

**POTENSI MIKROORGANISME SEDIMENT
SITU GUNUNG, SITU LEBAKWANGI DAN
SITU CILEDUK SEBAGAI PENGHASIL BIOGAS**

ARIF RADITYA NUGRAHA



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SYARIF HIDAYATULLAH
JAKARTA
2014 M/1435 H**

POTENSI MIKROORGANISME SEDIMENT SITU GUNUNG,
SITU LEBAKWANGI DAN SITU CILEDUK
SEBAGAI PENGHASIL BIOGAS

Oleh:

ARIF RADITYA NUGRAHA

NIM 1110095000007

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Jurusan Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SYARIF HIDAYATULLAH

JAKARTA

2014 M/ 1435 H

POTENSI MIKROORGANISME SEDIMENT SITU GUNUNG,
SITU LEBAKWANGI DAN SITU CILEDUK
SEBAGAI PENGHASIL BIOGAS

Oleh:

ARIF RADITYA NUGRAHA

NIM 1110095000007

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Jurusan Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Irawan Sugoro, M. Si
NIP. 19761018 200012 1 001

Pembimbing II

Dr. Megga Rathasari Pikoli, M. Si
NIP. 19720322 200212 2 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

Dr. Dasumiat, M. Si
NIP. 19730923 199903 2 002

PENGESAHAN UJIAN

Skripsi yang berjudul "Potensi Mikroorganisme Sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk sebagai Penghasil Biogas" yang telah ditulis oleh Arif Raditya Nugraha, NIM 1110095000007 telah diuji dan dinyatakan LULUS dalam sidang Munaqosyah Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta pada hari Senin, 30 Juni 2014. Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata Satu (S1) Jurusan Biologi.

Menyetujui,

Penguji I

Dr. Agus Salim, M. Si
NIP. 19720816 199903 1 003

Pembimbing I

Dr. Irawan Sugoro, M. Si
NIP. 19761018 200012 1 001

Penguji II

Priyanti, M. Si
NIP. 19750526 200012 2 001

Pembimbing II

Dr. Megga Ratnasari Pikoli, M. Si
NIP. 19720322 200212 2 002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi



Dr. Agus Salim, M. Si
NIP. 19720816 199903 1 003

Ketua Jurusan Biologi

Dr. Dasumiati, M. Si
NIP. 19730923 199903 2 002

PERNYATAAN

DENGAN INI SAYA MENYATAKAN BAHWA SKRIPSI INI ADALAH HASIL KARYA SENDIRI YANG BELUM PERNAH DIAJUKAN SEBAGAI SKRIPSI ATAU KARYA ILMIAH PADA PERGURUAN TINGGI ATAU LEMBAGA MANAPUN.

Jakarta, Juni 2014

Arif Raditya Nugraha
NIM. 111009500007



ABSTRAK

Arif Raditya Nugraha. Potensi Mikroorganisme Sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk sebagai Penghasil Biogas. Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. 2014.

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Sumber energi yang terbatas mengakibatkan terjadinya krisis energi. Solusi untuk mengatasi krisis energi dengan cara menemukan bahan bakar energi alternatif seperti biogas. Salah satu sumber biogas adalah sedimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk dalam menghasilkan biogas. Sedimen berasal dari tiga lokasi yaitu Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk, masing-masing lokasi penelitian diambil tiga titik untuk dibuat sampel komposit (dicampur). Fermentor yang digunakan memiliki kapasitas 1000 ml dengan perbandingan sedimen dan air situ sebesar 1 : 1. Inkubasi dilakukan selama 28 hari pada suhu ruang. Parameter yang diukur adalah faktor fisika dan kimia lingkungan, pH, VFA total, ammonia, persentase degradasi bahan organik, volume gas total, komposisi biogas serta pengamatan mikroorganisme. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk berpotensi menghasilkan biogas yang berbeda. Sedimen yang memiliki potensi tertinggi terjadi pada hari ke-14 dalam menghasilkan gas metana yaitu Situ Cileduk sebesar 1,12 %, diikuti oleh Situ Lebakwangi dan Situ Gunung sebesar 0,57 % dan 0,38 %.

Kata kunci : Biogas, sedimen, Situ Gunung, Situ Lebakwangi, Situ Cileduk.

ABSTRACT

Arif Raditya Nugraha. Potention of Sediment microorganism in Situ Gunung, Situ Lebakwangi and Situ Cileduk as Biogas Producer. Undergraduate Thesis. Department of Biology. Faculty of Science and Technology. State Islamic University Syarif Hidayatullah Jakarta. 2014.

The demand of energy increases along with human population. Limited energy source resulted an energy crisis. Finding the alternative energy fuels such as biogas could be solution to the problem. One source of biogas is sediment. This study aimed to acknowledge the biogas potential from sediment of Situ Gunung, Situ Lebakwangi and Situ Cileduk. Each sediment was taken from three points and made as composite and put into 1000 ml fermenter with a ratio of sediment and the water was 1 : 1. Incubation was conducted for 28 days at room temperature. Physical and chemical parameter were pH, total VFA, ammonia, percentage of organic matter degradation, the total volume of gas, biogas composition and observation of microorganisms. The results showed that cediment from Situ Gunung, Situ Lebakwangi and Situ Cileduk had potency to produce different kind of biogas. The cediment that has highest potency in producing methane in the 14th day was Situ Cileduk for 1,12 %, followed by Situ Lebakwangi and Situ Gunung for 0,57 % and 0,38 %.

Keywords : Biogas, sediment, Situ Gunung, Situ Lebakwangi, Situ Cileduk.

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah Swt, Tuhan semesta alam yang telah memberikan nikmat tak terbatas, atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Salawat serta salam senantiasa tercurahkan untuk baginda Nabi Muhammad Saw yang memperjuangkan kesempurnaan agama ini sampai akhir hayat. Skripsi penelitian ini berjudul **"Potensi Mikroorganisme Sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk sebagai Penghasil Biogas"** disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi S1 pada Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, yaitu :

1. Orang tua penulis dan semua keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan baik moril maupun materil kepada penyusun.
2. Dr. Irawan Sugoro, M. Si. selaku pembimbing I yang memberikan bimbingan, saran, nasihat dan pengarahan tentang penelitian serta penulisan skripsi.
3. Dr. Megga Ratnasari Pikoli, M. Si. selaku pembimbing II yang senantiasa memberikan informasi, saran dan pengarahan dalam melakukan penelitian serta penulisan skripsi.

4. Dr. Agus Salim, M. Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
5. Dr. Dasumiati, M. Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
6. Dr. Agus Salim, M.Si dan Priyanti, M. Si. selaku penguji I dan II pada sidang munaqosyah yang senantiasa memberikan saran dalam penulisan skripsi.
7. Dr. Thamzil Las dan Nani Radiastuti, M. Si. selaku penguji I dan II pada seminar proposal serta hasil yang senantiasa memberikan saran dalam penulisan skripsi.
8. Seluruh Dosen dan Laboran Jurusan Biologi serta staf PAIR BATAN yang telah memberikan ilmunya dan memberikan bimbingan kepada penyusun sehingga bermanfaat bagi penulis.
9. Ady, Fadil, Ayu, Dimar, Alfida, Fitriani, Dalli, Ario, Syara, Fiki, Ima, Febri, Debbie dan Adi Furqon serta teman-teman Biologi angkatan 2010 yang telah memberikan motivasi dan bantuannya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah Swt, oleh karena itu saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan skripsi ini.

Ciputat, Mei 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Hipotesis	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Situ.....	6
2.1.1. Situ Gunung	6
2.1.2. Situ Lebakwangi.....	7
2.1.3. Situ Cileduk.....	8
2.2. Biogas	8
2.2.1. Biogas	9
2.2.2. Sejarah Biogas.....	11
2.2.3. Prinsip Kerja Reaktor Biogas.....	12
2.2.3.1. Fermentasi Aerobik.....	12
2.2.3.2. Fermentasi Anaerobik	13
2.2.4. Mekanisme Pembentukan Biogas	13
2.2.5. Bakteri dalam Proses Fermentasi Anaerobik	15
2.2.6. Fator-faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas	16
2.3. <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	19
2.4. Sedimen Danau	20
2.5. Klasifikasi Mutu Air	21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian	22
3.2. Alat dan Bahan	22
3.3. Metode Penelitian.....	23
3.4. Prosedur Kerja Penelitian.....	23
3.4.1. Pengambilan Sampel	23
3.4.2. Preparasi Sampel	24
3.4.3. Analisis Sampel Sedimen	25
3.4.4. Pengukuran Produksi Gas	26
3.4.5. Pengukuran <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) dengan Metode HACH	27
3.4.6. Pengukuran Ammonia (NH ₃).....	28
3.4.7. Pengukuran <i>Volatile Fatty Acid</i> (VFA) Total	28
3.4.8. Pengamatan Mikroorganisme.....	29
3.5. Analisis Data	30
3.6. Alur Penelitian	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengukuran Faktor Fisika dan Kimia Lingkungan.....	32
4.2. Hasil Pengukuran pH Kultur.....	35
4.3. Hasil Pengukuran <i>Volatile Fatty Acids</i> (VFA) Total	36
4.4. Hasil Pengukuran Ammonia (NH ₃)	39
4.5. Hasil Persentase Degradasi Bahan Organik.....	41
4.6. Hasil Pengukuran Volume Gas Total.....	43
4.7. Hasil Analisis Komposisi Biogas.....	45
4.7.1 Hasil Persentase Gas CO ₂	45
4.7.2 Hasil Persentase Gas CH ₄	47
4.8. Hasil Pengamatan Mikroorganisme	49

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran.....	53

DAFTAR PUSTAKA 54

LAMPIRAN..... 61

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Nilai Perubahan pH Hari ke-0 dan Hari ke-28 Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.....	35
Gambar 2. Nilai VFA Total Hari ke-0 dan Hari ke-28 Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.....	38
Gambar 3. Nilai Pengukuran Ammonia Hari ke-0 dan Hari ke-28 Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.....	39
Gambar 4. Nilai Persentase Degradasi Bahan Organik Selama Inkubasi 28 Hari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.....	42
Gambar 5. Nilai Volume Gas Total Selama Inkubasi 28 Hari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.....	44
Gambar 6. Hasil Persentase Gas CO ₂ Selama Inkubasi 28 Hari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.....	46
Gambar 7. Hasil Persentase Gas CH ₄ Selama Inkubasi 28 Hari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.....	48
Gambar 8. Mikroorganisme Pada Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk Selama Inkubasi 28 Hari dengan Perbesaran 1000x.	50

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Komposisi Biogas 11

Tabel 2. Faktor Fisika dan Kimia Lingkungan Situ Gunung, Situ Lebakwangi
dan Situ Cileduk 32



DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1.	Peta Lokasi Sampling Sedimen dan Air pada Kawasan Taman Wisata Alam Situ Gunung	61
Lampiran 2.	Peta Lokasi Sampling Sedimen dan Air pada Kawasan Situ Lebakwangi.....	62
Lampiran 3.	Peta Lokasi Sampling Sedimen dan Air pada Kawasan Situ Cileduk.....	63
Lampiran 4.	Lokasi Pengambilan Sampel	64
Lampiran 5.	Contoh Kegiatan Pengukuran Faktor Fisika dan Kimia Lingkungan di Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.....	65
Lampiran 6.	Contoh Kegiatan Preparasi Sampel di Laboratorium	66
Lampiran 7.	Contoh Fermentor Sederhana.....	67
Lampiran 8.	Contoh Kegiatan Pengukuran Parameter di Laboratorium	68
Lampiran 9.	Gas Analyzer	69
Lampiran 10.	Hasil Analisis SPSS	70
Lampiran 11.	Hasil Pengamatan Mikroorganisme dengan Perbesaran 1000x pada Hari ke-0 dan Hari ke-28	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Sumber energi utama yang digunakan berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi. Sumber daya bahan bakar fosil saat ini semakin berkurang apabila penggunaan secara terus menerus. Produksi minyak bumi Indonesia tahun 2012 sebesar 279,4 juta barel dan produksi 4 tahun terakhir minyak mentah menunjukkan kecenderungan penurunan (Badan Pusat Statistik, 2012). Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil diduga akan mengakibatkan terjadinya krisis energi. Solusi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dapat dilakukan dengan cara diversifikasi energi. Diversifikasi energi dilakukan dengan mengembangkan sumber energi baru dan mencari sumber bahan baku yang ketersediaanya lebih terjamin yaitu sumber daya yang mampu diperbaharui (*renewable resources*) dan berkesinambungan (*sustainable resources*) (Ropiah, 2010).

Pengembangan bioenergi sebagai bahan pengganti alternatif masih kurang memadai, karena konsumsi energi per kapita rendah, rasio elektrifikasi 72,95%, konsumsi energi meningkat rata-rata 7% per tahun (sektor industri dan transportasi), pemakaian energi didominasi oleh bahan bakar fosil terutama minyak bumi dan subsidi energi fosil meningkat serta pemanfaatan sumber energi baru-terbarukan sebagai bahan bakar yang bersih masih sangat

terbatas (sekitar 5%) (Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, 2011). Beberapa negara telah memulai kebijakan energi nasional salah satunya Indonesia. Indonesia telah memulai kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil. Salah satu sumber energi alternatif adalah biogas (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5, 2006).

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang multifungsi sebagai variasi aplikasi yang berbeda. Selain pengganti bahan bakar fosil dalam menghasilkan energi dan panas, biogas dapat diterapkan sebagai bahan bakar kendaraan gas atau bahan baku untuk memproduksi bahan kimia (Weiland, 2010). Biogas memiliki sifat tidak berwarna, gas yang mudah terbakar dan gas yang dihasilkan melalui degradasi anaerobik oleh mikroorganisme dari kotoran hewan, manusia, sisa-sisa tanaman, limbah industri dan kota (Imam *et al.*, 2013). Biogas terbentuk ketika mikroorganisme mendegradasi bahan-bahan organik khususnya bakteri metanogenik dengan kondisi tanpa adanya oksigen (anaerob). Proses biologis alami di ekosistem dengan oksigen yang rendah dapat memproduksi biogas dari sisa-sisa tanaman mati dan organisme lain, misalnya di lahan basah, sawah, sedimen danau dan bahkan di pencernaan hewan (Jarvis *et al.*, 2004).

Sumber bahan organik yang dapat dijadikan sebagai bahan baku biogas diantaranya dari rawa, sawah, sedimen danau dan laut serta di dalam rumen hewan ruminansia seperti sapi, domba, rusa, unta (Jorgensen, 2009). Sumber penghasil biogas tidak hanya terdapat di sumber tersebut, tetapi dari sedimen

situ (danau) dapat menghasilkan biogas (Lusk, 1998; Haryati, 2006; University of Alaska Fairbanks 2011; Yazid dan Bastianudin, 2011). Berdasarkan penelitian sebelumnya telah dihasilkan biogas dari sedimen danau di Alaska. Biogas yang dihasilkan dari sedimen danau di Alaska menghasilkan panas dan bahan bakar dari *digester anaerobic*. *Digester anaerobic* tersebut menghasilkan biogas seperti yang telah digunakan di Cina dan India serta negara yang lain seperti Eropa dan Amerika Serikat untuk menghasilkan biogas (University of Alaska Fairbanks, 2011).

Situ (danau) merupakan salah satu wadah bagi mineral organik yang mengalir ke dalamnya antara lain sedimen, mineral, nutrisi tanaman air dan bahan organik yang berasal dari daerah tangkapan airnya. Bahan-bahan tersebut akan terakumulasi di dalam air atau dasar situ. Nutrien masuk ke dalam perairan danau-danau dangkal yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis danau yang dalam (Yamani, 2010). Perairan situ terjadi proses sedimentasi. Sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terdapat di tempat lain (Suripin, 2002). Biogas secara nyata terdapat pada sedimen dangkal yang terbentuk di rawa-rawa, sawah dan danau air tawar yang anoksik (Arifin, 2010).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka akan dilakukan penelitian selama inkubasi 28 hari untuk mengetahui potensi mikroorganisme sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk sebagai penghasil biogas.

Penelitian sebelumnya bahwa inkubasi selama 28 hari pada sampah yang ditambahkan dengan pupuk kandang menghasilkan biogas yang optimal sebesar 9,66 ml CH₄ dan 16,81 ml CO₂ (Marselia, 2008). Biogas yang diperoleh dalam penelitian ini seperti gas metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), oksigen (O₂), dan hidrogen sulfida (H₂S). Biogas yang dapat dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah gas metana (CH₄) untuk sumber energi alternatif. Penelitian ini menggunakan sampel asal sedimen karena sebagai sumber bahan organik dan nutrien yang terdapat di dasar situ (danau). Penulis memilih ketiga lokasi yaitu Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk karena di kawasan tersebut terdapat aktivitas manusia seperti tempat wisata, tambak, pemancingan dan berdasarkan perbedaan letak geografis ketiga situ. Oleh karena itu, adanya aktivitas manusia kemungkinan sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk akan memproduksi biogas.

1.2 Perumusan Masalah

Apakah mikroorganisme sedimen yang berasal dari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk berpotensi menghasilkan biogas?

1.3 Hipotesis

Mikroorganisme sedimen yang berasal dari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk berpotensi menghasilkan biogas.

1.4 Tujuan Penelitian

Mengetahui potensi mikroorganisme sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk dalam menghasilkan biogas.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi mikroorganisme sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk dalam menghasilkan biogas untuk dijadikan sumber energi alternatif pada skala industri maupun rumah tangga.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Situ

Situ adalah suatu genangan air di atas permukaan tanah, terbentuk secara alami yang airnya berasal dari tanah dan air permukaan (air hujan dan air limpasan). Situ merupakan danau yang berukuran kecil hingga sedang. Situ berfungsi sebagai siklus hidrologis yang potensial, sumber air, irigasi, pengendali banjir dan kegiatan lain seperti penampung air hujan, mata air, air sungai, budidaya perikanan serta ekowisata alam (Marganof, 2007).

Situ berfungsi untuk konservasi, sumber air, pengendali banjir, pengendali kekeringan, resapan untuk meningkatkan ketersediaan air tanah, perikanan, pariwisata dan lain-lain. Keberadaan situ apabila dikelola dan dimanfaatkan dengan baik dapat memberikan nilai tambah bagi lingkungan disekitarnya. Kerusakan situ seperti pendangkalan akibat sedimentasi, alih fungsi lahan, kurang dikelola dengan baik dan kerusakan-kerusakan yang lainnya akan mengurangi nilai fungsi dari situ tersebut. Situ dengan keadaan tersebut tidak dikelola, maka keberadaan situ akan semakin terancam kelestarian dan membahayakan bagi masyarakat sekitarnya (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013).

2.1.1 Situ Gunung

Taman Wisata Alam (TWA) Situ Gunung terletak 15 km dari Sukabumi, tepatnya di daerah Cisaat Desa Kadudampit, Kecamatan

Kadudampit, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Daerah ini terletak di lereng hutan tropis dan termasuk ke dalam wilayah Taman Nasional Gunung Pangrango dengan ketinggian 1000 m dari permukaan laut. TWA Situ Gunung merupakan kawasan yang memiliki keanekaragaman flora dan fauna yang cukup tinggi. Flora yang terdapat di sana diantaranya puspa, rasamala, damar, saninten, hamirung, dan beberapa jenis anggrek yang dilindungi, serta terdapat 62 jenis satwa liar (Tresnawati, 2004). Daerah ini merupakan taman wisata alam yang termasuk dalam wilayah Desa Kadudampit, Kecamatan Kadudampit, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Letak secara geografi, kawasan ini terbentang di antara 106°54'37"-106°55'30" BT dan 06°39'40"-06°41'12" LS. Situ Gunung memiliki tipe iklim B, dengan curah hujan berkisar 1611-4311 mm per tahun. Situ Gunung yang berada di ketinggian 950-1036 m dpl dan suhu 16-28°C (Djuita, 2004).

