

Implementasi Teknologi dan Proses Produksi Biogas Sebagai Pengendalian Limbah di Area RRA

1st Yusoff Zaky Jacob
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
yusenkkk@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Rahmat Yasirandi
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
batanganhitam@telkomuniversity.ac.id

3rd Mohammad Mirza Qusyairi
Chief Operating Officer,
MATRADIPTI,
Bandung, Indonesia
mirza4909@gmail.com

Abstrak - Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengembangkan metode pengolahan sampah organik menjadi biogas di Area RRA (Reduce, Reuse, Recycle Area) dan menerapkan teknologi monitoring gas metana, ultrasonik, dan suhu untuk memantau proses produksi biogas secara real-time. Penelitian ini melibatkan pengembangan alat produksi biogas dan alat monitoring, implementasi, pengujian, dan analisis hasil. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional biodigester dan mengurangi pencemaran lingkungan dengan menggunakan teknologi biogas. Dalam upaya untuk memaksimalkan efisiensi dalam pengoperasian biodigester, diperlukan teknologi yang mampu memantau berbagai parameter penting secara real-time. Salah satu teknologi yang digunakan adalah teknologi monitoring gas metana, ultrasonik, dan suhu. Teknologi ini memiliki peran krusial dalam menghitung kadar gas metana yang dihasilkan, mengukur ketinggian air di dalam biodigester, serta memantau suhu operasional. Dengan adanya teknologi monitoring yang canggih ini, operator biodigester dapat memastikan bahwa proses fermentasi berlangsung secara optimal, serta mencegah terjadinya kondisi berbahaya akibat akumulasi gas metana atau perubahan suhu yang drastis.

Kata kunci: Biogas, IoT, Teknologi Monitoring, ESP8266, MQ-4, HC-SR04, DS18B20, Blynk

I. PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu permasalahan yang sangat penting untuk ditindaklanjuti secara serius pada saat ini [1] Menurut data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Indonesia menghasilkan 35.83 juta ton timbunan sampah sepanjang 2022. Mayoritas timbunan sampah nasional pada 2022 berupa sampah sisa makanan dengan

proporsi 40,7%, kemudian sampah plastik 18%, kayu/ranting 13%, kertas/karton 11,3%, logam 3%, kain 2,6%, kaca 2,2%, karet/kulit 2,1%, dan sampah jenis lainnya 7,1%. [2].

Sampah organik memiliki potensi untuk diolah menjadi produk ramah lingkungan [3]. Area RRA (Reduce, Reuse, Recycle Area) merupakan salah satu Kawasan yang memiliki potensi untuk membuat sampah organik menjadi produk ramah lingkungan. Salah satu produk ramah lingkungan adalah biogas. Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan di area RRA. Pengembangan teknologi biogas di area RRA dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam pengendalian limbah dan pengembangan sumber energi terbarukan. Dengan memahami potensi biogas di area RRA, kita dapat mengembangkan pengolahan sampah organik menjadi produk ramah lingkungan dan mengurangi pencemaran lingkungan dengan menggunakan teknologi biogas.

Dalam upaya untuk memaksimalkan efisiensi dalam pengoperasian biodigester, diperlukan teknologi yang mampu memantau berbagai parameter penting secara real-time. Salah satu teknologi yang digunakan adalah teknologi monitoring gas metana, ultrasonik, dan suhu. Teknologi ini memiliki peran krusial dalam menghitung kadar gas metana yang dihasilkan, mengukur ketinggian air di dalam biodigester, serta memantau suhu operasional. Dengan adanya teknologi monitoring yang canggih ini, operator biodigester dapat memastikan bahwa proses fermentasi berlangsung secara optimal, serta mencegah terjadinya kondisi berbahaya akibat akumulasi gas metana atau perubahan suhu yang drastis.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah paradigma baru yang memungkinkan komunikasi antara perangkat elektronik dan sensor melalui internet untuk memudahkan kita hidup. IoT menggunakan perangkat pintar dan internet untuk memberikan solusi inovatif terhadap berbagai tantangan dan permasalahan terkait berbagai bisnis, pemerintahan, dan industri publik/swasta di seluruh dunia [4].

