LAPORAN AKHIR PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA
BIDANG PENELITIAN

SOLAR CELL TERSENTISISASI DYE MENGGUNAKAN PIGMEN FIKOERITRIN MIKROALGA TROPIKA DENGAN TEKNOLOGI LIGHT-HARVESTING UNTUK IMPLEMENTASI DAERAH PESISIR DAN PULAU-PULAU KECIL DI INDONESIA BERBASIS SUMBERDAYA LOKAL

Oleh :

Elka Firmanda	C34080056
Esa Ghanim Fadhallah	C34080063
Bayu Ardy Kresna	C34090052
Nur Aziezah Hapsari	C34090067
Feky Pundi Utami	C34100038

Dibiayai oleh:

Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Program Kreativitas Mahasiswa
Nomor : 050/SP2H/KPM/Dit.Litabmas/V/2013, tanggal 13 Mei 2013

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2013

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan	:	Solar Cell Tersentisisasi Dye Menggunakan Pigmen Fikoeritrin Mikroalga Tropika dengan Teknologi Light-Harvesting untuk Implementasi Daerah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil di Indonesia Berbasis Sumberdaya Lokal
2. Bidang Kegiatan	:	PKM-P
3. Ketua Pelaksana Kegiatan		
a. Nama Lengkap	:	Elka Firmanda
b. NIM	:	C34080056
c. Jurusan	:	Teknologi Hasil Perairan
d. Universitas	:	Institut Pertanian Bogor
e. Alamat Rumah	:	Wisma Combi, Jl. Babakan Tengah No. 09, Dramaga, Bogor
f. Nomor Telepon/HP	:	081314511481
g. Alamat Email	:	administrator@elkafirmanda.com
4. Anggota Pelaksana	:	4 orang
5. Dosen Pendamping		
a. Nama Lengkap	:	Bambang Riyanto, S.Pi, M.Si
b. NIDN	:	0003066903
c. Alamat Rumah	:	Jl. Katelia III/23 Taman Yasmin, Bogor
c. Alamat Email	:	bambangriyanto.ipb@gmail.com
6. Biaya Kegiatan Total		
a. Dikti	:	Rp 12.200.000,-
b. Sumber lain	:	-
7. Jangka Waktu Pelaksanaan	:	5 bulan

Bogor, 19 Juli 2013

Menyetujui,	
Ketua Departemen	Ketua Pelaksana Kegiatan
Teknologi Hasil Perairan	
(Dr. Ir. Ruddy Suwandi, MS., MPhil.)	(Elka Firmanda)
NIP. 19580511 198503 1 002	NIM. C34080056
Wakil Rektor	
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan	Dosen Pendamping
(Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S.)	(Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si)
NIP. 1958 1228 198503 1 003	NIDN. 0003066903

ABSTRAK

Masyarakat yang tinggal di pulau-pulau kecil dan pesisir pada umumnya tidak mendapatkan fasilitas listrik sebagaimana layaknya yang berada di wilayah daratan yang dekat dengan pusat peradaban. Kebutuhan akan energi listrik yang semakin meningkat dan keterbatasan sumber energi listrik yang ada sekarang ini, serta dalam rangka menjaga kontinuitas penyedia sumber energi listrik diperlukan sumber energi alternatif yang berkesinambungan sebagai energi alternatif yang tidak akan habis seiring berjalannya waktu. *Solar cell* adalah suatu teknologi yang dapat mengubah energi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik. Pemanfaatan sistem sel surya sebagai pembangkit tenaga listrik telah banyak diterapkan, baik yang menghasilkan daya rendah maupun yang berdaya tinggi. Saat ini, ada beberapa jenis *solar cell* yang berkembang, diantaranya adalah Mono-Crystalline , Polycrystalline/Multi-Crystalline, Gallium Arsenide dan *Dye Sensitized Solar cell* (DSSC/DSC) . *Dye-sensitized solar cells* memberikan pilihan alternatif dalam hal penyediaan energi yang lebih mudah dan lebih murah dibandingkan dengan *solar cell* komersial yang saat ini dijual. Fikoeritrin, pigmen alga merah dapat menyerap hampir seluruh spektrum cahaya tampak secara baik. Proses preparasi fikoeritrin dan pembuatan DSC yang relatif murah dapat menekan biaya produksi yang akhirnya akan berimbas pada murahnya harga *solar cell* yang dijual. Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu kultivasi *Porphyridium cruentum*, preparasi fikoeritrin dengan tenik ekstraksi, pembuatan lapisan tipis TiO_2 dengan teknik *doctor blade*, pembuatan polimer elektrolit CuSCN dengan metode *casting*, pembuatan prototipe sel surya, karakterisasi XRD, karakterisasi absorbansi, karakterisasi arus-tegangan, dan efisiensi konversi.