2.1.2 Situ Lebakwangi (Situ Jati)

Situ Lebakwangi terletak di Desa Pemager Sari, Kecamatan Parung. Jumlah keseluruhan penduduk Desa Pemager Sari, Kecamatan Parung ± 15.459 jiwa. Luas areal tahun 2006 sekitar 28 Ha dan tahun 2014 menjadi 23 Ha akibat pembangunan pemukiman. Luas Situ Lebakwangi sekitar 7 Ha. Situ Lebakwangi berfungsi sebagai sumber air dan dimanfaatkan untuk irigasi (kondisi baik) (Dinas Bina Marga dan Pengairan, 2008).

Situ Lebakwangi memiliki sedimentasi yang perlu diatasi dengan membuat bangunan penangkapan lumpur di *inlet* yang berpotensi memasukan sedimen ke dalam situ. Situ Lebakwangi kondisi saat ini memiliki tubuh

bendungan yang berdiri bangunan semi permanen, pengambilan air langsung dari situ, kolam situ terdapat pembuangan sampah/ limbah langsung ke situ, tanggul ruas kurang tinggi da nada yang longsor dan jalan sekeliling kurang lebar. Saluran di Situ Lebakwangi berfungsi sebagai saluran irigasi dan drainase buangan dari kampung maupun jalan. Jadi, kondisi Situ Lebakwangi saat ini telah mengalami beberapa kerusakan, maka diperlukan upaya-upaya rehabilitasi situ (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013). Situ Lebakwangi telah direhabilitasi dengan luas 7 Ha (Kementerian Pekerjaan Umum, 2008).

2.1.3 Situ Cileduk

Situ Cileduk atau Pondok Benda terletak di sebagian Kelurahan Pamulang Barat dan Kelurahan Pondok Benda Kecamatan Pamulang, Tangerang Selatan Provinsi Banten, tepatnya di pinggir jalan Puspitek Pamulang. Luas Situ Cileduk yaitu 19.394 Ha dengan jumlah kapling penduduk \pm 487 unit dan memiliki titik kordinat lintang S 0620' 34,9" dan bujur E 10643' 22,8". Situ Cileduk di sekitar kawasan memiliki jenis bangunan permanen (perumahan, jalan, pabrik), semi permanen (pusat perbelanjaan dan rumah nelayan) dan sementara (persawahan/ ladang dan kolam). Jarak sempadan bangunan dari danau \pm 50 m. Pemanfaatan lahan disekitarnya yaitu pemukiman penduduk, pabrik, pusat perbelanjaan, persawahan (4,58 Ha), kolam ikan (8 kolam), jalan, tempat pariwisata, taman (0,95 Ha), gedung sekolah, dan perkantoran (Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air, 2011). Situ cileduk telah direhabilitasi dengan luas 31 Ha (Kementerian Pekerjaan Umum, 2008).

Situ Cileduk berfungsi sebagai tempat budidaya perikanan, resapan air, pemancingan, dan perkebunan serta sebagai sumber pengairan di daerah sekitarnya. Banyak masyarakat ekonomi lemah yang memanfaatkan situ tersebut untuk kelangsungan hidupnya, yaitu dengan menjaring ikan yang kemudian hasil tangkapanya dapat dijual ataupun dikonsumsi untuk keluarganya sendiri. Situ Cileduk termasuk jenis danau dangkal yang cenderung menjadi tempat terakumulasinya bahan-bahan organik yang berasal dari daratan sekitarnya dan nutrient serta jumlah material lainnya yang dibawa aliran ke perairan situ (Yamani, 2010).

2.2 Biogas

2.2.1 Biogas

Biogas adalah gas campuran yang mudah terbakar. Komposisi biogas yang penting dan utama adalah gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Biogas dihasilkan dari dekomposisi senyawa organik oleh bakteri anaerobik (tanpa oksigen). Gas-gas yang terbentuk berasal dari bahan-bahan organik (limbah) oleh aktivitas mikroorganisme dekomposer dan komposisi gas tergantung substrat yang didegradasi (Jorgensen, 2009). Biogas dapat dihasilkan dari fermentasi feses (kotoran) ternak, limbah pertanian misalnya: sapi, kerbau, babi, kambing, ayam, daun, ranting, dan lain – lainnya yang direndam dalam air dan disimpan dalam tempat tertutup atau kedap udara (anaerob), pada kondisi ini bakteri akan mencerna bahan organik yang menghasilkan gas metana. Biogas sebenarnya dapat terjadi secara alami,

namun untuk mempercepat dan menampung gas ini memerlukan alat yang memenuhi syarat terjadinya gas tersebut (Mustafa dan Ismail, 2010).

Biogas dapat menghasilkan gas terutama metana (50-75 %), karbon dioksida (25-45 %) dan gas-gas lain seperti nitrogen (0-2 %), hidrogen (0-1 %), hidrogen sulfida (0-1 %), serta oksigen (0-2 %), ammonia (0-1 %) serta uap air (2-7 %) (Graaf dan Fendler, 2010). Biogas terbentuk hari ke 4-5 sesudah biodigester terisi penuh, dan mencapai puncak pada hari ke 20-25. Biogas yang dihasilkan oleh biodigester sebagian besar terdiri dari 50-70 % metana (CH_4), 30-40 % karbondioksida (CO_2) (Widjajanto, *et al.*, 2010). Biogas akan menghasilkan energi ketika dilakukan pembakaran. Energi ini dapat dimanfaatkan untuk memasak, menjalankan mesin-mesin pembakaran, alat penerangan dan lain-lain (Haryati, 2006).

Perombakan (degradasi) limbah cair organik akan menghasilkan gas metana, karbondioksida dan gas-gas lain serta air. Perombakan tersebut dapat berlangsung secara aerobik maupun anaerobik. Proses aerobik limbah cair kontak dengan udara, sebaliknya pada kondisi anaerobik limbah cair tidak kontak dengan udara luar. Proses fermentasi dihasilkan campuran biogas yang terdiri atas gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), hidrogen (H_2), nitrogen (N_2) dan gas lain seperti H_2S (Santoso, 2010).

Dekomposisi bahan-bahan organik dalam kondisi anaerobik dapat menghasilkan suatu gas yang sebagian besar terdiri atas campuran metana dan karbondioksida (Santoso, 2010). Komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. *Gas landfill* memiliki konsentrasi

metana sekitar 50%, sedangkan sistem pengolahan limbah maju dapat menghasilkan biogas dengan 55-75% CH₄ (Mustafa dan Ismail, 2010).

Tabel 1. Komposisi Biogas

Komponen	%	Komponen	%
Metana (CH ₄)	55-70	Hidrogen (H ₂)	1-2
Karbon dioksida (CO ₂)	30-45	Nitrogen (N ₂)	Sedikit
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	1-2	Oksigen (O ₂)	Sedikit
Ammonia (NH ₃)	1-2	Karbon monoksida (CO)	Sedikit

(Sumber: Jorgensen, 2009).

2.2.2 Sejarah Biogas

Sejarah penemuan proses anaerobik digestion untuk menghasilkan biogas tersebar dibenua Eropa. Penemuan ilmuan Alessandro Volta terhadap gas yang dikeluarkan dirawa-rawa terjadi pada tahun 1770, beberapa decade kemudian Avogadro mengidentifikasi tentang gas metana. Setelah tahun 1875, biogas merupakan produk dari proses anaerobik digestion. Tahun 1884 Pasteour melakukan penelitian tentang biogas menggunakan kotoran hewan. Era penelitian Pasteour menjadi landasan untuk penelitian biogas hingga saat ini. Pada akhir abad ke-19 ada beberapa riset dalam bidang ini dilakukan. Jerman dan Perancis melakukan riset dimasa antara dua perang dunia dan beberapa unit pembangkit biogas dengan memanfaatkan limbah pertanian. Selama perang dunia II banyak petani di Inggris dan benua Eropa yang membuat digester kecil untuk menghasilkan biogas yang digunakan untuk

mengerakkan traktor. Tahun 1950-an pemakaian biogas di Eropa ditinggalkan karena harga BBM semakin murah dan mudah memperolehnya. Namun, di negara-negara berkembang kebutuhan akan sumber energi yang murah dan selalu tersedia. Kegiatan produksi biogas di India telah dilakukan semenjak abad ke-19. Alat pencerna anaerobik pertama dibangun pada tahun 1900 (Rahman, 2005).

2.2.3 Prinsip Kerja Reaktor Biogas

Biogas merupakan hasil proses produksi degradasi material organik dengan bantuan mikroorganisme. Proses degradasi material organik dapat dilakukan melalui proses aerobik maupun anaerobik. Degradasi secara aerobik diperlukan energi yang lebih besar dibandingkan dengan fermentasi anaerobik. Senyawa-senyawa organik di dalam kondisi aerobik sukar atau lambat didegradasi dibandingkan dengan kondisi anaerobik (Suriawiria, 2008).

2.2.3.1 Fermentasi Aerobik

Kebanyakan sel disusun oleh senyawa organik. Sel dibangun oleh beberapa makromolekul seperti protein, karbohidrat dan lemak. Degradasi senyawa organik ini dapat dilakukan melalui proses aerobik. Degradasi aerobik membutuhkan oksigen bebas untuk mendegradasi makromolekul tersebut menjadi lebih sederhana (Waluyo, 2007).

Mikroorganisme yang berperan dalam perombakan bahan organik adalah bakteri hidrolitik. Bakteri hidrolitik berperan terlebih dahulu memecah bahan organik kompleks menjadi senyawa sederhana seperti gula, asam

amino, asam propionate dan lain-lain. Senyawa-senyawa sederhana ini kemudian digunakan sebagai sumber nutrisi untuk bakteri asetogenik dan dikonversi menjadi asam-asam organik seperti asam asetat. Asam asetat akan dirombak lebih lanjut dengan membebaskan energi yang besar dan karbondioksida menjadi gas metana dalam proses aerobik (Sumady, 2009).

2.2.3.2 Fermentasi Anaerobik

Proses yang terjadi dalam suatu *digester anaerobic* pada umumnya adalah penguraian zat organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tidak terdapatnya udara bebas. Fermentasi anaerobik lebih mudah didegradasi dibandingkan dengan fermentasi aerobik. Fermentasi anaerobik dapat menghasilkan biogas yang efektif dengan adanya simbiosis antara mikrorganisme yang berada didalam fermentor (Suriawiria, 2008).

2.2.4 Mekanisme Pembentukan Biogas

Pembentukan biogas meliputi empat tahap proses, yaitu: hidrolisis, fermentasi (*acidogenesis*), oksidasi anaerobik (*acetogenesis*) dan metanogenesis. Empat tahap proses tersebut saling berkaitan satu sama lain untuk memproduksi biogas yang efektif dan efisien. Produksi biogas dibutuhkan parameter lingkungan yang optimal, nutrisi dan mikroorganisme untuk proses dekomposisi bahan-bahan organik (Zieminski dan Magdalena Frac, 2012; Arntzen, 2013).

Hidrolisis adalah tahap pertama dari proses dekomposisi biogas. Pada tahap ini gula, lemak dan protein yang diubah menjadi senyawa organik yang

lebih sederhana seperti asam amino, gula sederhana, asam lemak dan beberapa alkohol. Tahap pertama ini sangat penting karena molekul organik kompleks untuk langsung diserap dan digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber substrat dan nutrisi (Schnurer dan Jarvis, 2009).

Molekul organik kompleks seperti protein, lemak dan karbohidrat akan dipecah menjadi senyawa organik sederhana dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh bakteri hidrolitik (Jarvis *et al.*, 2004). Enzim hidrolisis yang diproduksi oleh bakteri dan bereaksi dengan air akan memecah senyawa organik kompleks menjadi gula sederhana, asam amino, asam lemak dan alkohol (Persson *et al.*, 2010).

Tahap fermentasi (*acidogenesis*) dalam proses biogas menghasilkan asam organik (asam asetat, asam propionat, asam butirat, asam suksinat, asam laktat), alkohol, amonia (dari asam amino), karbon dioksida dan hidrogen (Schnurer dan Jarvis, 2010). Selama tahap ini, bakteri asidogenik mengubah zat kimia yang larut dalam air, termasuk hasil hidrolisis menjadi asam organik rantai pendek (format, asetat, propionat, butirat, pentanoik), alkohol (metanol, etanol), aldehid, karbon dioksida dan hidrogen dari dekomposisi protein, asam amino dan peptida (hidrolisis) yang akan menjadi sumber energi bagi mikroorganisme anaerobik (Zieminski dan Magdalena Frac, 2012).

Hasil reaksi yang terbentuk selama tahap fermentasi selanjutnya dipecah oleh berbagai reaksi oksidasi anaerobik. Tahapan ini yang sangat penting dalam proses biogas yang membutuhkan kerjasama yang erat antara organisme yang melakukan oksidasi dan organisme yang memproduksi

metana yang aktif dalam tahap berikutnya, yaitu pembentukan metana murni. Selama oksidasi anaerobik, proton digunakan sebagai akseptor elektron akhir dan menghasilkan gas hidrogen (*acetogenesis*) (Schnurer dan Jarvis, 2009).

Tahap metanogenesis adalah tahap terakhir dalam pembentukan biogas. Tahap ini menggunakan asam asetat, hidrogen dan karbon dioksida untuk menghasilkan metana (Schnurer dan Jarvis, 2009). Tahap metanogenesis dilakukan oleh beberapa kelompok mikroorganisme yang mendegradasi asam asetat, karbon dioksida dan hidrogen menjadi metana. Produksi metana dilakukan oleh bakteri metanogenik. Bakteri metanogenik pada tahap ini dari kelompok *Archaea*, eukariot dan bakteri (*Eubacteria*). Kondisi stabil dalam tahap ini, sekitar 70% dari produksi metana berasal dari degradasi asam asetat, sedangkan sisanya 30% berasal dari karbon dioksida dan hidrogen (Jorgensen, 2009).

2.2.5 Bakteri dalam Proses Fermentasi Anaerobik

Adapun bakteri yang terlibat dalam proses fermentasi anaerobik, yaitu bakteri hidrolitik yang memecah bahan organik menjadi gula dan asam amino. Bakteri asidogenik yang mengubah gula dan asam amino menjadi asam organik. Bakteri asetogenik mengubah asam organik, karbon dioksida, dan hidrogen menjadi asam asetat. Bakteri yang menghasilkan metana dari asam asetat, hidrogen dan karbondioksida. Bakteri hidrolitik merupakan bakteri *meshofilik* yang berperan dalam proses hidrolisis seperti *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Lactobacillus* dan *Streptococcus* (Yanti, 2009).

Organisme lain yang membantu dalam tahap hidrolisis dari genus *Streptococcus* dan *Enterobacterium* (Bryant, 1979).

Bakteri yang berperan dalam tahap asidogenik dari genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Micrococcus* atau *Flavobacterium* (Zieminski dan Magdalena Frac, 2012). Bakteri yang berperan dalam tahap asetogenik dari genus seperti *Syntrophomonas* dan *Syntrophobacter* (Schink, 1997). *Methanobacillus* dan *Desulfovibrio* (Suriawiria, 2008). Organisme lain yang membantu dalam tahap asetogenik dari spesies seperti *Syntrobacytter wolinii* dan *Syntrophomonas wolfei* (Yanti, 2009).

Bakteri metanogenik seperti *Methanobacterium omelianskii*, *Methanobacterium solugenii*, *Methanobacterium suboxydons*, *Methanomicrobium*, *Methanosarcina*, *Metanococcus*, *Methanothrix* dan *Methanobacillus* (Sumady, 2009; Yanti, 2009). Kelompok organisme metana dari genus seperti *Methanosaetaceae*, *Methanosarcinaceae*, *Methanosarcinales* dan *Methanosarcina barkeri* (Megonigal *et al.*, 2004). *Methanosaeta*, *Methanosarcina*, *Methanobacterium*, *Methanococcus*, *Methanogenium* dan *Methanobrevibacter* (Liu dan Withman, 2008).

2.2.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Lingkungan berpengaruh terhadap laju pertumbuhan mikroorganisme untuk proses aerobik maupun anaerobik. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses anaerobik antara lain: temperatur, pH, kadar air, konsentrasi substrat, *Volatile Fatty Acid* (VFA) dan ammonia (NH_3). Produksi biogas yang efisien dipengaruhi oleh berbagai faktor diantara nya:

Temperatur berpengaruh terhadap perkembangan bakteri dalam proses pencernaan bahan organik. merupakan bakteri golongan mesofil yang hidup di suhu kamar. Temperatur optimum berkisar antara 30-35 °C. Kisaran temperatur ini mengkombinasikan kondisi terbaik untuk pertumbuhan bakteri dan produksi metana di dalam digester dengan proses yang singkat (Yanti, 2009).

Derajat keasaman (pH) dapat mempengaruhi laju produksi biogas. Kondisi keasaman yang optimal pada pencernaan anaerobik yaitu sekitar pH 6,8 sampai 8, laju pencernaan akan menurun pada kondisi pH yang lebih tinggi atau rendah (Haryati, 2006). menggunakan asam organik untuk sumber nutrisi dan tidak bisa mengatasi dalam lingkungan asam. Lingkungan yang optimum adalah pH antara 6,5-8 dan tingkat yang ditoleransi adalah 7,2. Ketika proses ini seimbang, keasaman dalam fermentor akan berada dalam kisaran tersebut. Keasaman yang seimbang di dalam fermentor dapat mengoptimalkan dan menstabilkan untuk memproduksi biogas. Serasah yang mengendap di lumpur (sedimen) memiliki pH lebih tinggi, yaitu sekitar 8 -8,3 karena kandungan amonium yang lebih tinggi (Jorgensen, 2009).

Kadar air dapat mempengaruhi produksi biogas. Air berperan penting dalam proses dekomposisi bahan organik. Penambahan air dapat meratakan sebaran bakteri dalam substrat, menjamin pencampuran, ketersediaan nutrien, melarutkan inhibitor, menghambat transport oksigen dari udara serta memfasilitasi penukaran substrat, nutrisi dan *buffer* (Yanti, 2009).

Pertumbuhan mikroorganisme membutuhkan unsur-unsur seperti Carbon, Nitrogen, Posfor dan Sulfur harus ada pada sumber makanannya (substrat). Sel mikroorganisme mengandung Carbon, Nitrogen, Posfor dan Sulfur dengan perbandingan 100 : 10 : 1 : 1. Konsentrasi substrat dapat mempengaruhi proses kerja mikroorganisme. Kondisi yang optimum dicapai jika jumlah mikroorganisme sebanding dengan konsentrasi substrat. Kandungan air dalam substrat dan homogenitas sistem juga mempengaruhi proses kerja mikroorganisme. Kandungan air yang tinggi akan memudahkan proses penguraian, sedangkan homogenitas sistem membuat hubungan antar mikroorganisme dengan substrat menjadi lebih erat (Manurung, 2004).