B. Mikrokontroler ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti Arduino. Modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3v dengan memiliki tiga mode wifi yaitu Station, Access Point dan Keduanya. Sehingga NodeMCU ESP8266 dapat digunakan sebagai pemancar wifi selayaknya router wifi maupun sebagai klien yang ikut dalam sebuah jaringan wifi. Modul ini juga dilengkapi dengan prosesor, memori dan GPIO dimana jumlah pin bergantung dengan jenis ESP8266 yang di gunakan [5].

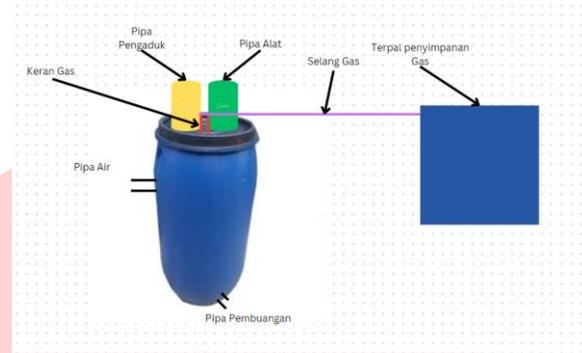
C. Biogas

Salah satu keuntungan utama dari produksi biogas adalah kemampuannya untuk mengubah material limbah menjadi sumber daya berharga, dengan menggunakan limbah sebagai substrat untuk AD. Banyak negara di Eropa menghadapi masalah besar terkait dengan overproduksi limbah organik dari industri, pertanian, dan rumah tangga. Produksi biogas adalah cara yang sangat baik untuk mematuhi regulasi nasional dan Eropa yang semakin ketat di bidang ini dan untuk memanfaatkan limbah organik untuk produksi energi, yang diikuti dengan daur ulang substrat yang telah difermentasi sebagai pupuk. AD juga dapat membantu mengurangi volume limbah dan biaya pembuangan limbah.[6].

III. ALUR PEMODELAN

A. Desain Biodigester

Pada penelitian ini dibuat sebuah desain reaktor yang digunakan untuk membangun reaktor biogas dengan bahan dan alat yaitu drum 150 liter, selang berukuran 1/2 inch sebagai jalur gas menuju ke penampung biogas melalui selang yang ditanamkan keran gas 1/2 inch.



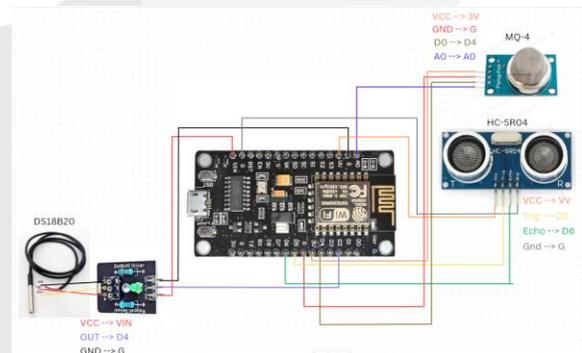
GAMBAR 1
Desain Biodigester

Pipa Pengaduk berfungsi sebagai tempat masuknya sampah organik yang sudah di cacah dan di dalam pipa pengaduk ada kayu Panjang yang berfungsi sebagai pengaduk untuk mengaduk isi drum agar rata. Pipa pengaduk memiliki tutup pipa yang bisa di buka tutup untuk mempermudah proses pengisian dan pengadukan.

Pipa Air berfungsi untuk mengekstrak air yang nanti bisa dijadikan sebagai pupuk cair. Pipa pembuangan berfungsi untuk membuang substrat yang menumpuk dibawah. Pipa Alat berfungsi untuk menutup Alat agar saat hujan tidak terjadi konslet atau yang lainnya.