Kata kunci : *dye-sensitized solar cell, Porphyridium cruentum,* fikoeritrin

A. TARGET LUARAN

- Adanya *solar cell* tersentisisasi dye menggunakan pigmen fikoeritrin mikroalga tropika
- Karakteristik *solar cell* tersentisisasi dye menggunakan pigmen fikoeritrin mikroalga tropika, yang meliputi nilai absrobansi, nilai efisiensi konversi, dan nilai arus-tegangan
- Teknologi *light-harvesting* untuk menghasilkan pigmen fikoeritrin dari mikroalga tropika, yang mencau pada Wu *et al*. (2010)
- karakteristik dan besanya kandungan pigmen fikoeritrin dari mikroalga tropika, yang meliputi biomassa dan nilai absorbansi sinar UV
- Kultur mikroalga tropika jenis *porphyridium cruentum* dengan cara kultivasi

B. METODE PELAKSANAAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan bulan Februari 2013. Tempat pelaksanaan penelitian di laboratorium biokimia hasil perairan dan Laboratorium Bioteknologi Hasil Perairan 2, Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Laboratorium Material, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor dan Laboratorium Geologi Kuarter, Institut Teknologi Bandung.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi natrium klorida, magnesium sulfat hepatahidrat, magnesium klorida heksahidrat, kalsium klorida dihidrat, kalium nitrat, kalium dihidrogen fosfat, natrium bikarbonat, tris hidroklorida, campuran larutan besi (III) klorida. etilen diamin tetra asetat (EDTA), mikroelemen, TiO_2, CuSCN, Triton X-100, HCL, dan etanol. Alat yang digunakan meliputi *X-ray diffraction* XD-610 SHIMADZU, Spectrophotometers Thermospectronic Genesys 10 Series, timbangan analitik, gelas ukur, gelas beker, sudip, pengaduk, kaca konduktif (TCO), lampu 100-W Xenon dan multimeter.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu kultivasi *Porphyridium cruentum*, preparasi fikoeritrin, pembuatan lapisan tipis TiO_2, pembuatan polimer elektrolit CuSCN, pembuatan prototipe sel surya, karakterisasi XRD, karakterisasi absorbansi, karakterisasi arus-tegangan, dan efisiensi konversi.

1. Kultur mikroalga tropika jenis *Porphyridium cruentum* dengan cara kultivasi

   Kultur mikroalga mengacu pada Kusmiyati dan Agustini (2007). Adapun teknik yang digunakan meliputi kultivasi dan ekstraksi. Keberhasilan kultur ditentukan oleh media pertumbuhan yang digunakan. Berdasarkan Becker (1994), media pertumbuhan *Porphyridium cruentum* terdiri dari natrium klorida (27 g/L), magnesium sulfat hepatahidrat (6,6 g/L), magnesium klorida heksahidrat (5,6 g/L), kalsium klorida dihidrat (1,5 g/L), kalium nitrat (1 g/L), kalium dihidrogen fosfat (0,07 g/L), natrium bikarbonat (0,04 g/L), tris hidroklorida (20 mL/L), campuran larutan besi (III) klorida dan etilen diamin tetra asetat (EDTA) dan mikroelemen (1 mL/L). Media diatur pada pH 7,6 dan disterilkan dengan autoklaf pada 121 °C, tekanan 1 atm, selama 15 menit. Kultivasi dilakukan dalam botol berisi 500 ml media Becker. Setelah stok kultur mencapai *optical density* (OD) 1,6, sebanyak 250 mL kultur tersebut dipindahkan ke botol 2 L, kultur diencerkan dengan 750 mL media yang sama sehingga OD yang didapatkan sekitar 0,4.