Volatile Fatty Acid (VFA) atau asam lemak volatil adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi produksi biogas. Selain sebagai sumber energi, VFA memiliki peran sebagai pembentuk protein mikroorganisme. Keberhasilan proses asidifikasi dapat dilihat dari tingkat pembentukan asam-asam organik rantai pendek yang berupa asam butirat, asam propionat dan asam asetat yang keseluruhannya dideteksi dengan analisa kadar VFA (Purwati, 2011). VFA terbentuk dalam proses pengasaman atau asidogenesis untuk pembentukan asam-asam organik di dalam *anaerobik digester* seperti asam asetat, asam format, asam propionat dan asam butirat (Jorgensen, 2009). Asam-asam organik tersebut digunakan oleh mikroorganisme untuk proses asetogenesis yang akan menghasilkan gas metana dan karbon dioksida (Wieland, 2010).

Ammonia (NH_3) adalah hasil katabolisme protein yang diekskresikan oleh organisme dan merupakan salah satu hasil dari penguraian zat organik oleh bakteri. Ammonia di dalam air terdapat dalam bentuk tak terionisasi (NH_3) atau bebas dan dalam bentuk terionisasi (NH_4^+) atau ion amonium (Dinas Perikanan, 1997). Ammonia adalah gas yang diperoleh dari hasil pemecahan senyawa nitrogen atau protein. Ammonia merupakan sumber penting dari nitrogen dan diperlukan untuk sintesis asam amino (Rani dan Neeraja, 2013).

2.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah kebutuhan oksigen kimiawi bagi proses deoksigenasi dalam suatu perairan (Hidayah *et al.*, 2012). COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi polutan organik dalam jumlah tertentu dan merupakan salah satu parameter penting dalam menetapkan tingkat pencemaran (Iqbal dan Nugroho, 2006). COD adalah jumlah oksidan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1000 mL contoh uji. Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg/L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak (SNI, 2004).

2.4 Sedimen Danau

Sedimen yang terakumulasi di dasar danau selain sebagai sumber nutrisi juga mengandung logam beracun dan polutan organik. Sedimen memiliki sifat fisik dan kimia sebagai pengendali dalam penyerapan serta pelepasan nutrisi. Sedimen memasuki danau secara tidak merata sehingga penting untuk mempertimbangkan penyebaran ketika terjadi perubahan lingkungan di danau. Sedimen berperan didalam metabolisme danau dan dapat dianggap sebagai sumber informasi tentang perubahan lingkungan yang terjadi baik di badan air dan di daerah tangkapan air (Wells dan Richard, 2011).

Proses yang mempengaruhi keseimbangan sedimentasi diantaranya: stratifikasi dalam kolam air danau, masukan dari sungai, produksi organik, pergerakan gelombang, dan topografi (Leandro, 2004). Sedimen danau dapat memproduksi biogas karena mengandung konsentrasi bahan organik yang tinggi dalam keadaan tidak adanya oksigen (anaerobik). Hasil dari anaerobik berupa biogas adalah gas yang mengandung berbagai campuran gas metana (CH_4) biasanya sekitar 60% dan karbon dioksida bersama dengan gas-gas lainnya. Biogas dapat diproduksi dalam jumlah besar dengan sumber bahan organik dan oksigen bebas sebagai sumber nutrisi kepada mikroorganisme (University of Alaska Fairbanks, 2011). Mikroorganisme yang terdapat dari sedimen danau pada umumnya dari kelompok bakteri dan alga (Ask, 2010).

Penelitian sebelumnya ditemukan *Makrophyta* (*Najas marina*, *Potamogeton pectinatus*) dari sedimen danau Nueva, Andalusia (Spanyol)

(Vicente *et al.*, 2006). Sampel sedimen danau Chaka, Cina ditemukan *Archaea*, bakteri dari air danau, genus *Holomonas* dari kelompok *Gammaproteobacteria* diperoleh dari sedimen danau. Bakteri dari air danau dapat diklasifikasikan dari genus *Firmicutes*, dan bakteri yang lain diklasifikasikan dari genus *Actinobacteria* serta ditemukan beberapa spesies *Archea* dari genus *Haloarcula* (Jiang *et al.*, 2006).

2.5 Klasifikasi Mutu Air

Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu: Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidaya ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan pembudidaya ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (PPRI, No.82, 2001).

BAB III

METODOLOGI

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan bulan Februari 2014 hingga bulan April 2014.

Sampel penelitian ini berasal dari tiga situ (danau), yaitu Taman Wisata Alam Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk. Pengambilan sedimen dan air situ sebanyak 3 (tiga) titik di setiap lokasi. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Teknologi Nuklir Nasional (PAIR- BATAN) Pasar Jumat, Jakarta Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah *gas analyzer* MRU Vario Plus Industrial®, mikroskop Novel®, pH meter Hanna®, Thermoreactor HACH DRB 200®, UV-VIS Perkin Elmer®, plastik sampel 5 kg, sekop, *Eckman grab*, termometer, pH indikator, botol sampel, *soil tester*, *botol winkler*, GPS GARMIN 78s®, erlenmeyer 1000 ml, *syringe glass* 100 ml Fortun®, cawan Conway, destilator *volatile fatty acid* (VFA), pipet tetes, penutup karet (*probe*), selang plastik, *object glass*, *cover glass*, timbangan analitik, *water bottle sampler*, *cool box* dan oven.

Bahan-bahan yang digunakan adalah sedimen situ, air situ, alkohol 70%, aquadest, alumunium foil, vaselin, H₂SO₄, AgSO₄, K₂Cr₂O₇, HgSO₄, KHP, K₂CO₃ 4%, H₃BO₃, NaOH 0,1 N dan HCl 0,00635 N.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dengan teknik pengambilan secara komposit sampel (*Compousit samples*) dilakukan di tiga lokasi yaitu Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk, masing-masing lokasi penelitian diambil tiga titik untuk dibuat sampel komposit (dicampur) dalam luasan 19 cm x 14 cm (Wells dan Richard, 2011). Penentuan titik sampel berdasarkan tingkat sedimentasi tinggi (dangkal) yaitu $\pm 5 - 100$ cm (Fischer, 2005; Torres *et al.*, 2010; Wells dan Richard, 2011) dan pemanfaatan dari aktivitas manusia maupun alami. Titik yang telah ditetapkan kemudian dilakukan *marking* menggunakan GPS untuk mengetahui titik koordinat.

3.4 Prosedur Kerja Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel

Sampel sedimen dan air situ diambil pada pagi hari pukul 06.30 WIB-09.00 WIB. Setiap titik dilakukan pencuplikan sedimen dari dasar situ dengan kedalaman tertentu menggunakan *Eckman Grab* atau sekop. Sedimen situ (danau) dimasukkan ke dalam plastik sampel 5 kg dan diikat menggunakan karet serta disimpan dalam *cool box*. Setelah itu, dilakukan pengukuran faktor abiotik di tiga titik pada setiap lokasi.

Sampel air situ (danau) diambil menggunakan *water bottle sampler* di 3 (tiga) titik yang sama dengan tempat pencuplikan sedimen. Sampel air situ diambil untuk menyesuaikan kondisi habitat alami mikroorganisme agar tidak mati. Sebelum pencuplikan sedimen, terlebih dahulu diambil air situ

dari setiap lokasi untuk ditempatkan pada botol. Sampel sedimen dan air situ yang didapat dari lokasi kemudian dibawa ke Laboratorium PAIR-BATAN, Pasar Jumat, Jakarta Selatan untuk dilakukan analisis dan preparasi tahap selanjutnya. Masing-masing titik sampling dilakukan pengukuran faktor fisika dan kimia lingkungan yaitu, suhu udara dan suhu air menggunakan termometer, pH air situ menggunakan pH indikator, kelembapan dan pH sedimen menggunakan *soil tester* serta pengamatan kondisi di sekitar titik. Pengukuran faktor fisika dan kimia lingkungan Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk bertujuan untuk mengetahui kondisi lingkungan yang optimum bagi mikroorganisme khususnya bakteri metanogenik dalam pembentukan gas metana.

3.4.2. Preparasi Sampel

Sampel yang diambil dari titik lokasi kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis kandungan gas. Sampel sedimen dipindahkan dari plastik sampel sebanyak $\pm 0,5$ kg ke dalam erlenmeyer 1000 ml. Air situ ditambahkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 500 ml. Erlenmeyer kemudian di tutup dengan penutup karet (*probe*) sehingga dapat terhubung dengan selang plastik *syringe glass* sehingga terbentuk fermentor sederhana (Lampiran 7). *Syringe glass* merupakan wadah penampungan gas yang dihasilkan dari sampel, alat ini dapat diketahui volume gas yang dihasilkan selama inkubasi.

Sampel dikondisikan dalam keadaan anaerobik dengan penyedotan udara yang ada di dalam erlenmeyer menggunakan *syringe glass*. Kondisi

anaerobik, yaitu kondisi tidak terdapatnya udara pada erlenmeyer yang diindikasikan *syringe glass* tidak dapat ditarik. Sampel yang telah dikondisikan dalam keadaan anaerobik untuk mencegah kebocoran atau masuknya udara ke erlenmeyer, maka disekitar karet penutup diolesi vaselin. Selama 28 hari sampel diinkubasi pada suhu ruang. Analisis di laboratorium yang dilakukan adalah pelarutan setiap sampel sedimen dalam gelas beaker dengan air situ masing-masing sampel dengan perbandingan 1:1. Setelah sampel homogen dilakukan pencuplikan sebanyak 5 ml untuk pengukuran pH menggunakan pH meter dan diukur VFA total serta ammonia pada hari ke-0 sebelum inkubasi dan setelah inkubasi 28 hari.

3.4.3 Analisis Sampel Sedimen

Sampel sedimen dianalisis pada hari ke-0 dan hari ke-28 untuk mengetahui adanya degradasi bahan organik oleh mikroorganisme. Sampel komposit dari masing-masing lokasi diambil, kemudian ditimbang cawan petri untuk mengetahui beratnya (A). Sampel ditimbang untuk mengetahui berat basahnya (B), lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105 °C selama 24 jam untuk mengetahui berat keringnya (C). Berat kering setelah didapatkan, maka dapat diketahui persen berat kering dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ BK} = \frac{(C-A)}{(B-A)} \times 100\%$$

Keterangan: BK = Berat Kering, C = Berat kering sampel, A = Berat cawan, B = Berat sampel + cawan.

Persen berat kering setelah diketahui kemudian sampel dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 400°C - 600°C selama 4 - 5 jam dan abu didinginkan di dalam desikator untuk mengetahui berat abu (D) setelah diketahui, maka dapat dihitung persen bahan organik dengan digunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ BO} = 100 - \frac{(D-A)}{(B-A)} \times 100\%$$

Keterangan: BO = Bahan Organik

Berdasarkan data % BO maka dapat dihitung % degradasi BO dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Degradasi BO} = \% \text{ BOaw} - \% \text{ BOak}$$

Keterangan: % Degradasi BO = Degradasi bahan organik

BOaw = Bahan organik sebelum di inkubasi (awal)

BOak = Bahan organik setelah di inkubasi (akhir).

3.4.4 Pengukuran Produksi Gas

Selama inkubasi 28 hari, akan terbentuk gas yang tertampung pada *syringe glass*. Pengukuran volume gas dilakukan pada hari ke-0, 7, 14, 21 dan 28 hari (Marselia, 2008). Pengukuran volume gas untuk mengetahui komposisi biogas

oleh mikroorganisme (CH_4 , CO_2 , O_2 , H_2S , NO , CO , NOx , SO_2 , dan NO_2) serta dicatat setiap hari volume gas dalam *syringe glass* kemudian diukur menggunakan *Gas Analyzer* (Lampiran 9) yang berada di Laboratorium PAIR-BATAN, Pasar Jumat - Jakarta Selatan. Volume gas yang telah diukur akan dihitung (hasil total volume gas yang dihasilkan). Prinsip *Gas Analyzer* yaitu alat ini memiliki detektor yang dapat mendeteksi gas-gas berdasarkan keelektronegatifan yang tinggi dan hasil berupa numerik (angka).

3.4.5 Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan Metode HACH

Sampel yang diukur berupa air yang berasal dari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk. Sampel diukur pada pagi hari pukul 09.00 WIB-13.00 WIB di Laboratorium Lingkungan Pusat Laboratorium Terpadu (PLT) UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Sebelum sampel diukur dilakukan pembuatan *digestion solution* dengan menimbang 1,0216 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dicampurkan dengan 16,7 ml H_2SO_4 dan 3,33 g HgSO_4 dan dilarutkan hingga homogen kemudian ditera sampai 100 ml dengan aquadest. Pembuatan *sulfuric acid solution* dibuat perbandingan AgSO_4 dan H_2SO_4 yaitu 0,375 g : 36,82 ml kemudian dilarutkan hingga homogen. Pembuatan ion standar COD 500 mg/ ml ditimbang 0,0425 g Kalium Hidrogen Pthalat (KHP), kemudian ditera dengan aquadest dalam 100 ml labu ukur. Standar yang digunakan yaitu 0, 60, 86 dan 125 ppm.

Proses kalibrasi dengan kebutuhan dari sampel sesuai deret konsentrasi kemudian perbandingan dibuat sampel atau standar : *digestion solution* : *sulfuric acid* yaitu 2,5 ml : 1,5 ml : 3,5 ml dan dimasukan dalam tabung HACH. Tabung HACH dimasukan dalam *Thermoreactor* yang telah dipanaskan dengan suhu 150

⁰C selama 2 jam (Ikbal dan Nugroho, 2006). Tabung HACH diangkat dan didinginkan kemudian diukur pada UV-VIS dengan panjang gelombang 620 nm. Pengukuran COD dilakukan untuk mengetahui jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik maupun anorganik dalam jumlah tertentu yang terdapat dalam air dan salah satu parameter penting dalam menetapkan tingkat pencemaran.

3.4.6 Pengukuran Ammonia (NH_3)

Bagian tengah cawan Conway diisi dengan 1 ml indikator Conway dan dibagian kiri cawan Conway diisi dengan 1 ml K_2CO_3 jenuh serta pada bagian kanan cawan Conway diisi dengan 1 ml sampel sedimen. Cawan ditutup rapat kemudian sampel di campur dengan K_2CO_3 secara perlahan lahan dan didiamkan minimal selama 3 jam lalu dititrasi dengan HCl 0,00635 N sampai berubah warna merah jambu pucat. Volume titrasi dapat diketahui dan dicatat. Pengukuran amonia dilakukan untuk mengetahui konsentrasi amonia yang dapat mempengaruhi dalam pembentukan biogas. Konsentrasi ammonia (NH_3) dapat dihitung dengan digunakan rumus sebagai berikut (Menke dan Steingass, 1998):

$$A = B \times C \times D$$

Keterangan: A = Konsentrasi NH_3 , B = Volume Titrasi, C = Konsentrasi HCl , dan D = BM NH_3 .

3.4.7 Pengukuran *Volatile Fatty Acid* (VFA) Total

Proses pengukuran VFA total dilakukan dengan teknik destilasi uap. Proses destilasi dilakukan dengan cara menghubungkan tabung dengan labu yang

berisi air mendidih. Sebanyak 5 ml sampel (masing-masing lokasi) ditambah 1 ml H₂SO₄, disentrifus 3000 rpm selama 10 menit, supernatan yang diperoleh diambil 2 ml untuk didestilasi. Destilat ditampung sampai dengan 100 ml kemudian ditetesi *indikator phenolphthalein* dan dititrasi dengan NaOH 0,1 N, hingga berwarna merah muda. Adanya pengukuran VFA total, dapat diketahui hasil total asam lemak terbang yang dapat digunakan bakteri untuk metabolisme. Pengukuran VFA untuk mengetahui hasil total asam lemak terbang yang dapat digunakan bakteri untuk metabolisme dalam pembentukan biogas .

Apabila VFA tinggi diharapkan asam-asam organik yang dikonversi menjadi gas akan lebih banyak, maka dapat dihitung dengan digunakan rumus sebagai berikut (Plummer,1971):

$$\text{VFA} = \text{Volume NaOH} \times 0,1 \times \frac{6}{2} \times \frac{100}{5}$$

Keterangan: VFA= *Volatile Fatty Acid* (mmol/100 ml), 6 = 5 ml sampel + 1 ml

H₂SO₄, 2 = ml sampel yang digunakan untuk destilasi, 100 = Hasil

tampungan destilasi, 5 = Sampel.

3.4.8 Pengamatan Mikroorganisme

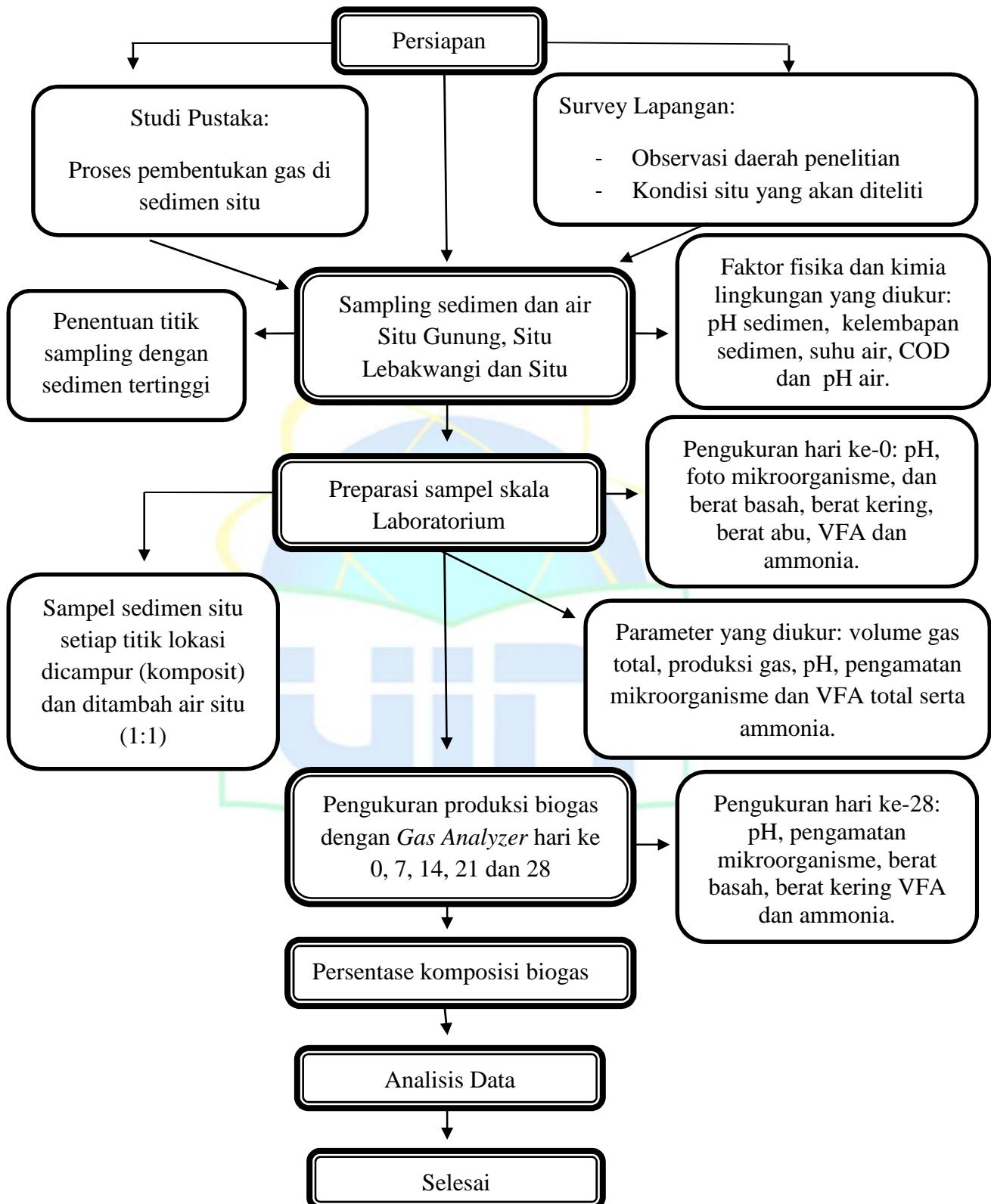
Mikroskop disiapkan untuk pengamatan mikroorganisme. Sampel sedimen diambil sebanyak 1 tetes untuk dibuat apusan di kaca objek. Sampel yang berada di kaca objek diamati dengan mikroskop pada perbesaran 40x,

100x dan 1000x. Masing-masing pengamatan pada setiap perbesaran dilakukan dokumentasi. Dokumentasi yang diperoleh kemudian dilakukan identifikasi dengan menggunakan buku *Microbiology* (Cowan dan Talaro, 2002) dan Buku Mikrobiologi Air (Suriawiria, 2008). Pengamatan mikroskopis ini dilakukan untuk mengetahui keberadaan mikroorganisme sebagai penghasil biogas pada sedimen situ hari ke-0 dan hari ke-28.