B. Rangkaian Alat IoT

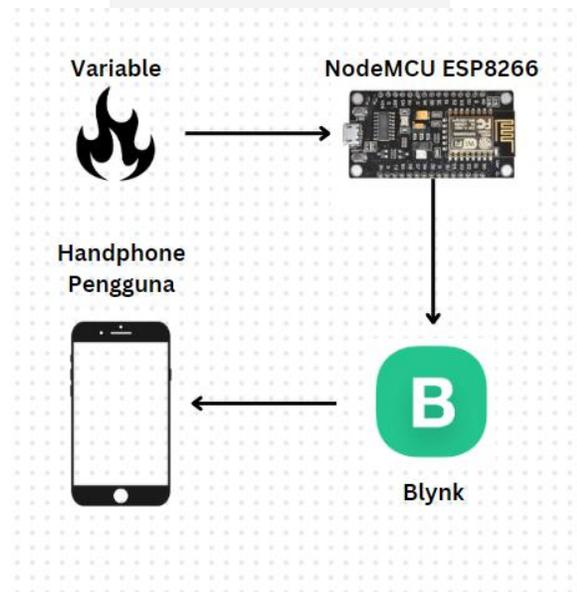
Pada penelitian ini dibuat sebuah rancangan alat IoT. Dalam rancangan ini, terdapat beberapa komponen utama. Komponen-komponen tersebut adalah: ESP8266 sebagai pemroses dan pengolah data hasil pembacaan sensor dan sebagai pengirim data ke cloud blynk. Sensor MQ-4 sebagai pendeteksi konsentrasi gas metana di dalam biodigester. HC-SR04 sebagai pendeteksi ketinggian air di dalam biodigester. Sensor DS18B20 sebagai pendeteksi Suhu air di dalam biodigester.



GAMBAR 2
Rangkaian Alat IoT

C. Alur Pengiriman Data ke Aplikasi Blynk

Pada tahap pengiriman data aplikasi blynk terdapat beberapa tahap yang dilakukan diantaranya, yaitu sensor yang digunakan telah terkalibrasi terlebih dahulu, kemudian substrat yang digunakan yaitu kotoran hewan, air, limbah rumah tangga dan sayur gagal panen. Setelah itu dilakukan pengujian kebocoran reaktor sebelum digunakan. Campuran kotoran hewan, limbah rumah tangga dan sayur gagal panen dicacah dan diaduk lalu dimasukkan kedalam biodigester pengujian dilakukan selama 14 hari pertama untuk melihat apakah sudah ada gas yang didapat dalam penampung atau belum. Jika terdapat gas yang tertampung, akan terlihat dari tampilan bentuk penampungnya aka nada gelembungan udara. Gas yang tertampung di penampung akan dikeluarkan melewati keran gas. Kemudian keluaran gas dari keran akan terbaca oleh MQ-4 untuk diketahui tingkat sensitivitas konsentrasi gas. Air yang berada di drum akan di ukur oleh sensor jarak untuk mengukur ketinggian air pada drum. Adukan substrat akan di cek suhunya menggunakan sensor suhu DS18B20. Kemudian data yang telah diambil oleh sensor-sensor akan dikirimkan ke aplikasi blynk menggunakan NodeMCU ESP8266. Setelah data terkirim maka data akan terkumpul di cloud aplikasi blynk sebagai database dan pengukuran yang terkumpul. Kemudian data akan ditampilkan menggunakan aplikasi blynk



GAMBAR 3
Alur Pengiriman Data ke Aplikasi Blynk

substrat yang digunakan akan menghasilkan biogas. Jika berhasil, pengujian berlanjut ke pengecekan konsentrasi gas yang akan di uji menggunakan sensor MQ-4. Pengujian Sensor HC-SR04 juga dilakukan untuk mengukur ketinggian air dan Pengujian Sensor Suhu dilakukan untuk mengecek suhu saat proses anaerobic dilakukan. Setelah itu, akan dilakukan pembuatan desain biodigester yang menggunakan selang dan keran sebagai perantara antara reaktor gas dan penampung gas. Selang dan keran gas akan di ujicoba selama 7 hari untuk melihat apakah selang dan keran gas beroperasi dengan normal. Pada saat yang bersamaan pengujian pengiriman data ke aplikasi blynk akan dilakukan juga. Setelah semuanya diuji akan dilanjutkan dengan pengambilan data dan analisis data hasil penelitian.