2. Preparasi fikoeritrin dari mikroalga tropika jenis *Porphyridium cruentum* dengan teknik ekstraksi

   Metode ekstraksi fikoeritrin mengacu pada Tchernov *et al.* (1993). Sampel sebanyak 80 mg pada umur panen 8 hari dilarutkan ke dalam aquades 10 ml. Selanjutnya dikocok menggunakan *vortex* dan disimpan dalam refrigerator selama 24 jam. Sampel kemudian disentrifugasi selama 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Supernatan yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer.

3. Pembuatan lapisan tipis TiO_2 dengan teknik *doctor blade*

   Pembuatan lapisan tipis TiO_2 mengacu pada Lee *et al.* (2009). Pembuatan koloid TiO_2 dilakukan dengan mencampurkan 0,5 gram TiO_2 bubuk nanokristal dengan 0,5 ml aseton dan satu tetes Triton X-100, larutan tersebut

ditambahkan aquades 0,3 ml kemudian digerus secara perlahan hingga menjadi bentuk koloid. Larutan TiO_2 koloid dideposisikan pada substrat TCO yang telah dicuci dengan sabun dan dibilas dengan etanol dan aseton. Selanjutnya pada kedua sisi TCO yang berhadapan ditutup dengan *scotch tape* kurang lebih 1-2 mm dan pada kedua sisi lainnya ditutup kurang lebih 5-6 mm, sehingga bagian TCO yang dikosongkan memiliki luas penampang (1,1 x 0,9) cm^2 dan (0,9 x 0,9) cm^2. Setelah itu larutan TiO_2 didistribusikan secara merata di atas substras TCO dengan menggerakkan batang gelas di atas substrat TCO. Lapisan TiO_2 yang telah merata diatas permukaan TCO tersebut kemudian dikeringkan di udara dan setelah satu menit *scotch tape* dikeluarkan (dibuka) dengan hati-hati. Lapisan dipanaskan pada suhu 300 °C selama 30 menit dan didinginkan pada suhu ruang. Hasil deposisi TiO_2 tersebut kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui struktur kristal sampel.

4. Pembuatan elektrolit CuSCN dengan metode *casting*

   Elektrolit padat berupa CuSCN dideposisi dengan metode *casting*. Mula-mula 50 ml asetonitril dicampur dengan 0,1 ml HCl 34%. Kemudian diambil 12 ml dari larutan tersebut lalu dimasukkan 0,025 gram bubuk CuSCN sehingga terbentu larutan CuSCN. Kemudian ditambahkan polimer *polyethynolglycol* sampai larutan CuSCN mengental. Agar terbentuk lapisan polimer CuSCN, digunakan teknik *caasting* yaitu laritan polimer CuSCN tersebut dideposisi pada lapisan TCO/TiO_2/*dye* kemudian didinginkan pada suhu ruang.

5. Pembuatan prototipe *solar cell*

   Lapisan TiO_2 yang telah terbentuk direndam di dalam larutan *dye sensitizer* antosianin selama 24 jam untuk sampel 1, 36 jam untuk sampel 2, dan 48 jam untuk sampel 3, kemudian dideposisi dengan elektrolit polimer CuSCN sampai merata ke seluruh bagian substrat. Substrat didinginkan dalam suhu ruang sampai kering. Sel surya ini kemudian dihubungkan dengan rangkaian pengukur karakterisasi arus-tegangan.

6. Karakterisasi XRD

   Karakterisasi *X-ray diffraction* mengacu pada Zhang *et al.* (2002). Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal lapisan TiO_2. Karakterisasi XRD sampel dilakukan di Departemen Fisika, Fakultas

Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Alat yang digunakan adalah XRD XD-610 SHIMADZU menggunakan sumber CuK dengan tegangan 40 kV dan arus sebesar 30 mA.

