dilepaskan oleh satu satuan massa bahan bakar ketika terjadi pembakaran sempurna dalam keadaan *steady-flow* (Cengel Y A,1994). Nilai kalor pembakaran diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu :

a. HHV (*Higher Heating Value*)

HHV adalah energi panas yang dilepaskan oleh satu satuan massa bahan bakar dengan memperhitungkan H₂O hasil pembakaran yang diembunkan menjadi fase liquid.

b. LHV (*Lower Heating Value*)

LHV adalah energi panas yang dilepaskan oleh satu satuan massa bahan bakar dengan memperhitungkan H₂O hasil pembakaran pada fase gas.

Karena alat yang digunakan untuk pengujian nilai kalor hanya dapat mengetahui nilai HHV saja, maka rumus nilai kalornya dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Nilai Kalor} = \frac{(EE \times \Delta T) - (Acid) - (Fulse)}{\text{massa bahan}}$$

(Laboraturium Motor Bakar FT-UB) (2-2)

Dengan:

$$EE = 2401,459 \text{ cal/gr}^{\circ}\text{C}$$

Keterangan :

$$Acid \text{ (sisa abu)} = 10 \text{ cal/gr}$$

$$Fulse \text{ (panjang kawat yang terbakar)} = 1 \text{ cm} = 1 \text{ cal/gr}$$

2.6 Hipotesis

Dengan penambahan kadar nutrisi pada pembudidayaan mikroalga akan memperbesar ukuran sel dari mikroalga dimana nantinya akan memperbanyak kandungan lipid dan volatil dalam tiap sel. Dengan kandungan lipid dan volatil yang semakin banyak maka didapatkan nilai kalor yang semakin besar pula.