3.5 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 (dua) kali pengulangan. Data yang telah didapat dari pengukuran faktor fisika dan kimia lingkungan serta pengamatan mikroorganisme dianalisis secara deskriptif. Data pH kultur, VFA total, ammonia, persentase degradasi bahan organik, dan volume gas total serta komposisi gas (persentase CH₄ dan CO₂) dianalisis secara statistik dengan uji *Analysis of varians* (Anova) satu arah pada taraf signifikansi 95%. Jika hasil uji Anova tersebut berbeda nyata, maka dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) taraf signifikansi 95%. Analisis ini menggunakan program *Software Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) V.20.

3.6 Alur Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Faktor Fisika dan Kimia Lingkungan

Hasil pengukuran faktor fisika dan kimia lingkungan di Kawasan Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan masing-masing titik pengambilan sampel. Hasil pengukuran faktor fisika dan kimia lingkungan di Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki nilai yang berbeda (Tabel 2). Kedalaman pengambilan sedimen dan air di lokasi Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk berbeda yaitu 16 – 22 cm, 53 – 54 cm dan 20 – 48 cm. Pengambilan sedimen di ketiga lokasi berdasarkan sedimentasi tertinggi (dangkal) karena biogas secara nyata terdapat pada sedimen dangkal yang terbentuk di rawa-rawa, sawah, dan danau air tawar yang anoksik (Arifin, 2010).

Tabel 2. Faktor Fisika dan Kimia Lingkungan Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.

Lokasi	Kedalaman Pengambilan Sedimen (cm)	pH Sedimen	pH Air	Kelembapan Sedimen (%)	Suhu Air (°C)	COD mg/L
Situ Gunung	16 – 22	6,2 - 7,2	6	50 – 78	28–29,5	ND
Situ Lebakwangi	53 – 54	6,6 – 6,8	6	80	29,5–30	ND
Situ Cileduk	20 – 48	6,4 – 6,6	6,7	80	30,5–33	38,69

Keterangan: ND : *Not Detected*

Sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki nilai pH dengan kisaran 6,2 – 7,2, 6,6 – 6,8 dan 6,4 - 6,6. Hasil pengukuran pH air Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki sifat air yang asam karena memiliki nilai 6, 6 dan 6,7. Bakteri metanogenik memiliki sifat mesofilik (netrofilik), yaitu mikroorganisme yang tumbuh pada pH antara 5,5 – 8,0 (Waluyo, 2007). Ketiga lokasi tersebut memiliki nilai pH sedimen dan pH air yang optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme mesofilik khususnya bakteri metanogenik dengan kisaran 6,5 – 8 untuk pembentukan biogas (Jorgensen, 2009).

Sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki nilai kelembapan dengan kisaran 50 – 80 %. Hal ini disebabkan oleh substrat dari ketiga lokasi yang berbeda yaitu lumpur berpasir, lumpur lempung dan tanah lumpur serta kondisi disekitar lingkungan seperti vegetasi, serasah maupun aktivitas manusia. Mikroorganisme seperti ragi dan bakteri memiliki nilai kelembapan optimum yang tinggi yaitu 85 % sedangkan untuk jamur dan aktinomiset diperlukan kelembapan yang rendah < 80 % (Waluyo, 2007).

Hasil pengukuran suhu air Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk yaitu 28 – 29,5 $^{\circ}\text{C}$, 29,5 – 30 $^{\circ}\text{C}$, dan 30,5 – 33 $^{\circ}\text{C}$. Suhu air Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk mendukung mikroorganisme khususnya bakteri metanogenik untuk menghasilkan biogas. Bakteri metanogenik tidak aktif pada suhu yang sangat tinggi atau rendah. Suhu optimum bakteri metanogenik yaitu 35 $^{\circ}\text{C}$. Jika suhu turun menjadi 10 $^{\circ}\text{C}$ maka produksi biogas akan terhenti. Produksi

biogas yang ideal berada pada daerah mesofilik yaitu antara $25 - 30^{\circ}\text{C}$ (Mara, 2012).

Hasil pengukuran COD Situ Gunung dan Situ Lebakwangi tidak terdeteksi. Hal ini diduga disekitar kawasan Situ Gunung dan Situ Lebakwangi didominasi oleh tanaman air seperti eceng gondok dan jenis rerumputan liar yang telah menyerap zat organik maupun anorganik pada air situ. Berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa tanaman eceng gondok dapat menurunkan konsentrasi COD. Penurunan konsentrasi COD awal hingga akhir perlakuan adalah 720-287 ppm. Hal ini menunjukkan adanya zat organik yang terserap oleh eceng gondok dan lumpur aktif sebagai sumber energi (Ratnani, 2012). Tanaman eceng gondok dapat menyerap dan menurunkan konsentrasi logam berat seperti cadmium dan plumbum lebih cepat dan terakumulasi habis (Tosepu, 2012).

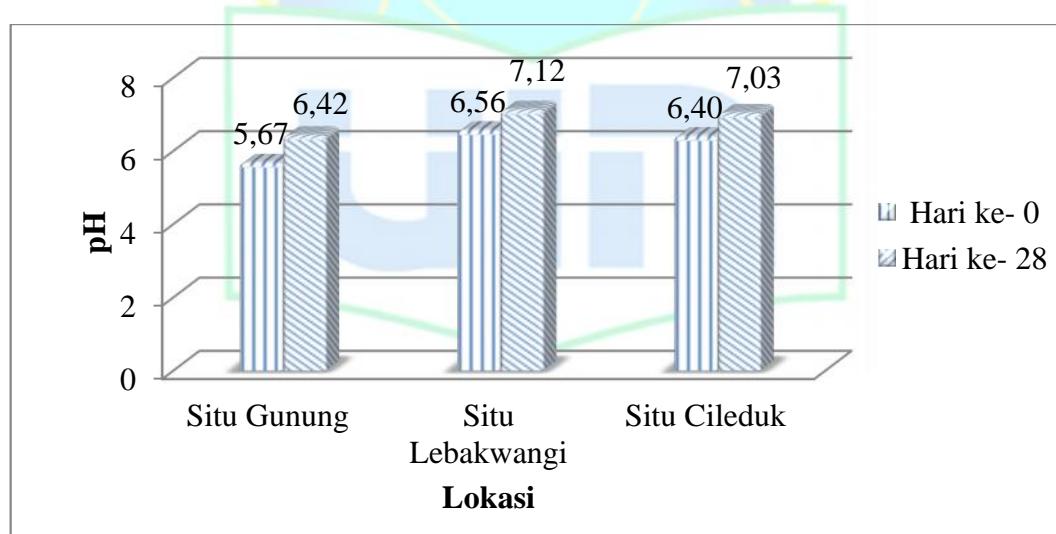
Sampel air Situ Cileduk memiliki nilai COD sebesar 38,69 mg/L. Hal ini disebabkan air Situ Cileduk mengandung senyawa organik yang bersifat komplek dengan tingkat pencemaran yang cukup tinggi. Nilai COD air Situ Cileduk telah melebihi batas maksimum baku mutu untuk Kelas I (baku mutu air minum) dan Kelas II (baku mutu untuk budidaya perikanan air tawar) yaitu 10 dan 25 mg/L (PPRI No. 82, 2001). Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/ L (Effendi, 2003).

Keberadaan senyawa organik dapat berasal dari alam ataupun aktivitas rumah tangga dan industri. Nilai kandungan COD dalam perairan relatif tinggi, maka ada kecenderungan kandungan logam berat dalam air dan sedimen juga tinggi (Manahan, 2002). Nilai COD akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme

khususnya bakteri asetogenik (*acetogenesis*) untuk mendegradasi asam-asam organik yang akan membentuk asam asetat sehingga menghasilkan gas metana. Sekitar 70% dari COD semula diubah menjadi asam asetat (Sunarto *et al.*, 2013).

4.2 Hasil Pengukuran pH Kultur

Nilai pH kultur sampel yang berasal dari sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk mengalami perbedaan setelah 28 hari inkubasi (Gambar 1). Nilai pH mengalami peningkatan dengan kisaran 5,67 – 7,12 untuk semua sampel. Perubahan pH menunjukkan adanya aktivitas metabolisme mikroorganisme yang berasal dari sedimen dan air danau. Akan tetapi, hasil statistik Anova menunjukkan bahwa perubahan pH kultur setiap sedimen tidak berbeda nyata ($P>0,05$) (Lampiran 10).



Gambar 1. Nilai Perubahan pH Hari ke-0 dan Hari ke-28 Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.

Berdasarkan hasil pengukuran nilai pH kultur diketahui terdapat perbedaan pada sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk pada hari ke-0. Sampel Situ Gunung memiliki nilai pH terendah yaitu 5,67. Berbeda dengan Situ

Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki nilai pH yaitu 6,56 dan 6,40. Hal ini diduga Situ Gunung yang terletak dibawah kaki Gunung Gede Pangrango sehingga mengandung banyak hidrogen sulfida (H_2S) yang terlarut. H_2S memiliki sifat asam (Arizona *et al.*, 2011).

Sampel Situ Lebakwangi memiliki nilai pH tertinggi yaitu 7,12 sedangkan Situ Gunung dan Situ Cileduk yaitu 6,42 dan 7,03 pada hari ke-28. Hal tersebut disebabkan adanya degradasi sedimen (substrat) Situ Lebakwangi oleh mikroorganisme yang mengandung protein sehingga lebih cepat untuk membentuk senyawa ammonia yang bersifat basa. Peningkatan nilai pH ketiga lokasi tersebut dari hari ke-0 dan hari ke-28 diduga mikroorganisme lebih banyak mendegradasi senyawa yang mengandung nitrogen seperti protein sehingga dihasilkan senyawa yang bersifat basa seperti ammonia (NH_3) (Seadi *et al.*, 2008).

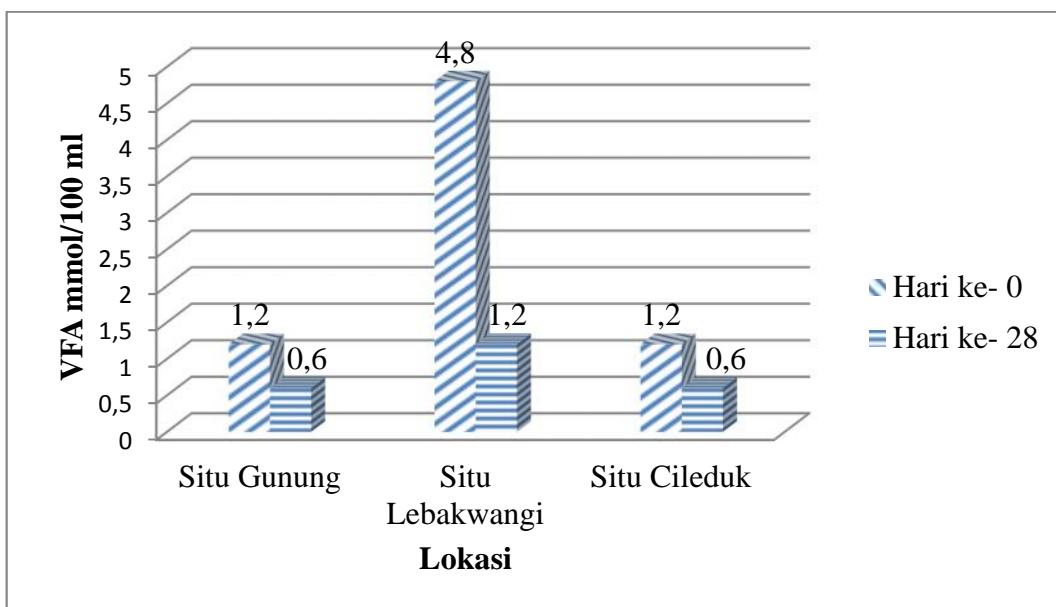
Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk pada hari ke-0 dan hari ke-28 memiliki nilai pH dengan kisaran 5,67 - 7,12 untuk produksi biogas. Proses berlangsungnya biogas memiliki nilai pH dengan kisaran 6 – 8 dan optimal ± 7 di dalam *anaerobic digestion* (Igoni *et al.*, 2008). Sampel Situ Gunung memiliki nilai di bawah pH optimum yaitu 5,67, tetapi meningkat menjadi 6,42 sehingga menunjukkan nilai pH yang mendukung untuk menghasilkan biogas.

4.3 Hasil Pengukuran Volatile Fatty Acids (VFA) Total

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki nilai VFA total yang berbeda selama inkubasi 28 hari (Gambar 2). Perbedaan nilai VFA total Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk disebabkan adanya

aktivitas metabolisme oleh mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa-senyawa organik sederhana yang akan menghasilkan VFA dari sedimen dan air danau. Hal tersebut didukung hasil uji Anova menunjukkan bahwa VFA total setiap sedimen berbeda nyata ($P<0,05$). Perbedaan yang sangat nyata terjadi pada sedimen Situ Lebakwangi (Lampiran 10).

Sampel Situ Gunung dan Situ Cileduk memiliki nilai VFA total yang sama sebesar 1,2 mmol/100 ml, sedangkan Situ Lebakwangi sebesar 4,8 mmol/100 ml pada hari ke-0. Hal ini disebabkan sampel Situ Gunung dan Situ Cileduk masih dalam tahap awal untuk mendegradasi substrat oleh mikroorganisme sehingga nilai yang diperoleh rendah, sedangkan nilai VFA total Situ Lebakwangi lebih tertinggi karena proses awal substrat yang didegradasi oleh mikroorganisme lebih cepat dan pH pada hari ke-0 tidak terlalu asam yaitu 6,56 (Gambar 1), sehingga dapat mendukung mikroorganisme dalam pembentukan VFA. Nilai pH yang rendah dapat mengganggu aktivitas bakteri dan menyebabkan kematian. Aktivitas bakteri yang terganggu mengakibatkan laju degradasi bahan organik dalam pembentukan VFA menjadi terhambat (Marselia, 2008).



Gambar 2. Nilai VFA Total Hari ke-0 dan Hari ke-28 Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.

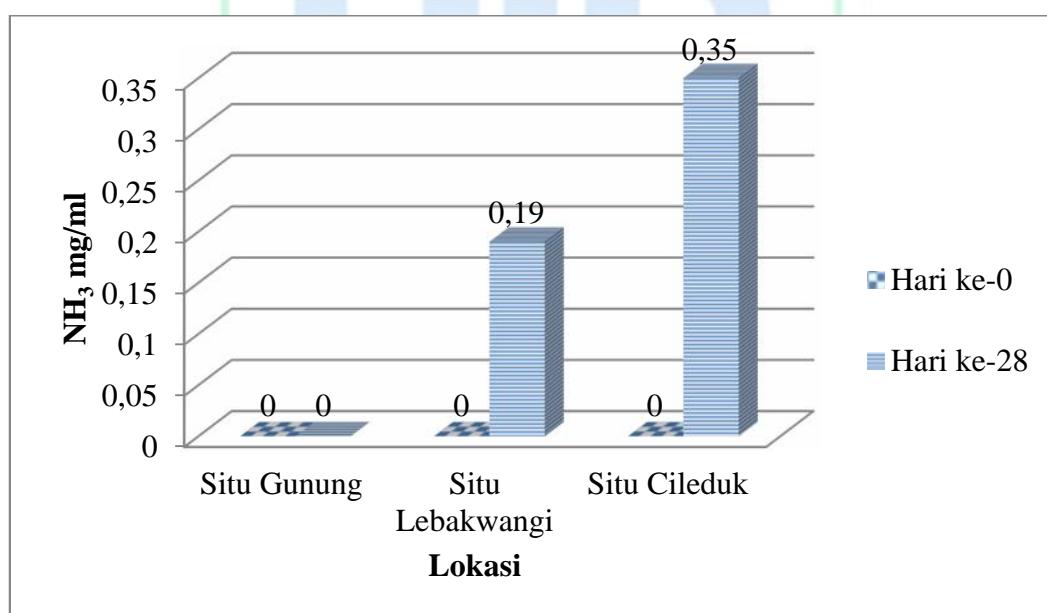
Sampel Situ Gunung dan Situ Cileduk memiliki nilai VFA total yang sama sebesar 0,6 mmol/100 ml, sedangkan Situ Lebakwangi sebesar 1,2 mmol/100 ml pada hari ke-28. Hal ini disebabkan sampel Situ Gunung dan Situ Cileduk memiliki pH hari ke-28 tidak terlalu asam atau mendekati netral yaitu 6,42 dan 7,03 (Gambar 1), sama halnya dengan Situ Lebakwangi memiliki nilai pH yaitu 7,12 yang bersifat basa. Nilai pH yang mencapai diatas 6,3 akan mengakibatkan kandungan VFA (asam asetat dan propionat) semakin menurun (Marselia, 2008). Oleh karena itu, dapat dikatakan kandungan VFA dipengaruhi oleh fluktuasi nilai pH.

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk mengalami penurunan nilai VFA total dari hari ke-0 sampai hari ke-28. Hal ini berbanding terbalik dengan hasil pengukuran pH yang meningkat (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat faktor lain yang mempengaruhi akumulasi VFA

selain nilai pH, yaitu kapasitas buffer dari *anaerobic digester* tergantung dari jenis biomassa yang terkandung di dalamnya (Seadi *et al.*, 2008).

4.4 Hasil Pengukuran Ammonia (NH_3)

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki nilai ammonia yang berbeda pada hari ke-0 dan hari ke-28 (Gambar 3). Nilai ammonia sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk mengalami peningkatan dengan kisaran sebesar 0 – 0,35 mg/ml. Peningkatan nilai ammonia sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk menunjukkan adanya aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa-senyawa organik sederhana seperti nitrogen yang akan membentuk senyawa ammonia dari sedimen dan air danau. Hasil tersebut didukung dengan uji Anova menunjukkan bahwa ammonia setiap sedimen berbeda nyata ($P<0,05$). Perbedaan yang nyata terjadi pada setiap sedimen (Lampiran 10).