7. Karakterisasi absorbansi

   Karakteristik UV-Vis larutan *dye* pigmen fikoeritrin dilakukan di Laboratorium Material, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Alat yang digunakan untuk karakterisasi adalah Spectrophotometers Thermospectronic Genesys 10 Series. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui lebar daerah serapan *dye* pigmen fikoeritrin.

8. Karakteristik arus-tegangan

   Pengukuran karakteristik arus-tegangan mengacu pada Hao *et al.*(2006). Lampu yang digunakan adalah jenis 100-W Xenon pada keadaan udara normal. Pengukuran arus dan tegangan dilakukan menggunakan voltmeter dan amperemeter. Nilai arus dan tegangan dicatat untuk setiap perubahan resistansi. Dari pengukuran arus dan tegangan ini akan diperoleh daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh piranti sel surya yang dibuat, daya maksimum ini akan berguna untuk menentukan efisiensi konversi energi sel surya.

9. Efisiensi konversi

   Penghitungan efisiensi konversi mengacu pada Jiang *et al.* (2011). Efisiensi konversi selalu menjadi perhatian utama dalam pembuatan *solar cell*, karena kualitas sebuah sel surya ditentukan dari sebarapa besar kemampuannya untuk mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik dalam bentuk arus dan tegangan listrik. Efisiensi konversi energi sebuah *solar cell* dihitung dengan rumus :

$$FF = \frac{V_{max} I_{max}}{V_{oc} I_{sc}}$$

$$\eta = \frac{V_{max} I_{max}}{P_{in}} \; x \; 100$$

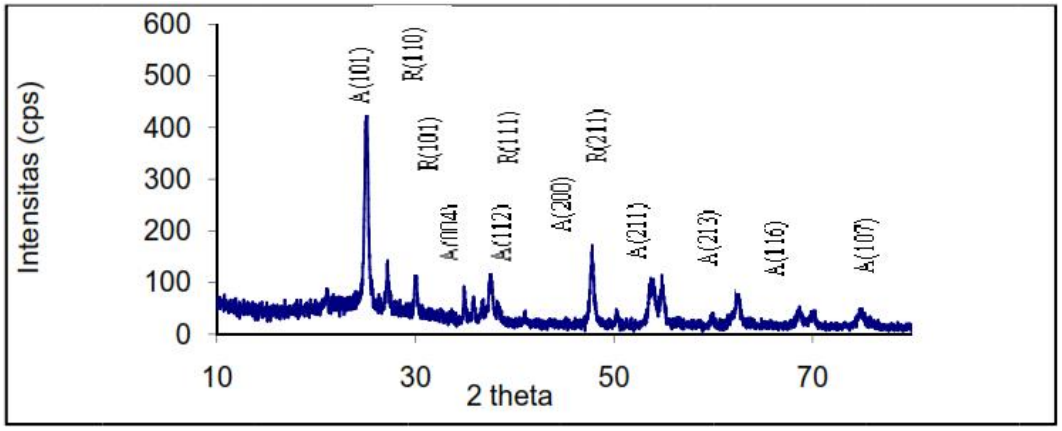
Dimana FF adalah *fill factor*, η adalah efisiensi konversi cahaya ke listrik, I_{sc} adalah arus *short-circuit* (mA), V_{oc} adalah tegangan *open circuit*, dan P_{in} adalah daya energi sinar. P_{in} ditentukan dengan rumus :