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Realisasi Perancangan Instrumen Alat

Perancangan instrumentasi alat real time monitoring pada proses produksi biogas menggunakan sensor gas metana MQ-4, sensor jarak HC-SR04 dan sensor suhu DS18B20. Sensor-sensor ini akan di rekatkan pada penutup pipa yang telah ditentukan untuk mendapatkan hasil pendeteksian yang sempurna. Gambar dibawah merupakan rancangan bangun instrumentasi alat penulis.



GAMBAR 1
Dalam

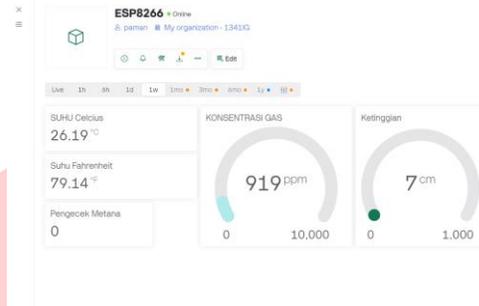
D. Alur Pengujian Alat

Pengujian dimulai dengan menguji coba reaktor biogas apakah ada kebocoran atau tidak. Setelah itu, substart dimasukkan kedalam reaktor biogas yang akan diuji selama 14 hari untuk melihat apakah

Tampak Atas



GAMBAR 2
Tampak Atas



GAMBAR 7
Tampilan pada Dashboard Website Blynk



GAMBAR 1
Tampilan pada Dashboard Aplikasi Blynk

B. Implementasi Sistem

Hasil dari penelitian ini akan di uji cobakan secara real untuk melakukan penilaian seberapa baik alat yang telah dirancang dan dilakukan perbaikan jika ada kesalahan-kesalahan yang terjadi dan dilakukan tes apakah alat tersebut layak untuk di implementasikan atau tidak.

Pada tahap ini penulis menerapkan penggunaan alat yang sudah dirakit dan di-program untuk di implementasikan menjadi sebuah “Alat monitoring gas, suhu dan ketinggian air berbasis IoT pada proses produksi biogas” yang berfungsi sebagaimana mestinya.

C. Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras merupakan proses pemasangan perangkat keras yang telah dirakit oleh penulis untuk menjadi Alat monitoring gas, suhu dan ketinggian air berbasis IoT pada proses produksi biogas. Adapun perangkat keras yang digunakan yaitu:

1. ESP8266
2. Sensor gas metana MQ-4
3. Sensor suhu DS18B20
4. DS18B20 driver
5. Sensor Jarak HC-SR04
6. Kabel Jumper

D. Implementasi Perangkat Lunak

E. Hasil Pengujian

Pada tahap ini, pengujian dilakukan selama 7 hari untuk menguji Alat monitoring gas, suhu dan ketinggian air berbasis IoT pada proses produksi biogas. Sensor gas MQ-4 akan mengambil data seberapa banyak konsentrasi gas yang berada di dalam biodigester. Sensor suhu akan mengambil data suhu yang berada pada air atau substrat yang berada didalam biodigester. Dan sensor jarak akan mendeteksi jarak atau ketinggian air di dalam biodigester.