Gambar 3. Nilai Pengukuran Ammonia Hari ke-0 dan Hari ke-28 Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk pada hari ke-0 memiliki nilai ammonia sebesar 0 mg/ml atau belum terbentuk ammonia. Hal ini diduga mikroorganisme belum mendegradasi senyawa nitrogen seperti protein. Mikroorganisme dominan mendegradasi senyawa yang mengandung nitrogen seperti protein sehingga dihasilkan senyawa yang bersifat basa seperti ammonia (NH_3) (Seadi *et al.*, 2008). Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki nilai pH yaitu 5,67, 6,56 dan 6,40 pada hari ke-0. Nilai pH pada ketiga sampel sedimen tergolong asam. Hal ini dapat disebabkan belum terbentuknya senyawa ammonia pada ketiga sampel sedimen.

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki nilai ammonia sebesar 0, 0,19 dan 0,35 mg/ml pada hari ke-28. Sampel Situ Gunung memiliki nilai ammonia sebesar 0 mg/ml (belum terbentuk senyawa ammonia). Hal ini diduga belum terjadi sintesa protein oleh mikroorganisme dan sampel Situ Gunung yang memiliki ketersediaan VFA yang sedikit sebesar 0,6 mmol/ 100 ml serta pH yang bersifat asam pada hari ke-28. Sintesa protein mikroorganisme yang optimal diperlukan keseimbangan energi (VFA) dan nitrogen dalam bentuk N- NH_3 (Maryam, 2008).

Sampel Situ Cileduk memiliki nilai ammonia tertinggi yaitu 0,35 mg/ml, sedangkan Situ Lebakwangi sebesar 0,19 mg/ml pada hari ke-28. Hal ini disebabkan lingkungan sekitar Situ Cileduk terdapat eceng gondok dan dekat dengan aktivitas manusia seperti *inlet* (pembuangan limbah) serta tambak ikan (keramba ikan). Akumulasi bahan organik mengakibatkan pada penurunan kualitas air karena tingginya kandungan senyawa nitrogen anorganik, baik yang

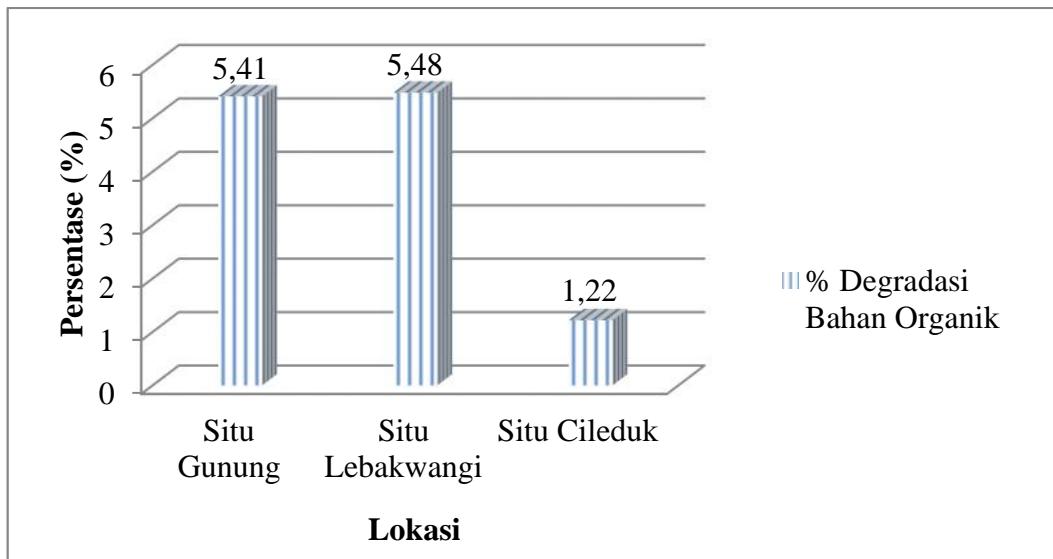
berasal dari limbah metabolisme (ekskresi), sisa pakan (*uneaten feed*), kotoran (feses), alga mati, dan bahan-bahan organik lainnya (Duborow *et al.*, 1997).

Sampel Situ Lebakwangi memiliki nilai ammonia sebesar 0,19 mg/ml. Hal ini diduga berasal dari aktivitas manusia seperti pertanian, perkebunan, tambak ikan serta industri makanan yang berada disekitar situ. Aktivitas pertanian, buangan domestik, limbah industri, limbah perikanan, peternakan, feses, urine dari ikan dan hewan serta senyawa nitrogen yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme untuk pembentukan ammonia (Goldman dan Horne, 1983). Ammonia di perairan danau berasal dari nitrogen organik dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah serta air berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikrorganisme dan jamur. Selain itu, ammonia juga berasal dari denitrifikasi pada dekomposisi limbah oleh mikroorganisme pada kondisi anaerob. Ammonia juga dapat berasal dari limbah domestik dan limbah industri (Marganof, 2007).

4.5 Hasil Persentase Degradasi Bahan Organik

Degradasi bahan organik yang berasal dari sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki nilai persentase yang berbeda setelah 28 hari inkubasi (Gambar 4). Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki nilai persentase degradasi bahan organik dengan kisaran 1,22 – 5,48 %. Nilai persentase degradasi bahan organik menunjukkan adanya aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam mendegradasi bahan-bahan organik seperti karbohidrat, protein dan lemak yang berasal dari sedimen dan air danau. Hasil uji Anova menunjukkan bahwa persentase degradasi bahan organik setiap sedimen

berbeda nyata ($P<0,05$). Perbedaan yang sangat nyata terjadi pada sedimen Situ Cileduk (Lampiran 10).



Gambar 4. Nilai Persentase Degradasi Bahan Organik Selama Inkubasi 28 Hari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.

Persentase degradasi bahan organik tertinggi terdapat pada sampel Situ Lebakwangi sebesar 5,48 %, sedangkan sampel Situ Gunung dan Situ Cileduk sebesar 5,41 dan 1,22 %. Sampel Situ Lebakwangi memiliki persentase degradasi bahan organik tertinggi diduga adanya ketersediaan sumber nutrisi seperti VFA dan NH_3 selama inkubasi 28 hari sehingga mikroorganisme dapat mendegradasi bahan organik secara optimal. VFA dan NH_3 sebagai sumber energi utama hasil produk akhir fermentasi karbohidrat dan protein bagi mikroorganisme (Yulianto, 2012).

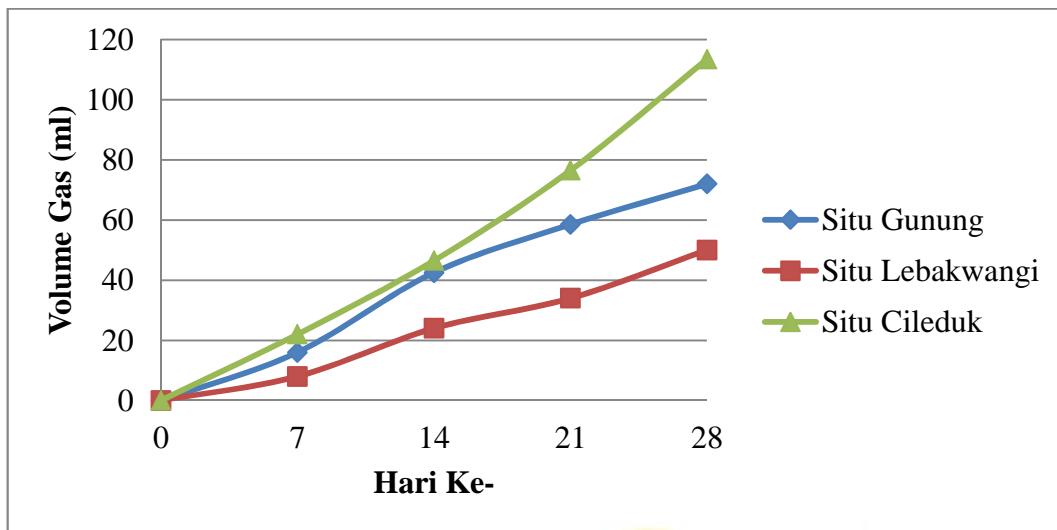
Sampel Situ Cileduk memiliki persentase degradasi bahan organik terendah sebesar 1,22 % selama inkubasi 28 hari. Hal ini disebabkan ketersediaan bahan organik yang sedikit dan persentase bahan organik mengalami penurunan selama inkubasi 28 hari (Lampiran 16). Penurunan bahan organik disebabkan

adanya degradasi oleh mikroorganisme dari bentuk padatan yang menguap menjadi senyawa sederhana sehingga persentase degradasi bahan organik rendah selama inkubasi 28 hari (Marselia, 2008).

4.6 Hasil Pengukuran Volume Gas Total

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk menunjukkan nilai akumulasi volume gas total yang mengalami peningkatan dengan pola berbeda selama inkubasi 28 hari (Gambar 5). Meskipun ada perbedaan volume gas total, tetapi hasil uji Anova menunjukkan bahwa volume gas yang dihasilkan setiap sedimen tidak berbeda nyata ($P>0,05$) (Lampiran 10). Hal ini diduga telah terjadi proses biodegradasi bahan organik oleh mikroorganisme sehingga menghasilkan gas yang meningkat. Volume gas yang meningkat karena didukung oleh kondisi lingkungan yang optimal dan substrat yang akan dimanfaatkan untuk sumber nutrisi mikroorganisme. Mikroorganisme khususnya bakteri metanogenik adalah salah satu faktor yang berperan penting dalam proses terjadinya pembentukan biogas. Peranan bakteri sangat mempengaruhi proses fermentasi saat pembentukan biogas dari bahan organik (Hudha, 2007).

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki volume gas total yang meningkat dari hari ke-0 sampai hari ke-28. Hal ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa organik. Mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa organik memanfaatkan nutrisi untuk kebutuhan metabolismenya seperti VFA, CO_2 dan H_2 untuk menghasilkan gas metana (Manurung, 2004).



Gambar 5. Nilai Volume Gas Total Selama Inkubasi 28 Hari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk mengalami peningkatan volume gas total yang memuncak dari hari ke-21 sebesar 58,5, 34 dan 76,5 ml sampai hari ke-28 sebesar 72, 50 dan 113,5 ml. Biogas mencapai puncak pada hari ke-20 sampai hari ke-25 dalam digester anaerobik (Widjajanto, *et al.*, 2010). Sampel Situ Cileduk mengalami peningkatan volume gas tertinggi sampai hari ke-28 sebesar 113,5 ml, sedangkan sampel Situ Gunung dan Situ Lebakwangi sebesar 72 dan 50 ml. Sampel Situ Cileduk mengalami peningkatan volume gas total tertinggi disebabkan ketersediaan sumber nutrisi yang cukup bagi mikroorganisme. Sumber nutrisi sampel Situ Cileduk diduga berasal dari ketersediaan ammonia tertinggi sebesar 0,35 mg/ml (Gambar 3). Ammonia merupakan senyawa yang penting untuk proses biogas karena sebagai nutrisi bagi mikroorganisme (Seadi *et al.*, 2008).

Sampel Situ Gunung memiliki volume gas total sebesar 72 ml sedangkan Situ Lebakwangi sebesar 50 ml selama inkubasi 28 hari. Hal ini disebabkan sampel Situ Gunung berupa lumpur dan didominasi dengan serasah (tumbuhan

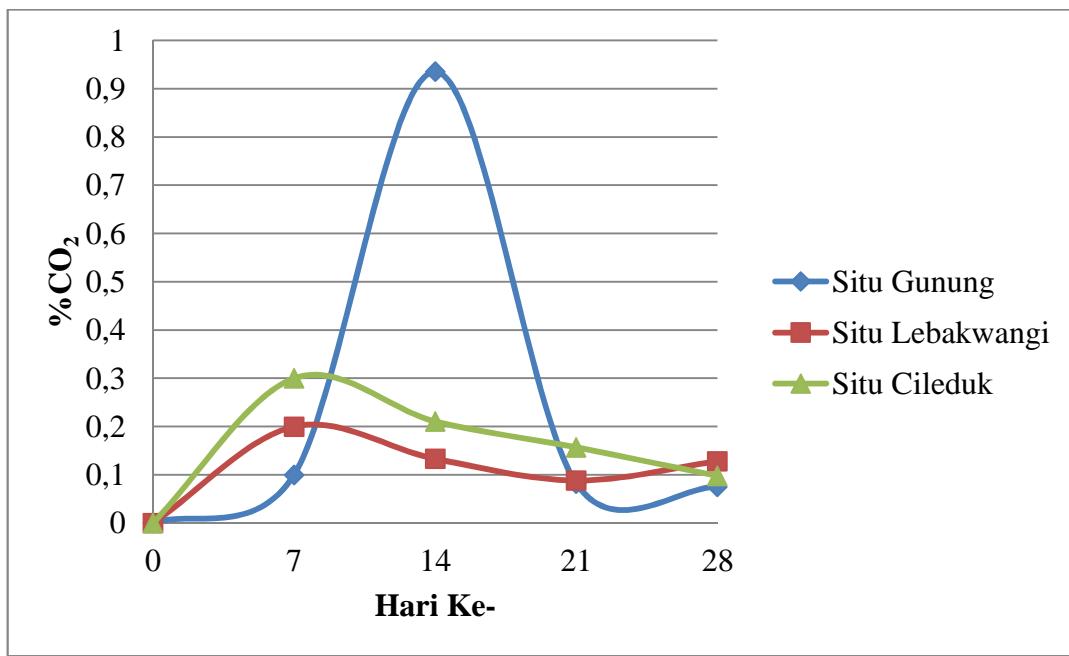
air) yang didegradasi lebih cepat oleh aktivitas mikroorganisme, sedangkan sampel Situ Lebakwangi seperti tanah lempung, ranting dan sedikit berbatu sehingga mikroorganisme membutuhkan waktu yang lama untuk mendegradasi. Biogas dapat terbentuk dari komposisi bahan atau substrat yang lebih sederhana, sehingga mikroorganisme lebih cepat mendegradasi bahan organik sebagai bahan proses pembentukan biogas (Setiawan, 1996).

4.7 Hasil Analisis Komposisi Biogas

4.7.1 Hasil Persentase Gas CO₂

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk dari volume gas total yang dihasilkan menunjukkan adanya persentase kandungan gas CO₂ selama 28 hari inkubasi (Gambar 6). Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki persentase kandungan gas CO₂ dengan pola yang berbeda. Meskipun hasil yang diperoleh berbeda, tetapi uji Anova menunjukkan bahwa persentase gas CO₂ yang dihasilkan dari setiap sedimen tidak berbeda nyata ($P>0,05$) (Lampiran 10). Hal ini diduga adanya aktivitas mikroorganisme seperti bakteri hidrolitik, asidogenik, asetogenik dan metanogenik. Bakteri tersebut dapat mendegradasi makromolekul organik kompleks dan diubah menjadi senyawa organik sederhana sehingga dapat terbentuknya gas CO₂ yang selanjutnya akan membentuk gas metana. Bakteri yang terlibat dalam proses anaerobik ini yaitu bakteri hidrolitik yang memecah bahan organik menjadi gula dan asam amino, bakteri fermentatif akan mengubah gula dan asam amino menjadi asam organik, bakteri asidogenik mengubah asam organik menjadi hidrogen, karbondioksida dan

asam asetat serta bakteri metanogenik yang menghasilkan metana dari asam asetat, hidrogen dan karbondioksida (Haryati, 2006).



Gambar 6. Hasil persentase gas CO₂ selama inkubasi 28 hari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki persentase gas CO₂ sebesar 0 % pada hari ke-0. Hal ini diduga pada hari ke-0 mikroorganisme masih dalam tahap awal inkubasi, sehingga mikroorganisme berada pada tahap adaptasi dengan kondisi lingkungan. Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk mengalami peningkatan pada hari ke-7 sebesar 0,1, 0,2 dan 0,3 % karena telah terbentuk gas CO₂ (Gambar 6). Terbentuknya gas CO₂, menunjukkan adanya proses degradasi senyawa organik kompleks menjadi senyawa organik sederhana oleh mikroorganisme . Sampel Situ Gunung memiliki persentase gas CO₂ yang mengalami peningkatan tertinggi sebesar 0,93 % pada hari ke-14. Hal ini disebabkan pembentukan gas biogenik berupa CO₂ yang

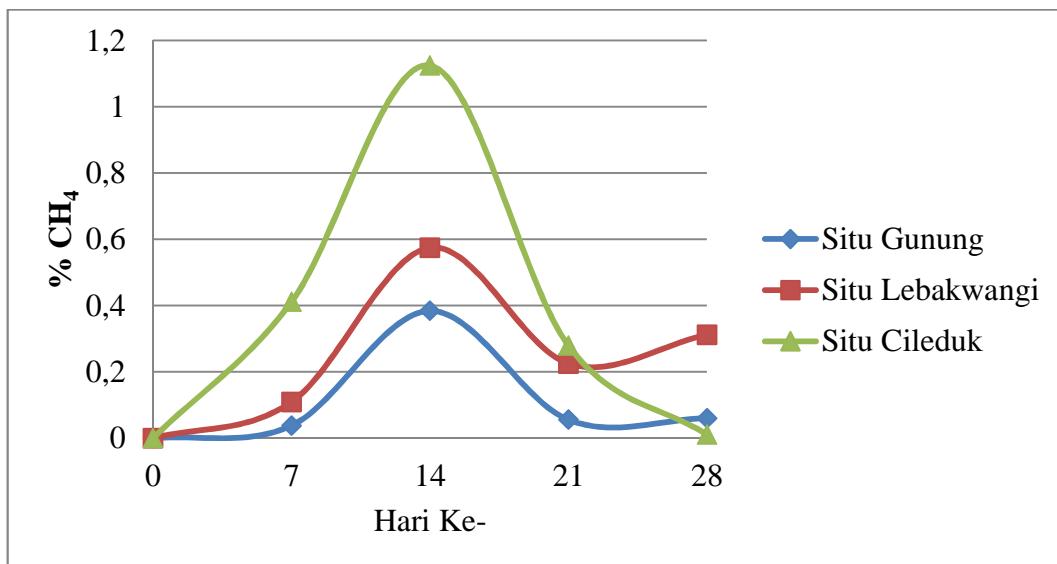
diproduksi dari tahapan proses pengasaman (*acidogenesis*) dan pembentukan gas metana (*methanogenesis*) (Mara, 2003). Mikroorganisme *anaerobic* memproduksi biogas yang terdiri dari metana dan karbon dioksida sebagai produk akhir. Proses *anaerobic digestion* dihasilkan biogas yang umumnya mengandung hidrogen sulfida (H_2S) dan ammonia (NH_3) dalam jumlah kecil begitu juga gas-gas lainnya (Alwathan *et al.*, 2013).