$$P_{in} = I_{in}\, x\, A$$

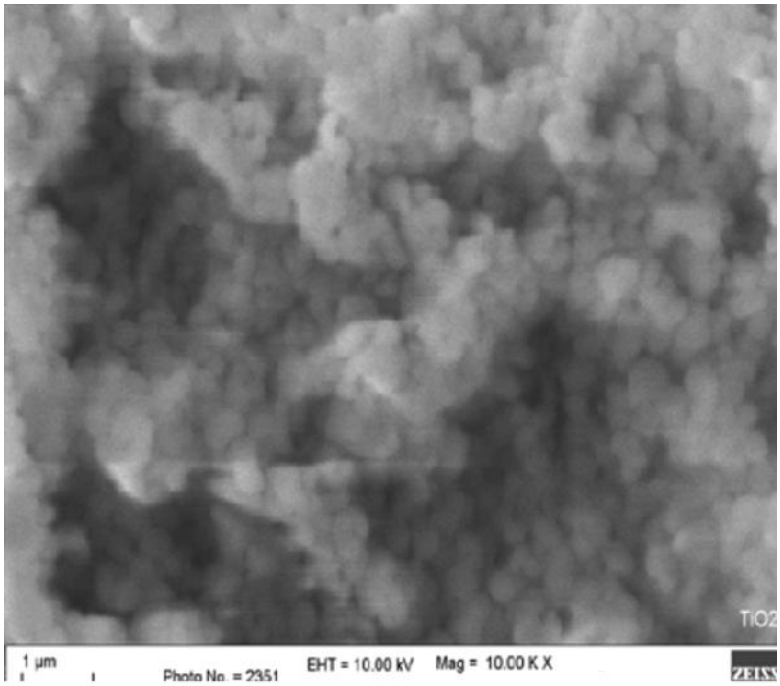
dimana I_{in} adalah intensitas sumber cahaya dan A adalah luas *solar cell* yang disinari.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil penelitian yang telah dicapai adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Pola difraksi kristal TiO_2



Gambar 2. Citra *Scanning Electron Microscope* (SEM) kristal TiO_2

2. Pembahasan

Berdasarkan penelitian tentang sel surya tersentisisasi *dye* berbasis mikroalga yang telah dilakukan, diketahui bahwa sifat difraksi kristal TiO_2 yang dihasilkan telah mendekati fase anatase sehingga dapat digunakan sebagai semikonduktor dalam pembuatan sel surya. TiO_2 merupakan bahan kimia bersifat semikonduktor dan fotokatalis yang dapat disintesis melalui proses sulfat dari $TiOSO_4$ dan kalsinasi pada suhu 800-1000 °C menghasilkan TiO_2 anatase maupun melalui proses klorida dari distilasi $TiCl_4$ dan direaksikan dengan O_2 pada suhu 1000 sampai dengan 1400 °C menghasilkan TiO_2 rutil.

Aplikasi TiO_2 bergantung pada fase kristal, dimensi dan morfologi TiO_2 . Struktur TiO_2 telah banyak dimodifikasi menjadi ukuran nano. Istilah nanopartikel digunakan dalam ilmu bahan yang menunjukkan partikel dengan ukuran lebih kecil dari 100 nm. Nanopartikel diketahui memiliki keunggulan antara lain yaitu ketahanan partikelnya terhadap perubahan sifat kimia dan fisik lingkungan, kekerasan mekanik, ketahanan kejut termal, dan elastisitas yang tinggi.

TiO_2 memiliki tiga fase kristal, yaitu anatase, rutil dan brukit. Metode sintasis TiO_2 dipilih berdasarkan aplikasi yang akan digunakan. Pada sintesis dengan suhu rendah biasanya dihasilkan kristal TiO_2 fase anatase. Anatase merupakan bentuk yang paling sering digunakan karena memiliki luas permukaan serbuk yang lebih besar serta ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan rutil. Fase anatase mulai muncul pada rentang suhu 400-650 °C dan cenderung bertransformasi menjadi rutil pada suhu 915 °C.

3. Hasil Pelaksanaan

Hasil analisis XRD ditampilkan pada gambar 1. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa puncak yang paling banyak dimiliki oleh fase *anatase*, yakni pada sudut 2θ pada 25.072°, 36.751°, 37.586°, 47.798°, 54.829°, 62.064°, 68.688°, 70.1° yang bersesuaian dengan bidang orientasi pada (101), (103), (004), (112), (200), (211), (213), (116), (116), (220) dan (107) sesuai data JCPDS No. 21-1276. Ukuran kristal dapat diamati pada hasil citra *Scanning Electron Microscope* pada gambar 2. Terlihat ukuran kristal TiO_2 yang teramati relatif kecil sehingga kenampakan bubuk TiO_2 menjadi halus.