Ha ri	Konsen tari Gas Metana	Pengec kandun gan metana	Suh u Celc ius	Suhu Fahren heit	Keting gian Air
1	1024 ppm	0	26.8 1 C	80.26 F	6 cm
2	936 ppm	0	26.1 2 C	79.03 F	7 cm
3	926 ppm	0	26.0 6 C	78.91 F	7 cm

4	916 ppm	0	26.1 9 C	79.14 F	7 cm
5	895 ppm	0	26.3 1 C	79.36 F	7 cm
6	879 ppm	0	26.3 8 C	79.47 F	9 cm
7	840 ppm	0	26.6 2 C	79.92 F	7 cm

Setelah pengujian selama 7 hari didapatkan data-data seperti tabel diatas, data-data yang didapat menggunakan sensor-sensor sehingga data yang diambil memungkinkan pengukuran yang presisi dan tanpa intervensi manual, serta penyimpanan data secara real-time. Alat IoT ini terdiri dari sensor MQ-4 untuk konsentrasi gas metana, Sensor DS18B20 untuk suhu celcius dan Fahrenheit, dan sensor HC-SR04 untuk ketinggian air, yang semuanya terintegrasi dalam sistem monitoring yang terhubung dengan jaringan komunikasi data.

Hasil pengukuran menunjukkan adanya tren penurunan konsentrasi gas metana dari hari pertama hingga hari ketujuh. Pada hari pertama, konsentrasi ini menunjukkan penurunan yang konsisten hingga mencapai 840 ppm pada hari ketujuh. Tren penurunan ini menimbulkan beberapa hipotesis terkait perubahan aktivitas biologis, seperti aktivitas mikroorganisme penghasil metana, serta kemungkinan adanya interaksi dengan kondisi lingkungan yang berpengaruh terhadap laju pelepasan metana dari substrat. Hipotesis lainnya terjadi kebocoran pada biodigester yang menyebabkan gas metana keluar dari biodigester dan menyebabkan tren penurunan terjadi. Penggunaan teknologi IoT dalam pengumpulan data memungkinkan analisis yang lebih rinci dan penelusuran data historis yang akurat, yang memberikan pandangan komprehensif mengenai dinamika pelepasan metana di lingkungan yang dikaji. Selain itu, suhu lingkungan diukur menggunakan sensor DS18B20 yang menunjukkan kestabilan relatif sepanjang periode pengamatan. Suhu tercatat berkisar 26,06°C hingga 26,81°C (78,91°F hingga 80,26°F), dengan fluktuasi yang sangat minim. Stabilitas ini penting karena memungkinkan pengendalian variabel suhu sebagai faktor eksternal. Penggunaan sensor IoT memastikan bahwa setiap perubahan suhu, sekecil apapun, dapat direkam dengan tepat waktu, memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh suhu terhadap konsentrasi gas metana.

Ketinggian air juga dipantau secara kontinu dengan menggunakan sensor HC-SR04, yang menunjukkan adanya sedikit variasi selama periode pengamatan. Ketinggian air terendah tercatat pada 6 cm di hari pertama, dan meningkat hingga mencapai puncaknya pada 9 cm di hari keenam, sebelum

Kembali menurun. Fluktuasi ketinggian air ini dapat berdampak pada konsentrasi metana yang terukur. Data ketinggian air yang dikumpulkan oleh sensor IoT tidak hanya memberikan informasi tentang kondisi hidrologis saat pengukuran, tetapi juga memungkinkan korelasi yang lebih mendalam antara perubahan fisik air dan variabilitas konsentrasi gas metana.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan gambaran rinci mengenai dinamika konsentrasi metana dalam kaitannya dengan suhu dan ketinggian air selama periode pengamatan. Penggunaan IoT tidak hanya meningkatkan akurasi dan kecepatan dalam pengambilan data, tetapi juga memungkinkan pengolahan dan analisis data secara lebih efektif menggunakan blynk. Data yang diperoleh dari sistem IoT memberikan wawasan mendalam mengenai dinamika konsentrasi metana dalam kaitannya dengan suhu dan ketinggian air, serta membuka peluang bagi pengembangan model prediktif yang lebih akurat dalam memahami emisi metana di masa depan. Dengan integrasi data dari berbagai sensor IoT, penelitian ini juga memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan aplikasi berbasis IoT di bidang lingkungan, yang dapat diterapkan dalam skala yang lebih luas untuk mendukung keberlanjutan ekosistem dan mitigasi perubahan iklim.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Pada penelitian ini, pengujian selama tujuh hari terhadap alat monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gas metana, suhu, dan ketinggian air pada proses produksi biogas menghasilkan beberapa temuan penting. Hasil pengukuran menunjukkan adanya penurunan konsentrasi gas metana secara konsisten, dari 1024 ppm pada hari pertama hingga 840 ppm pada hari ketujuh, yang mengindikasikan kemungkinan perubahan aktivitas biologis mikroorganisme atau potensi kebocoran pada biodigester. Suhu di dalam biodigester tercatat stabil, berkisar antara 26,06°C hingga 26,81°C, menunjukkan bahwa faktor eksternal suhu dapat diminimalisir, sehingga memberikan data yang lebih akurat untuk analisis. Selain itu, ketinggian air yang diukur dengan sensor HC-SR04 menunjukkan variasi kecil selama periode pengamatan, dengan puncak tertinggi 9 cm pada hari keenam, yang mungkin mempengaruhi variabilitas konsentrasi gas metana. Penggunaan teknologi IoT terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi pengumpulan data, memungkinkan analisis yang lebih rinci serta korelasi yang lebih mendalam antara variabel yang diukur, yang pada gilirannya membuka