Sampel Situ Gunung, Situ Cileduk dan Situ Lebakwangi memiliki persentase gas CO_2 yang cenderung menurun dari hari ke-7 sebesar 0,1, 0,2 dan 0,3 % sampai hari ke-28 sebesar 0,07, 0,1 dan 0,09 %. Sampel Situ Gunung mengalami penurunan persentase gas CO_2 terendah sebesar 0,07 % pada hari ke-28. Hal ini diduga gas CO_2 telah digunakan atau direduksi oleh mikroorganisme khususnya bakteri metanogenik untuk pembentukan gas metana. Gas metana (CH_4) diketahui terbentuk sebagai hasil dari aktivitas bakteri dalam mereduksi CO_2 dengan menggunakan gas H_2 (Yenni *et al.*, 2012).

4.7.2 Hasil Persentase Gas CH_4

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk dari volume gas total yang dihasilkan menunjukkan adanya persentase kandungan gas CH_4 selama 28 hari inkubasi (Gambar 7). Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki persentase kandungan gas CH_4 dengan pola yang berbeda. Hasil tersebut berbeda dengan uji Anova menunjukkan bahwa persentase gas CH_4 yang dihasilkan setiap sedimen tidak berbeda nyata ($P>0,05$) (Lampiran 10). Hal ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme khususnya bakteri metanogenik yang dapat mendegradasi senyawa organik sederhana seperti asam asetat, hidrogen dan

karbon dioksida. Gas metana (CH_4) diproduksi dari degradasi asam asetat sebesar 70%, sedangkan sisanya berasal dari karbon dioksida dan hidrogen sebesar 30% oleh bakteri (Jorgensen, 2009).



Gambar 7. Hasil Persentase Gas CH_4 Selama Inkubasi 28 Hari Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk.

Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk memiliki persentase gas CH_4 sebesar 0 % pada hari ke-0 dan mengalami peningkatan sampai hari ke-14 sebesar 0,38, 0,57 dan 1,12 %. Hal ini menunjukkan adanya aktivitas bakteri metanogenik dalam mendegradasi asam-asam lemak, alkohol dan CO_2 menjadi gas metana. Bakteri metanogenik yang sedang mengalami masa aktif dalam tahap degradasi senyawa-senyawa organik, mampu memproduksi gas metana secara optimal (Fachry *et al.*, 2004).

Sampel Situ Cileduk memiliki persentase gas CH_4 yang mengalami peningkatan tertinggi sebesar 1,12 % pada hari ke-14. Hal ini disebabkan ketersediaan ammonia untuk proses pembentukan metana oleh bakteri metanogenik yang masih banyak sebesar 0,35 mg/ml (Gambar 3). Tahap

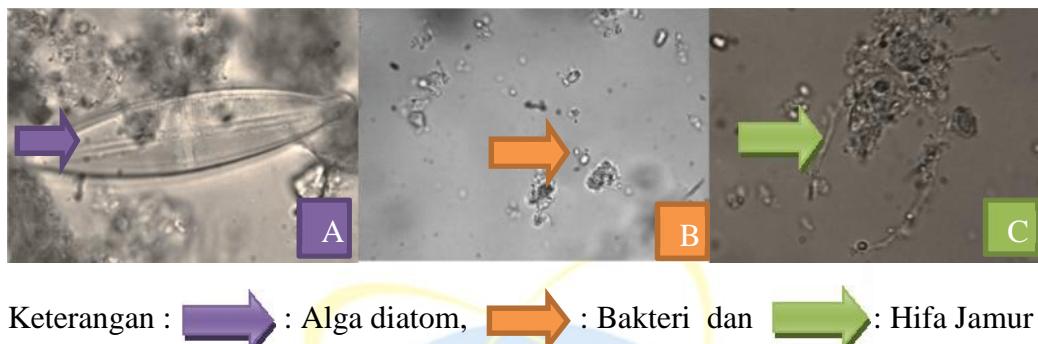
fermentasi (*acidogenesis*) dalam proses biogas menghasilkan asam organik (asam asetat, asam propionat, asam butirat, asam suksinat, asam laktat), alkohol, ammonia (dari asam amino), karbon dioksida dan hidrogen untuk pembentukan gas metana (tahap *metanogenesis*) (Schnurer dan Jarvis, 2010).

Sampel Situ Gunung, Situ Cileduk dan Situ Lebakwangi memiliki persentase gas CH₄ yang cenderung menurun dari hari ke-14 sebesar 0,38, 0,57, dan 1,12 % sampai hari ke-28 sebesar 0,06, 0,31, dan 0,01 %. Hal ini diduga aktivitas mikroorganisme khususnya bakteri metanogenik sudah tidak dapat mendegradasi senyawa seperti asam-asam organik di dalam fermentor. Menurunnya gas metana (CH₄) disebabkan ketidakmampuan bakteri metanogenik merombak bahan isian khususnya semua asam-asam organik yang terdapat di dalam digester anaerobik (Yenni *et al.*, 2012). Sampel Situ Cileduk mengalami penurunan persentase gas CH₄ terendah sebesar 0,01% pada hari ke-28. Hal ini diduga menurunnya kadar keaktifan bakteri untuk mendegradasi senyawa organik sehingga persentase gas CH₄ pada pembentukan biogas tersebut menurun (Fachry *et al.*, 2004).

4.8 Hasil Pengamatan Mikroorganisme

Hasil pengamatan mikroorganisme menunjukkan perbedaan sebelum dan setelah inkubasi selama 28 hari. Sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk ditemukan beberapa jenis mikroorganisme seperti bakteri indigenus, alga dan hifa jamur pada hari ke-0 dan hari ke-28 (Gambar 8). Mikroorganisme yang ditemukan pada sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk adalah salah satu parameter keberhasilan dalam proses pembentukan biogas.

Pembentukan biogas terdapat proses simbiosis antar mikroorganisme yang satu dengan yang lainnya. Tanpa adanya simbiosis kemungkinan besar bahwa efektivitas dan efisiensi proses dengan hasil biogas tidak akan terjadi secara baik, walaupun berjalan lancar (Suriawiria, 2008).



Gambar 8. Mikroorganisme pada Sampel Situ Gunung (A), Situ Lebakwangi (B) dan Situ Cileduk (C) Selama Inkubasi 28 Hari dengan Perbesaran 1000x.

Mikroorganisme yang ditemukan pada sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk pada hari ke-0 diduga hanya bakteri indigenus dan sisa hifa jamur saja (Lampiran 11). Bakteri indigenus tersebut diduga adalah bakteri hidrolitik, asidogenik, asetogenik ataupun metanogenik yang akan membantu proses pembentukan biogas seperti CH_4 dan CO_2 . Bakteri yang terlibat dalam proses pembentukan biogas membutuhkan beberapa elemen sesuai dengan kebutuhan organisme hidup seperti sumber makanan dan kondisi lingkungan yang optimum (Haryati, 2006).

Mikroorganisme yang ditemukan pada sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk tidak hanya bakteri indigenus saja, akan tetapi ada alga dan hifa jamur pada hari ke-28 (Lampiran 11). Mikroorganisme yang terdapat di sedimen danau pada umumnya dari kelompok bakteri dan alga (Ask,

2010). Mikroorganisme yang dominan aktif didalam proses anaerobik adalah bakteri, tetapi dapat ditemukan juga beberapa jamur (fungi) dan protozoa (Santoso, 2010).

Mikroorganisme yang ditemukan pada sampel Situ Gunung dan Situ Cileduk pada hari ke-28 diduga adalah alga diatom. Alga diatom yang banyak ditemukan memiliki bentuk yang beragam (Cowan dan Talaro, 2002). Berdasarkan Suriawiria (2008), alga diatom pada sampel Situ Gunung merupakan alga *Stauroneis* dan *Surirella*, tetapi ada yang tidak teridentifikasi karena bentuknya sangat beragam (Lampiran 11), sedangkan alga yang ditemukan pada sampel Situ Lebakwangi diduga bukan alga diatom.

Mikroorganisme pada sampel Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk ditemukan adanya bakteri, alga dan hifa jamur setelah inkubasi selama 28 hari (Lampiran 11). Hal ini disebabkan faktor kondisi lingkungan dan sumber energi yang optimum bagi mikroorganisme. Sumber energi yang tersedia bagi mikroorganisme didalam fermentor tersebut salah satunya VFA. Energi yang dihasilkan dari pembentukan VFA akan digunakan oleh mikroorganisme untuk bertahan hidup, sintesis protein dan memperbanyak diri (McDonald *et al.*, 2002). Mikroorganisme yang terdapat pada siklus fermentasi akan mengalami seleksi terhadap kondisi fermentasi, mikroorganisme yang teramat pada akhir fermentasi paling dapat bertahan hidup terhadap kondisi fermentasi (Sugoro, 2012).

Mikroorganisme seperti bakteri, alga dan hifa jamur yang telah ditemukan dalam penelitian ini saling berhubungan satu dengan yang lainnya untuk menghasilkan biogas. Selain itu, desain fermentor yang tembus cahaya

memungkinkan bagi alga untuk tetap survive dengan melakukan fotosintesis (CO_2 diperoleh dari bakteri anaerobik). Biogas tidak dapat dihasilkan dengan optimal apabila tidak adanya simbiosis antara mikroorganisme. Hubungan yang seimbang terjadi antar mikroorganisme dan setiap mikroorganisme memiliki peran masing-masing di suatu ekosistem tergantung dari potensi genetik (Sugoro, 2012).

Produksi biogas dalam proses fermentasi dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme. Selain itu, faktor fisika dan kimia lingkungan seperti kedalaman pengambilan sedimen, pH sedimen, kelembapan sedimen, pH air, suhu air dan COD juga sangat mempengaruhi kemampuan mikroorganisme dalam memproduksi biogas. Berdasarkan hasil penelitian ini, Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk dapat berpotensi menghasilkan biogas dengan cara mengukur parameter pembentuk biogas diantaranya pH kultur, VFA total, ammonia, persentase degradasi bahan organik dan pengamatan mikroorganisme.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sedimen Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk berpotensi menghasilkan biogas. Sedimen yang memiliki potensi biogas tertinggi terjadi pada hari ke-14 dalam menghasilkan gas metana yaitu Situ Cileduk sebesar 1,12 %, diikuti oleh Situ Lebakwangi dan Situ Gunung sebesar 0,57 % dan 0,38 %.

5.2 Saran

Perlu adanya optimasi faktor lingkungan dan parameter pendukung keberhasilan penelitian seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Dissolved Oxygen* (DO), turbiditas, rasio C/N, dan temperatur yang dapat diaplikasikan langsung pada skala lapangan dengan menggunakan alat fermentor yang lebih besar serta indentifikasi mikroorganisme panghasil gas metana yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan bahan bakar (*bioenergy*).

DAFTAR PUSTAKA

- Alwathan, M., R. Thahir. 2013. Pengurangan Kadar H₂S dari Biogas Limbah Cair Rumah Sakit dengan Metode Adsorpsi. *Konversi* **2**(1): 1-6.
- Arifin, L. 2010. Distribusi Lapisan Batuan Sedimen yang Mengandung Gas Biogenik dengan Metode Tahanan Jenis di Pantai Saronggi, Sumenep, Madura. *Jurnal Geologi Indonesia* **5**(2): 119-126.
- Arizona, R., E. Suryanto, dan Y. Erwanto. 2011. Pengaruh Konsentrasi Asap Cair Tempurung Kenari dan Lama Penyimpanan Terhadap Kualitas Kimia dan Fisik Daging. *Jurnal Buletin Peternakan* **35**(1): 50-56.
- Arntzen, J.O. 2013. *Manure Energy Exploitation: The Use of Biogas to secure Water Supply in Developing Countries*. University of Agder, Faculty of Engineering and Science Department of Engineering Sciences. p. 1-100.
- Ask, J. 2010. *Carbon Metabolism in Clear-Water and Brown-Water Lakes*. Department of Ecology and Environmental Science. Umea University. p. 7-30.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Bidang Pertambangan: Produksi Minyak dan Gas Alam. 2012. <http://www.bps.go.id>, 07 Januari 2014, pk. 20.47 WIB.
- Bryant, M.P. 1979. Microbial Methane Production—Theoretical Aspects. *Journal. Animal. Science* **48**(1): 193-201.
- Cowan, M.K. dan K. P. Talaro. 2006. *Microbiology*. Publication of Mc Graw Hill Higher Education.
- Dinas Bina Marga dan Pengairan. 2008. *Inventarisasi Situ-Situ*. UPTD Teknik Pengairan Wilayah Parung, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat.
- Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air. 2011. <http://www.dbmsda.tangsel.go.id>, 27 November 2013, pk. 08.30 WIB.
- Dinas Perikanan. 1997. *Pengelolaan Air pada Budidaya Udang.Bagian Proyek Pembinaan Perikanan*. Semarang. Hlm : 4-14.
- Djuita, N.R., S. Sudarmiyati, H. Candra, Sarifah, S. Nurlaili dan R. Fathony. 2004. Keanekaragaman Anggrek Di Situ Gunung, Sukabumi. *Biodeversitas* **5**(2): 77-80.
- Duborow, R.M., Crosby D.M. dan Brunson M.W. 1997. *Ammonia in Fish Pond*. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publ. No. 463.

- Effendi. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Fachry H.A.R., Rinenda dan Gustiawan. 2004. Penentuan Nilai Kalorifik yang Dihasilkan dari Proses Pembentukan Biogas. *Jurnal Teknik Kimia* **2**(5): 7-12.
- Fischer, H., F. Kloep., S. Wilzcek dan M.T. Pusch. 2005. A River's Liver Microbial Processes within The Hyporheic Zone of A Large Lowland River. *Biogeochemistry* **76**: 349–371.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1996. *Biogas Technology: A Training Manual for Extension*. Consolidated Management Services Nepal (P) Ltd. Support for Development of National Biogas Programme (FAO/Tcp/Nep/4451-T), p. 1-10.
- Graaf, D. dan R. Fendler. 2010. *Biogas production in Germany*. Federal Environment Agency. Dessau-Rosslau, p. 24.
- Goldman, C.R. dan Horne AJ. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill International Book Company. Tokyo. p. 464.
- Haryati, T. 2006. Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Wartazoa* **16**(3): 160-169.
- Haygreen, J.G. dan J.L. Bowyer. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Penerbit Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Hidayah, A.M., Purwanto dan T. R. Soeprabowati. 2012. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*.: Kandungan Logam Berat pada Air, Sedimen dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) di Karamba Danau Rawapening.
- Hudha, I.M. 2007. *Pemanfaatan Limbah Organik sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Igoni, A.H., Ayotamuno, M.J., Eze, C.L., Ogaji, S.O.T., Probert, S.D. 2008. Designs of Anaerobic Digesters for Producing Biogas from Municipal Solid-Waste. *J. Applied Energy* **85**: 430 – 438.
- Ikbal dan Nugroho, R. Pengolahan Sludge dengan Proses Biologi Anaerobik. *J. Teknologi Lingkungan* **7**(1): 80-89.

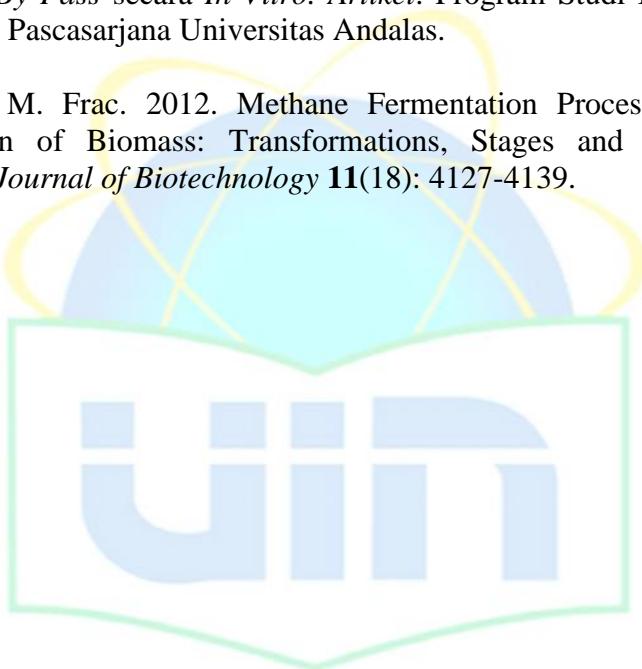
- Imam, M.F.I.A., M.Z.H. Khan, M.A.R. Sarkar dan S.M. Ali. 2013. Development of Biogas Processing from Cow Dung, Poultry Waste, and Water Hyacinth. *International Journal of Natural and Applied Science* **2**(1): 13-17.
- Jarvis, A., SLU, Uppsala. 2004. *Biogas*. Swedish Energy Agency and in cooperation with the Swedish Gas Centre, SGC.
- Jiang, H., H. Dong, G. Zhang, B. Yu, L.R. Chapman, dan M.W. Fields. 2006. Microbial Diversity in Water and Sediment of Lake Chaka, an Athalassohaline Lake in Northwestern China. *Applied and Environmental Microbiology*, American Society For Microbiology **72**(6): 3832–3845.
- Jorgensen, P.J. 2009. Biogas: *Green Energy* 2nd Edition. Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University, p. 4-34.
- Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. 2011. http://www.esdm.go.id/workshop_pilot_project_EINCOPS.pdf, 09 Januari 2014, pk. 08.57 WIB.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2008. <http://www.pu.go.id>, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane. 15 Januari 2014, pk. 23.17 WIB.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. *Bahasan Diskusi PKM II: Review Detail Desain Situ Lebakwangi*. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane, 05 April 2013.
- Leandro, A. 2004. *Investigating Physical and Chemical Properties of Sediments in Relation to Spatial Variability Across Lake Louise, Georgia*. A Report Submitted to The Department of Environmental Earth Science.
- Liu, Y. dan W.B. Withman. (2008). *Metabolic, Phylogenetic, and Ecological diversity of The Methanogenic archaea*. Annual New York Academy of Sciences. **1125**: 171-189.
- Lusk, P. 1998. Methane Recovery from Animal Manures The Current Opportunities Casebook. *Resource Development Associates*, National Renewable Energy Laboratory, Washington, DC: 1-150 hlm.
- Manahan, S.E., 2002, *Environmental Chemistry, Seventh Edition*, Lewis Publisher, New York.
- Manurung, R. 2004. *Proses Anaerobik Sebagai Alternatif untuk Mengolah Limbah Sawit*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

- Mara, D. 2003. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. Eartscan. London.
- Mara, I, M. 2012. Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO_2) dengan Larutan NaOH Terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin* **2**(1): 38-46.
- Marganof. 2007. Model Pengendalian Pencemaran Perairan Di Danau Maninjau Sumatera Barat. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Marselia. 2008. Penambahan Aktivator Pupuk Kandang untuk Produksi Biogas dari Sampah Kantin UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. *Skripsi*. Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Mc Donald, P., R.A. Edwards, Greenhalg, J.F.D dan C.A. Morgan. 2002. *Animal Nutrition*. 6th Ed. Prentice Hall, London.39.
- Menke, A. dan Steingass. 1998. A Estimation of The Energetic Feed Value Obtained fromChemical Analysis and *In vitro* Gas Production using Rumen Fluid. *Anim. Res. Dev.* pp. 7 – 55.
- Mustafa dan N.R. Ismail. 2010. Pengaruh Tekanan Biogas Terhadap Kinerja Mesin Stasioner. *Jurnal Agritek* **11**(2): 39-48.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia. 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. <https://www.google.com. PPRI N. 82 2001. pdf>, 04 April 2014, pk. 10.20 WIB.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia. 2006. <http://www.batan.go.id.no.52006. pdf>, 09 Januari 2014, pk. 09.02 WIB.
- Persson, E., Ossiansson, Carlsson, Uldal dan L.E. Olsson. 2010. *Rotning Med Inledande Hydrolyssteg för Utökad Metanutvinning Pa Avloppsreningsverk Och Biogasanläggningar*. Svenskt Gastekniskt Center, Rapport SGC 215.
- Plummer, D.T. 1971. *An Introduction to Practical Biochemistry*. Mc. Graw-Hill Publ. New Delhi.
- Purwati, S., R. S. Soetopo dan T. Idiyanti. 2011. Aplikasi Protease dan Pengaruh Suhu pada Asidifikasi Digestasi Anaerobik Dua-Tahap Lumpur Ipal Biologi Industri Kertas **1**(1): 20-30.
- Rahman, B. 2005. Biogas: Sumber Energi Alternatif. <http://www.energi.lipi.go.id>, 13 Januari 2014, pk. 11.30 WIB.
- Rani, A.S. dan P. Neeraja. 2013. Ammonia Stress Induced Biochemical Changes In Liver And Brain Of Albino Rat. *J. Bio Chemistry* **4**(2): 73-78.