D. PERMASALAHAN DAN PENYELESAIAN

Beberapa permasalahan yang ditemui selama pelaksanaan kegiatan PKM ini adalah

1. Masalah teknis

   Media kultivasi mikroalga bermacam-macam dan masih belum diketahui media yang terbaik untuk ekstraksi pigmen merah. Selain itu, penggunaan media Becker tidak sederhana, perlu beberapa perlakuan khusus termasuk penggunaan air laut murni sehingga cukup menyulitkan di awal masa kultivasi. Penyelesaiannya, penggunaan air laut murni dengan kadar salinitas 3 % serta sterilisasi dengan sinar UV selama 30 menit dapat mengurangi kontaminasi yang terjadi pada kultur.

2. Masalah Administrasi

   Proses pendaftaran di laboratorium sedikit mengalami kesulitan karena daftar penggunaan laboratorium sudah penuh sampai bulan Mei akhir. Penyelesaiannya, penggunaan laboratorium disarankan pada hari sabtu dan minggu dengan biaya tambahan masing-masing lima puluh ribu rupiah per harinya. Sedangkan untuk proses pengujian, dapat dilakukan kapan saja.

E. RANCANGAN BIAYA

Rincian biaya bahan habis pakai

No	Keterangan	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1.	Natrium klorida	2	kg	5.000	10.000
2.	Kalium nitrat	1	kg	66.000	66.000
3.	Magnesium sulfat hepatahidrat	50	gram	5.890	294.500
4.	Magnesium klorida heksahidrat	50	gram	2.432	121.600
5.	Kalsium klorida dihidrat	50	gram	2.092	104.600
6.	Kalium dihidrogen fosfat	100	ml	871	87.100
7.	Natrium bikarbonat	0,5	kg	16 650	8 400
8.	Tris hidroklorida	50	gram	3.400	170.000
9.	Besi (III) klorida	50	gram	3.200	160.000
10.	Etilen diamin tetra asetat (EDTA)	0,5	kg	40.000	20.000
11.	HCl	1	liter	480.600	480.600
12.	TiO_2	3	kg	493.313	1.480.000
13.	CuSCN	50	gram	2.500	125.000
14.	Etanol	1	liter	302.000	302.000
15.	TCO	50	Buah	50.000	2.500.000
16.	Triton X-100	50	ml	12.400	620.000
17.	Scotch tape	5	buah	27.500	237.500

18.	100-W Xenon	2	buah	170.000	340.000
		Total			6.435.100

Rincian biaya analisis penelitian

No	Keterangan	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1.	Uji XRD	5	sampel	400.000	2.000.000
2.	Uji SEM	1	sampel	300.000	300.000
		Total			2.300.000

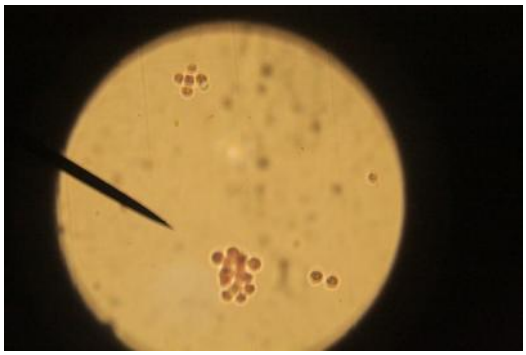
Rincian biaya pengeluaran lainnya

No	Keterangan	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1.	Komunikasi	5	pulsa	100.000	500.000
2.	Sewa *magnetic stirrer*	6	Jam	2.000	12.000
3.	Sewa laboratorium	5	bulan	200.000	1.000.000
4.	Dokumentasi			500.000	500.000
		Total			2.012.000

Rincian biaya total

No	Sasaran biaya	Jumlah (Rp)
1	Biaya pengadaan bahan habis pakai	6.435.100
2	Biaya analisis penelitian	2.300.000
3	Biaya pengeluaran lainnya	2.012.000
	Total	10.747.100

LAMPIRAN



Sel *Porphyridium cruentum*

Kultur *Porphyridium cruentum*

Benih *Porphyridium cruentum*

Media kultur
Porphyridium cruentum