peluang pengembangan model prediktif emisi metana yang lebih akurat. Penelitian ini juga memberikan kontribusi penting dalam pengembangan aplikasi IoT untuk keberlanjutan lingkungan, dengan potensi penerapan yang lebih luas dalam mendukung keberlanjutan ekosistem dan mitigasi perubahan iklim. Dengan demikian, alat monitoring berbasis IoT yang digunakan dalam penelitian ini terbukti menjadi instrument yang sangat berguna untuk observasi dan analisis variabel lingkungan dalam produksi biogas, serta memiliki potensi aplikasi lebih lanjut dalam pengelolaan lingkungan.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Menerapkan model prediktif untuk mengurangi resiko kebocoran atau hal yang tidak diinginkanlainnya.
2. Melakukan pemantauan dengan dengan jangka yang lebih lama agar data yang didapat bisa lebih bervariasi.
3. Pengujian di dalam kondisi yang berbeda dari penulis.

REFERENSI

- [1] Khaidir. (2023). Teknologi Produksi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif Berbahan Baku Sampah Organik. Departemen Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh Lhokseumawe.
- [2] Annur, Cindy Mutia. Databoks. Sampah Indonesia Bertambah pada 2022, Terbanyak dalam Empat Tahun. [https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/10/16/sampah-indonesia-bertambah-pada-2022-terbanyak-dalam-empat-tahun#:~:text=Volume%20timbulan%20sampah%20ersebut%20naik,terakhir%20seperti%20terlihat%20p ada%20grafik.&text=Dari%20total%20timbulan%20 sampah%20nasional,37%2C37%25%20belum%20ter kelola \(diakses pada tanggal 3 Desember 2023\).](https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/10/16/sampah-indonesia-bertambah-pada-2022-terbanyak-dalam-empat-tahun#:~:text=Volume%20timbulan%20sampah%20ersebut%20naik,terakhir%20seperti%20terlihat%20p ada%20grafik.&text=Dari%20total%20timbulan%20 sampah%20nasional,37%2C37%25%20belum%20ter kelola (diakses pada tanggal 3 Desember 2023).)
- [3] Handayani, D., Naldi, A., Larasati, R. R. N. P., Khaerunnisa, N., & Budiarmaka, D. D. (2021). Management of increasing economic value of organic waste with Maggot cultivation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 716(1), 12026.
- [4] Sfar AR, Zied C, Challal Y. A systematic and cognitive vision for IoT security: a case study of military live simulation and security challenges. In: Proc. 2017 international conference on smart, monitored and controlled cities (SM2C), Sfax, Tunisia, 17–19 Feb. 2017
- [5] U. J. Shobrina, R. Primananda, and R. Maulana, “Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver

NRF24101, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network,” 2018.

[6] Seadi, Teodorita Al, et al. Biogas Handbook. Edited by Teodorita Al Seadi, University of Southern Denmark Esbjerg, 2008.