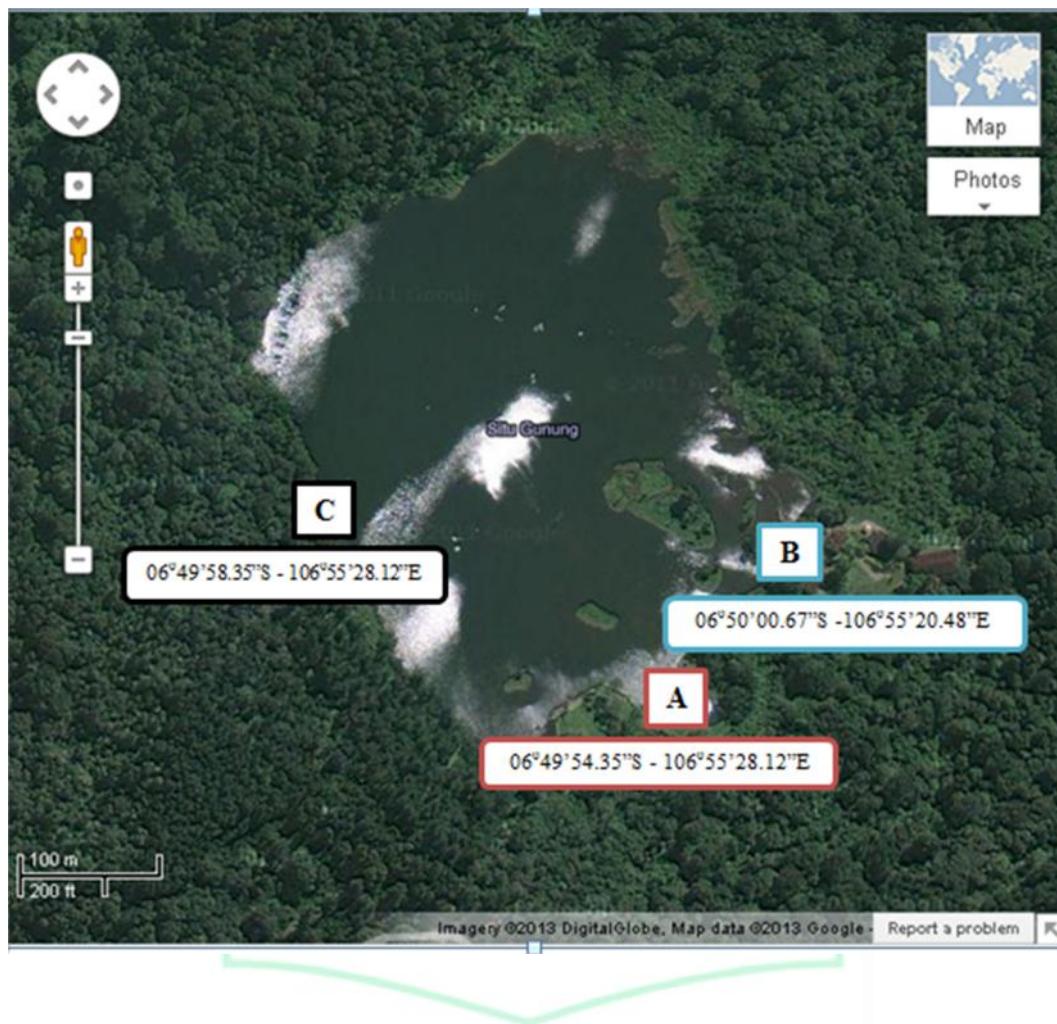
- Ratnani, R.D. 2012. Kemampuan Kombinasi Eceng Gondok dan Lumpur Aktif untuk Menurunkan Pencemaran pada Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Momentum* **8**(1): 1- 5.
- Ropiah, D. 2010. Pemanfaatan Hidrolisat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) untuk Produksi Etanol dengan *Pichia stipites*. *Skripsi*. Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Santoso, A.A. 2010. Produksi Biogas dari Limbah Rumah Makan Melalui Peningkatan Suhu dan Penambahan Urea pada Perombakan Anaerob. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret.
- Schink, B. 1997. Energetics of syntrophic cooperation in methanogenic degradation. *Microbiology and Molecular Biology Review* **61**(2): 262-280.
- Schnuer, A dan A. Jarvis. 2009. *Microbiological Handbook for Biogas Plants*. Swedish Gas Centre (SGC), Report 207. p. 1-115.
- Schnuer, A dan A. Jarvis. 2010. *Microbiological Handbook for Biogas Plants*. Swedish Gas Centre (SGC), Report 207. p. 6-138.
- Seadi, T.A., D. Rutz, H. Prassl, M. Kottner, T. Finsterwalder, S. Volk dan R. Janssen. 2008. *Biogas Handbook*. University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark. p. 2-125.
- Setiawan. 1996. *Memanfaatkan Kotoran Ternak*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. Air dan Air Limbah, Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri. <http://www.Uji kebutuhan oksigen kimiawi. pdf>, 09 Maret 2014, pk. 08.57 WIB.
- Sugoro, I. 2012. Biosolubilisasi Batubara oleh Fungi. *Disertasi*. Institut Teknologi Bandung.
- Sumady, D.R. 2009. Pengaruh Suhu, Rasio C/N dan Penambahan Bioaktivitas EM4 Terhadap Produksi Biogas dari Sampah Buah-buahan. *Skripsi*. Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Sunarto., A. Pangastuti, E. Mahajeno. 2013. Karakteristik Selama Proses Fermentsi Anaerob Biomassa Limbah Makanan. *Jurnal Ekosains* **5**(1): 45-58.
- Suriawiria, U. 2008. *Mikrobiologi Air*. Penerbit P.T. ALUMNI, Bandung.

- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Penerbit Andi Yogyakarta.
- Tanuwiria, U.H., D.C. Budiyanto, S. Darodjah, W.S. Putranto. 2010. Karakteristik Kimawi Zn-Organik dan Cu-Organik Hasil Bioproses *Saccharomyces cereviseae* dan *Monolia sitophila*. *Jurnal Ilmu Ternak* **10**(2): 73-78.
- Tresnawati, T., A.M. Fadhillah dan A. Widayani. 2004. Isolasi Bakteri Amilolitik Toleran pH 9 dari Tanah Di Taman Wisata Alam Situ Gunung-Sukabumi. *PKMI-2-3-1*. Departemen Biologi, Institut Pertanian Bogor.
- Torres, I. C., K. S. Inglett, K. R. Reddy. 2010. Heterotrophic microbial activity in lake sediments:effects of organic electron donors. *J. Biogeochemistry*. Springer Science and Business Media.
- Tosepu, R. 2012. Laju Penurunan Logam Berat Plumbum (Pb) dan Cadmium (Cd) oleh *Eichornia Crassipes* dan *Cyperus Papyrus*. *J. Manusia dan Lingkungan* **19**(1) : 37 – 45.
- UAF (University Alaska Fairbanks). 2011. Biogas. *Study case: Cordova High School*, Alaska Center for Energy and Power.
- Vicente, I.D., V. Amores, L. Cruz-Pizarro. 2006. Instability of Shallow Lakes: A Matter Of The Complexity Of Factors Involved in Sediment and Water Interaction. *Limnetica Journal* **25**(1-2): 253-270.
- Waluyo, L. 2007. *Mikrobiologi Umum: Edisi Revisi*. Penerbit UMM Press, Malang : 1-361 hlm.
- Widjajanto, D.W., H. Kusumayanti dan S. Rejeki. 2010. *Produksi Biogas dari Limbah Kotoran Sapi Perah dengan Reactor Biogas Sistem Batce Di Desa Lerep Kabupaten Ungaran*, 8-14 hlm.
- Weiland, P. 2010. Biogas Production: Current State and Perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology* **85**: 849-860.
- Wells, D.V. dan R.A. Ortt. 2011. *Deep Creek Lake Sediment Study: Physical and Chemical Characteristics of Lake Sediments*. Department of Natural Resources, Maryland Geological Survey.
- Yamani, Z. 2010. Pengukuran Kadar Amonia, Fosfat, dan Sulfat pada Air Situ Ciledug Pamulang II Tangerang Banten. *Skripsi*. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

- Yanti, A. 2009. Produksi Biogas Melalui Degradasi Bahan Organik dari Sampah Sayuran. *Skripsi*. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Yazid, M dan B. Aris. 2011. Seleksi Mikroba Menggunakan Irradiasi Gamma untuk Peningkatan Efisiensi Proses Digesti Anaerob Pembentukan Biogas. *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra* **14**(1): 47 – 55.
- Yenni, Y. Dewilda dan S.M. Sari. 2012. Uji Pembentukan Biogas dari Substrat Sampah Sayur dan Buah dengan Ko-Substrat Limbah Isi Rumen Sapi. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND* **9**(1): 26-36.
- Yulianto, R. 2012. Pengaruh Pemberian Beberapa Jenis Leguminosa dalam Ransum Berbasis Jerami Padi Amoniasi terhadap Kecernaan dan Kadar Protein By Pass secara *In-Vitro*. *Artikel*. Program Studi Ilmu Peternakan Program Pascasarjana Universitas Andalas.
- Zieminski dan M. Frac. 2012. Methane Fermentation Process as Anaerobic Digestion of Biomass: Transformations, Stages and Microorganism. *African Journal of Biotechnology* **11**(18): 4127-4139.



Lampiran 1. Peta Lokasi Sampling Sedimen dan Air pada Kawasan Taman Wisata Alam Situ Gunung (Sumber: Google Maps).



Keterangan :

- A: Titik pengambilan sedimen dan air dekat dengan resort.
- B: Titik pengambilan sedimen dan air dekat dengan semak-semak ranting.
- C: Titik pengambilan sedimen dan air dekat dengan pembuangan limbah.

Lampiran 2. Peta Lokasi Sampling Sedimen dan Air pada Kawasan Situ Lebakwangi
(Sumber: *Google Map*).



Keterangan :

- A: Titik pengambilan sedimen dan air dekat dengan tambak ikan.
- B: Titik pengambilan sedimen dan air dekat dengan perkebunan.
- C: Titik pengambilan sedimen dan air dekat dengan industri.

**Lampiran 3. Peta Lokasi Sampling Sedimen dan Air pada Kawasan Situ Cileduk
(Sumber: Google Maps).**



Keterangan :

- A: Titik pengambilan sedimen dan air dekat dengan *inlet* pemukiman.
- B: Titik pengambilan sedimen dan air dekat dengan pemancingan.
- C: Titik pengambilan sedimen dan air dekat tambak ikan.

Lampiran 4. Lokasi Pengambilan Sampel

Keterangan : Situ Gunung

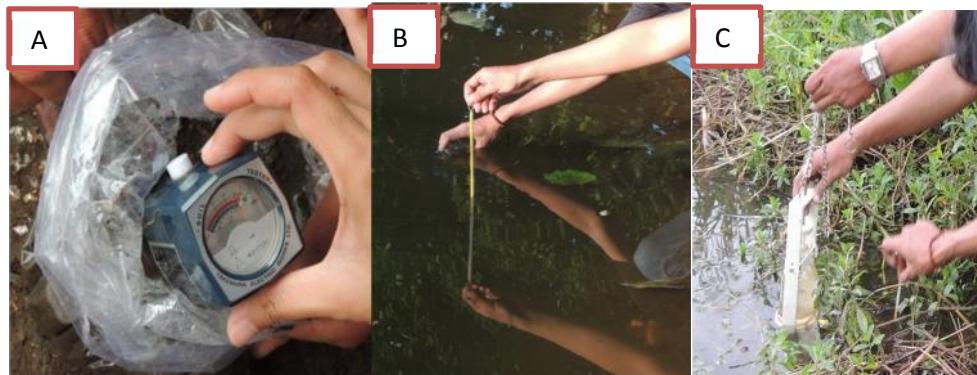


Keterangan : Situ Lebakwangi



Keterangan : Situ Cileduk

Lampiran 5. Contoh Kegiatan Pengukuran Faktor Fisika dan Kimia Lingkungan di Situ Gunung, Situ Lebakwangi dan Situ Cileduk



Keterangan:

A : Pengukuran kelembaban dan pH sedimen

B: Pengukuran suhu air

C: Pengukuran pH air dan pengambilan air untuk pengukuran COD

Lampiran 6. Contoh Kegiatan Preparasi Sampel di Laboratorium

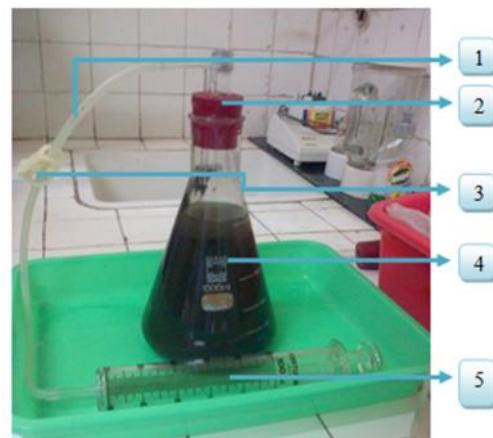
Keterangan:

A: Sedimen dan air di dalam fermentor

B: Air Situ

C: Sedimen yang telah dikompositkan

Lampiran 7. Contoh Fermentor Sederhana



Keterangan:

1. Selang Plastik
2. Penutup Karet (*probe*)
3. Penjepit
4. Labu Erlenmeyer (1000 mL)
5. Syringe Glass (100 mL)

A

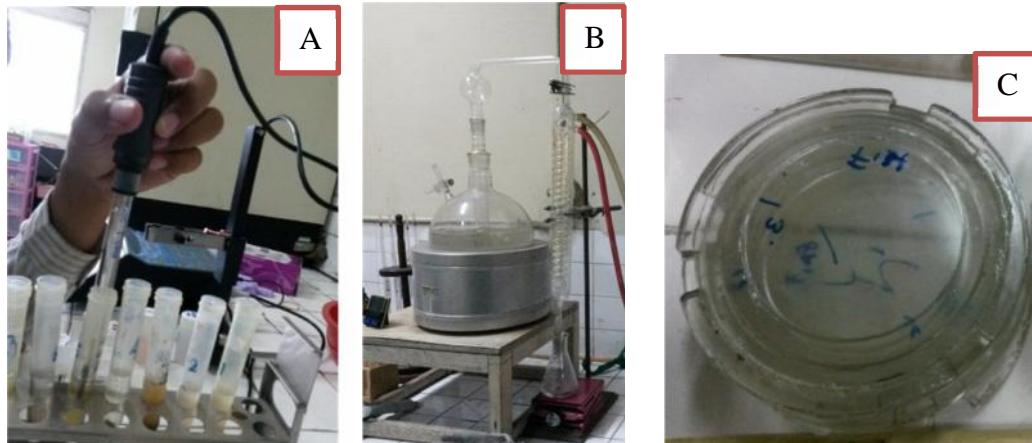


B

Keterangan:

A: Fermentor sederhana yang digunakan

B: Inkubasi fermentor pada suhu ruang

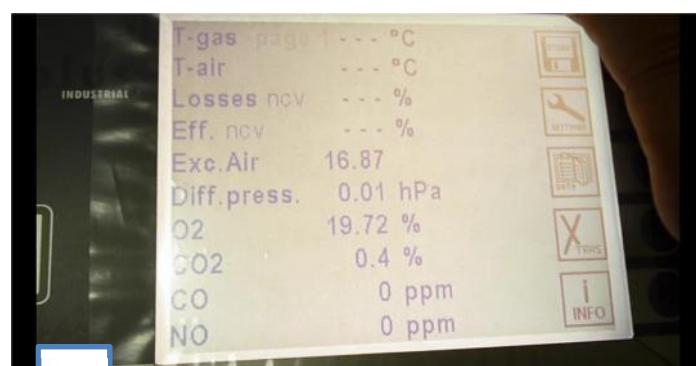
Lampiran 8. Contoh Kegiatan Pengukuran Parameter di Laboratorium

Keterangan:

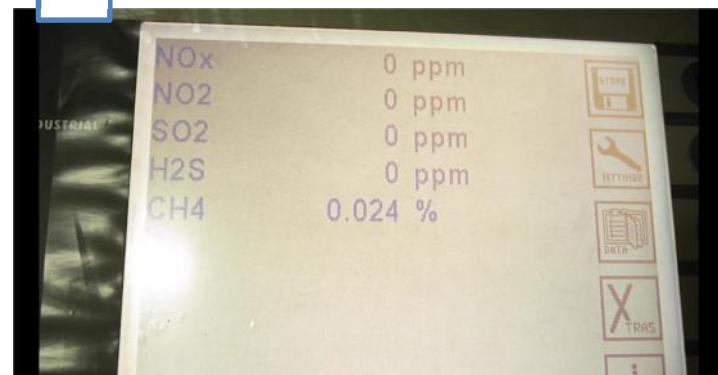
- A: pH meter yang digunakan untuk pengukuran pH kultur
- B: Destilator yang digunakan untuk pengukuran VFA total
- C: Cawan Conway yang digunakan untuk pengukuran Ammonia

Lampiran 9. Gas Analyzer

A



B



Keterangan:

A: Pengukuran Komposisi Biogas

B: Hasil Pengukuran Komposisi Biogas

Lampiran 10. Hasil Analisis SPSS

1. Hasil uji statistik pH Kultur

Deskripsi

Sedimen	N	Mean	Std. Dev	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
Situ Gunung	2	0,7500	0,55154	0,39000	-4,2054	5,7054	0,36	1,14
Situ Lebakwangi	2	0,5600	0,56569	0,40000	-4,5225	5,6425	0,16	0,96
Situ Cileduk	2	0,6300	0,29698	0,21000	-2,0383	3,2983	0,42	0,84
Total	6	0,6467	0,38713	0,15804	0,2404	1,0529	0,16	1,14

Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,037	2	0,018	0,078	0,927
Within Groups	0,712	3	0,237		
Total	0,749	5			

2. Hasil uji statistik VFA Total

Deskripsi

Sedimen	N	Mean	Std. Dev	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
Situ Gunung	2	-0,6000	0,14142	0,10000	-1,8706	0,6706	-0,70	-0,50
Situ Lebakwangi	2	-3,6000	0,56569	0,40000	-8,6825	1,4825	-4,00	-3,20
Situ Cileduk	2	-0,6000	0,00000	0,00000	-0,6000	-0,6000	-0,60	-0,60
Total	6	-1,6000	1,57099	0,64135	-3,2486	0,0486	-4,00	-0,50

Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12,000	2	6,000	52,941	0,005
Within Groups	0,340	3	0,113		
Total	12,340	5			

Duncan

Sedimen	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
Situ Lebakwangi	2	-3,6000	
Situ Gunung	2		-0,6000
Situ Cileduk	2		-0,6000
Sig.		1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

3. Hasil uji statistik ammonia

Deskripsi

Sedimen	N	Mean	Std. Dev	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
Situ Gunung	2	0,0000	0,00000	0,00000	0,0000	0,0000	0,00	0,00
Situ Lebakwangi	2	0,1900	0,04243	0,03000	-0,1912	0,5712	0,16	0,22
Situ Cileduk	2	0,3500	0,04243	0,03000	-0,0312	0,7312	0,32	0,38
Total	6	0,1800	0,15900	0,06491	0,0131	0,3469	0,00	0,38

Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,123	2	0,061	51,167	0,005
Within Groups	0,004	3	0,001		
Total	0,126	5			

Duncan

Sedimen	N	Subset for alpha = 0,05		
		1	2	3
Situ Gunung	2	0,0000		
Situ Lebakwangi	2		0,1900	
Situ Cileduk	2			0,3500
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

4. Hasil uji statistik persentase degradasi bahan organik

Deskripsi

Sedimen	N	Mean	Std. Dev	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Situ Gunung	2	5,4100	0,18385	0,13000	3,7582	7,0618	5,28	5,54
Situ Lebakwangi	2	5,4800	0,77782	0,55000	-1,5084	12,4684	4,93	6,03
Situ Cileduk	2	1,2200	0,02828	0,02000	0,9659	1,4741	1,20	1,24
Total	6	4,0367	2,21112	0,90269	1,7162	6,3571	1,20	6,03

Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23,806	2	11,903	55,830	0,004
Within Groups	0,640	3	0,213		
Total	24,45	5			

Duncan

Sedimen	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
Situ Cileduk	2	1,2200	
Situ Gunung	2		5,4100
Situ Lebakwangi	2		5,4800
Sig.		1,000	0,889

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.

5. Hasil uji statistik volume gas, CO₂ dan CH₄

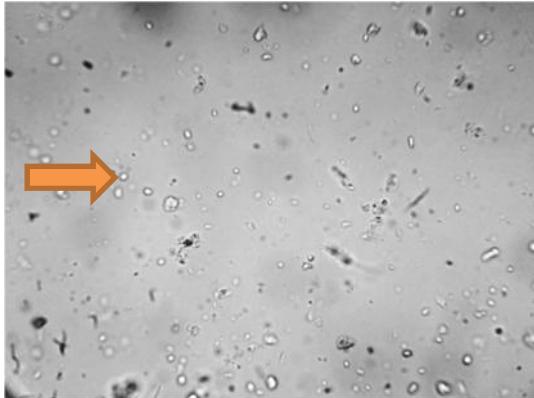
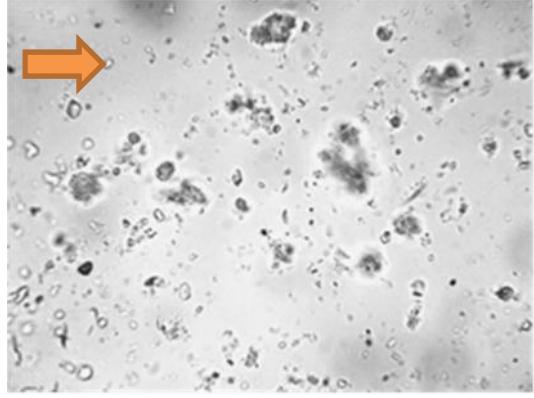
Deskripsi

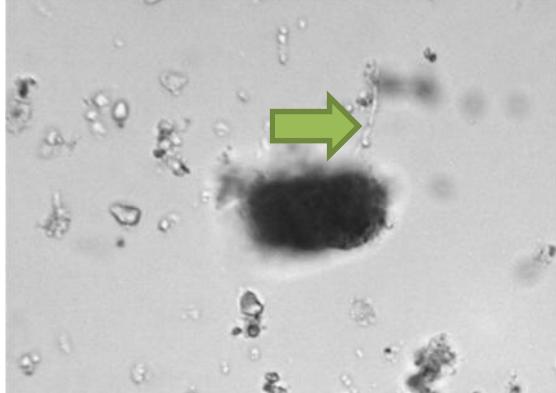
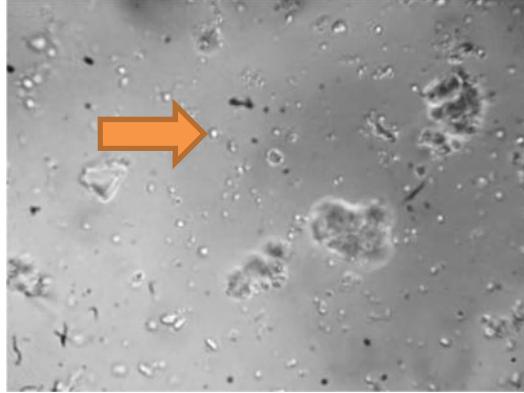
Sedimen	N	Mean	Std. Dev	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max	
					Lower Bound	Upper Bound			
VolumeGas	Situ Gunung	4	47,2500	24,07108	12,03554	8,9475	85,5525	16,00	72,00
	Situ Lebakwangi	4	29,0000	17,62574	8,81287	0,9535	57,0465	8,00	50,00
	Situ Cileduk	4	64,6250	39,47652	19,73826	1,8090	127,4410	22,00	113,50
	Total	12	46,9583	29,97610	8,65335	27,9124	66,0042	8,00	113,50
CO ₂	Situ Gunung	4	0,2875	0,40852	0,20426	-0,3626	0,9376	0,07	0,90
	Situ Lebakwangi	4	0,1200	0,05416	0,02708	0,0338	0,2062	0,08	0,20
	Situ Cileduk	4	0,1750	0,09950	0,04975	0,0167	0,3333	0,09	0,30
	Total	12	0,1942	0,23306	0,06728	0,0461	0,3422	0,07	0,90
CH ₄	Situ Gunung	4	0,1300	0,16713	0,08357	-0,1359	0,3959	0,03	0,38
	Situ Lebakwangi	4	0,3050	0,19485	0,09743	-0,0051	0,6151	0,11	0,57
	Situ Cileduk	4	0,4550	0,47360	0,23680	-0,2986	1,2086	0,01	1,12
	Total	12	0,2967	0,31367	0,09055	0,0974	0,4960	0,01	1,12

Anova

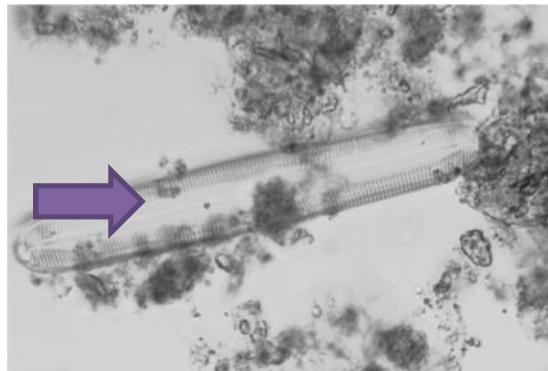
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Volume Gas	Between Groups	2538,792	2	1269,396	1,555	0,263
	Within Groups	7345,438	9	816,160		
	Total	9884,229	11			
CO ₂	Between Groups	0,058	2	0,029	0,487	0,630
	Within Groups	0,539	9	0,060		
	Total	0,597	11			
CH ₄	Between Groups	0,212	2	0,106	1,094	0,376
	Within Groups	0,871	9	0,097		
	Total	1,082	11			

Lampirann 11. Hasil Pengamatan Mikroorganisme dengan Perbesaran 1000x pada Hari ke-0 dan Hari ke- 28.

Lokasi	Hari ke-0	Keterangan
Situ Gunung	 Perbesaran 1000x	Terlihat ada bakteri.  : Bakteri
Situ Lebakwangi	 Perbesaran 1000x	Terlihat ada bakteri dan hifa jamur.  : Bakteri

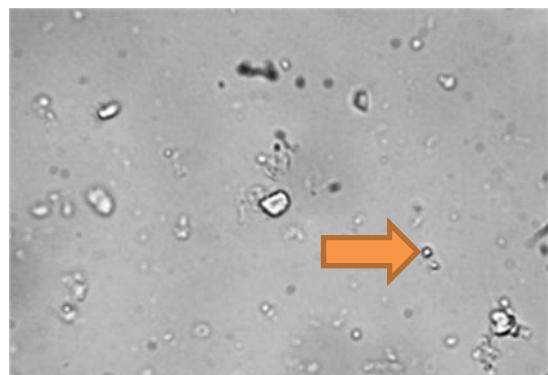
	 <p>Perbesaran 1000x</p>	 : Sisa hifa Jamur
Situ Cileduk	 <p>Perbesaran 1000x</p>	Terlihat ada bakteri.  : Bakteri

Lokasi	Hari ke-28 dengan perbesaran 1000x	Keterangan
Situ Gunung	<p style="text-align: center;">Perbesaran 1000x</p> <p style="text-align: center;">Perbesaran 1000x</p> <p style="text-align: center;">Perbesaran 1000x</p>	<p>Terlihat ada alga diatom (ganggang) dan bakteri.</p> <p>Alga diatom yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Stauroneis</i> 2. <i>Surirella</i> <p> : Alga diatom</p>



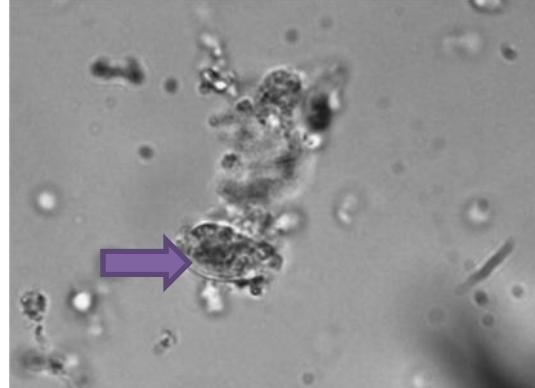
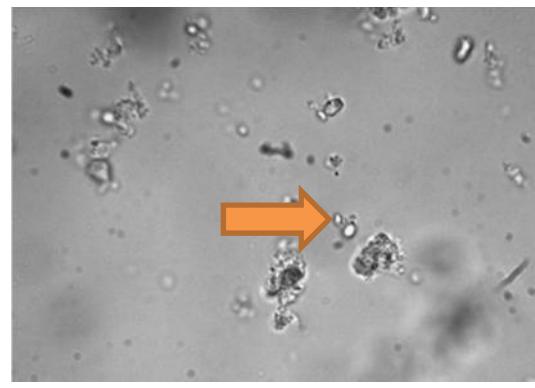
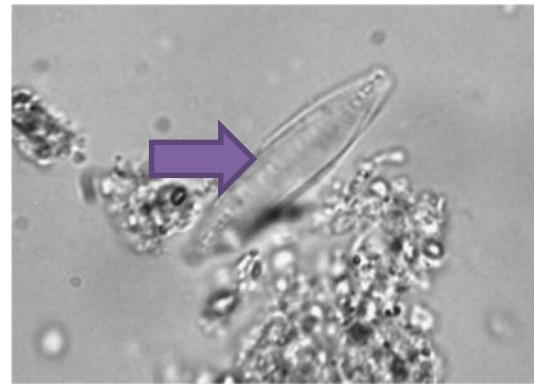
Perbesaran 1000x

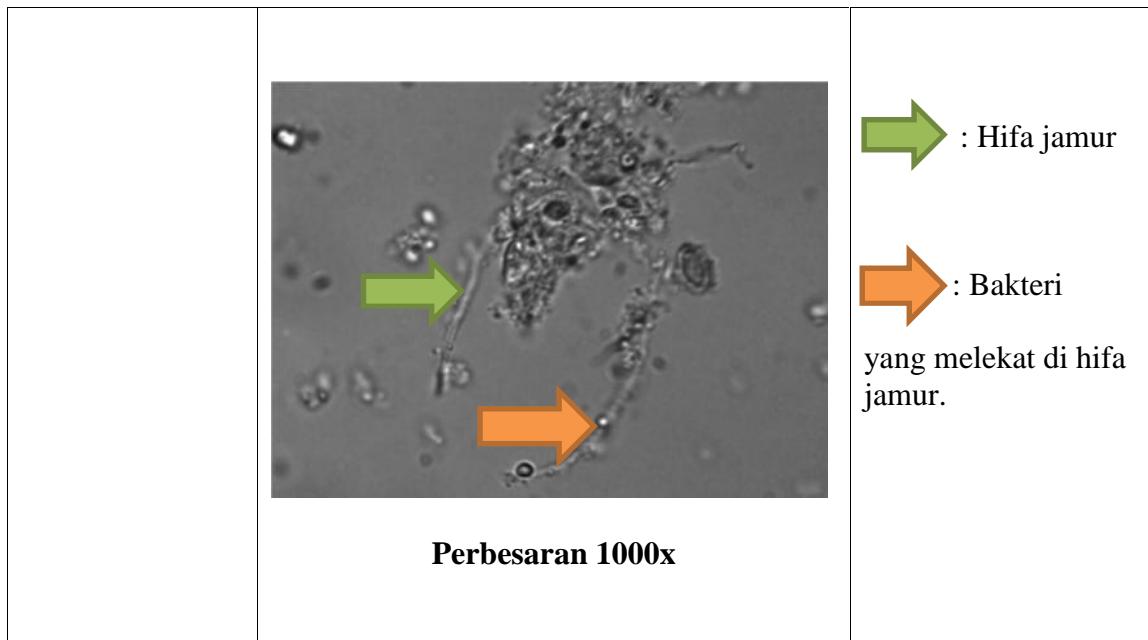
→ : Alga diatom



Perbesaran 1000x

→ : Bakteri

Situ Lebakwangi	 Perbesaran 1000x  Perbesaran 1000x	<p>Terlihat ada alga dan bakteri.</p> <p>→ :Alga</p> <p>→ : Bakteri</p>
Situ Cileduk	 Perbesaran 1000x	<p>Terlihat ada alga, hifa jamur dan bakteri.</p> <p>→ : Alga diatom</p>





KEMENTERIAN KEHUTANAN
JENDERAL PERLINDUNGAN HUTAN DAN KONSERVASI ALAM
BALAI BESAR TAMAN NASIONAL GUNUNG GEDE PANGRANGO
Jalan Raya Cibodas PO BOX 3 Sdl. CIPANAS-CIANJUR 43253 Tlp/fax (0263) 512776
E mail: info@gedepangrango.org; Website: www.gedepangrango.org

SURAT IJIN MASUK KAWASAN KONSERVASI (SIMAKSI)
Nomor: S. 265 /IV-11/BT-4/2014

- Dasar : 1. Peraturan Direktur Jenderal Perlindungan Hutan Dan Konservasi Alam No.SK.192/IV-Set/HO/2006 tanggal 13 Nopember 2006;
2. Surat Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah Jakarta Nomor: Un.01/F.9/TL.0.3/5160/2013 tanggal 21 November 2013.

Dengan ini memberikan ijin masuk kawasan TNGGP:

Kepada : Arif Raditya Nugraha (Mhs. Fa. Sains dan Teknologi – UIN Syarif Hidayatullah Jakarta) sebanyak 1 orang
Untuk : Melakukan Kegiatan Penelitian dengan Judul Skripsi "Produksi Biogas oleh Mikroorganisme Asal Sedimen dari Beberapa Danau pada Skala Laboratorium"
Lokasi : Situ Gunung, Resort PTN Wilayah IV Situgunung, Balai Besar TNGGP
Waktu : 18 Februari s.d 4 Maret 2014 (15 hari)

Dengan ketentuan :

1. Sebelum memasuki lokasi wajib melapor kepada Kepala Bidang PTN Wilayah II Sukabumi atau Kepala Seksi PTN Wilayah IV Situgunung;
2. Pelaksanaan kegiatan wajib didampingi petugas dari Balai Besar TNGGP dengan beban tanggungjawab dari pemegang SIMAKSI;
3. Memaparkan/ ekspose hasil kegiatan di Kantor Balai Besar TNGGP;
4. Menyerahkan kepada Balai Besar TNGGP copy tertulis seluruh hasil kegiatan Penelitian termasuk copy film/video/foto yang diambil, paling lambat 3 bulan setelah dilaksanakannya penelitian;
5. Dalam proses pengambilan gambar film/video/foto tidak diperkenankan memberikan perlakuan (makan, dll) kepada satwa liar yang menjadi obyek dan atau perlakuan terhadap tumbuhan liar (pemotongan/ penebangan pohon);
6. Segala resiko yang terjadi dan timbul selama berada di lokasi sebagai akibat kegiatan yang dilaksanakan menjadi tanggungjawab pemegang SIMAKSI ini;
7. Pengambilan sampel/ spesimen tumbuhan atau satwa liar dari kawasan TNGGP harus mengikuti ketentuan sebagaimana diatur dalam Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 447/Kpts-II/2003 tentang Tata Usaha Pengambilan Spesimen atau Penangkapan dan Peredaran Tumbuhan dan Satwa Liar, dan Nomor SK.284/Menhet-II/2007 tentang Pelimpahan Wewenang Pemberian Izin Pengambilan dan atau Pengangkutan Sampel Berupa Bagian-Bagian Tumbuhan dan atau Satwa Liar dan atau Hasil Daripadanya untuk Kepentingan Penelitian;
8. Komersialisasi hasil penelitian (penggandaan buku hasil kegiatan atau film yang dijual kepada umum) harus sejalan instansi yang berwenang dan wajib menyetor hasil komersialisasi kepada negara yang besarnya sesuai ketentuan yang berlaku melalui Kas Negara pada bank-bank pemerintah;
9. Membayar tiket masuk kawasan sebesar Rp. 2.500,-/orang dan asuransi Rp. 500,-/orang;
10. Bila terjadi pelanggaran terhadap ketentuan yang berlaku dalam kawasan TNGGP, Balai Besar TNGGP berhak menegur pemegang SIMAKSI ini dan atau bila dianggap perlu dapat menghentikan kegiatan penelitian;
11. Mematuhi peraturan Perundang-undangan yang berlaku dan ketentuan yang telah diatur dalam SIMAKSI ini;
12. SIMAKSI ini berlaku setelah pemohon membubuhkan materai Rp. 6.000,- (enam ribu rupiah) dan menandatangannya.

Demikian surat ijin masuk kawasan TNGGP ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

DIKELUARKAN di : CIBODAS
Pada Tanggal : 12 Februari 2014

PEMEGANG SIMAKSI,

Arif Raditya Nugraha

Tembusan:

1. Sekretaris Ditjen PHKA di Jakarta;
2. Kepala Bidang Teknis Konservasi;
3. Kepala Bidang PTN Wilayah II Sukabumi di Sukabumi.

KOLOM VALIDASI:



Kabid PTN Wil II Sukabumi / Kasie PTN Wil IV Situgunung