

Proses Seeding dan Aklimatisasi pada Anaerobic Trickling Reactor

I WAYAN WINDU ADI SEMARTA¹, ETIH HARTATI¹, SALAFUDIN²

1. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : winduadi064@gmail.com

ABSTRAK

Pertumbuhan biomassa terlekat ditentukan oleh proses seeding dan aklimatisasi. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui proses seeding dan aklimatisasi pada anaerobic trickling reactor. Metoda penelitian yang digunakan meliputi persiapan reaktor hidrolisis dan 3 buah anaerobic trickling reactor dengan media yang berbeda, serta persiapan bahan meliputi inokulum dan substrat. Parameter yang diukur yaitu densitas, kadar air dan volatil, C-Organik, NTK, pH, temperatur, TAV, COD, dan alkalinitas mengacu pada SNI dan standard methods. Hasil penelitian ini yaitu saat proses seeding, nilai pH 6,87 hingga pH 7,52, temperatur 27°C hingga 28°C, dan ketiga media mengalami penambahan berat rata-rata sebesar 0,5421 gram/media (bioball rambutan) (12,93%), 0,7158 gram/media (bioball bola) (11,47%), dan 0,0449 gram/media (media straws) (13,95%). Steady state aklimatisasi terjadi pada hari ke-14 hingga hari ke-20 yang ditandai dengan penurunan konsentrasi COD yang konstan. Selama seeding dan aklimatisasi terbentuk biogas. Kesimpulan penelitian ini yaitu proses seeding dan aklimatisasi ditandai dengan terbentuknya lapisan biofilm dan adanya penurunan konsentrasi COD substrat.

Kata kunci: Anaerob, Seeding dan Aklimatisasi, Anaerobic Trickling Reactor

ABSTRACT

Attached biomass growth is determined by seeding and acclimatization process. The purpose of this research is to know the seeding and acclimation process in anaerobic trickling reactor. The research method used includes the preparation of the tool that is hydrolysis reactor and 3 pieces of anaerobic trickling reactor with different media, as well as the preparation of materials including inoculum and substrate. Parameters measured were density, water content and volatile, C-Organic, NTK, pH, temperature, TAV, COD, and alkalinity refer to SNI and standard methods. The result of this research is when seeding process, pH value 6,87 to pH 7,52, temperature 27°C until 28°C, and third media have average weight gain of 0,5421 gram/medium (rambutan bioball) (12,93%), 0,7158 grams/medium (spherical bioball) (11,47%), and 0,0449 gram/medium (media straws) (13,95%). Steady state acclimatization occurs on the 14th day until the 20th day marked by a constant decrease in COD concentrations. During seeding and acclimatization formed biogas. The conclusion of this research is the seeding and acclimatization process is characterized by the formation of biofilm layer and the decrease of COD concentration.

Keywords: Anaerobes, Seeding and Acclimatization, Anaerobic Trickling Reactor

1. PENDAHULUAN

Proses anaerob diawali dengan tahap hidrolisis yaitu proses degradasi senyawa organik kompleks seperti karbohidrat, protein dan lemak yang kemudian di hidrolisis menjadi senyawa organik sederhana (glukosa, asam amino, dan asam lemak) (Indriyati, 2011). Setelah itu senyawa tersebut melalui proses asidogenesis berubah menjadi asam volatil yaitu propionat, butirat lalu berubah menjadi asetat, H₂ dan CO₂ melalui proses asetogenesis, kemudian melalui proses metanogenesis dirubah menjadi CH₄ (metan) dan CO₂ (karbon dioksida) (Indriyati, 2011). Salah satu reaktor yang dapat mengolah limbah organik secara anaerob yaitu reaktor dengan pertumbuhan biomassa terlekat (Indriyati, 2011). Pengolahan limbah organik secara anaerob dapat menghasilkan biogas yang bermanfaat sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (Hermawan, dkk., 2007). Pertumbuhan biomassa terlekat sangat ditentukan oleh proses *seeding* dan aklimatisasi (Indriyati, 2011). Pertumbuhan biomassa terlekat yaitu mikroorganisme tumbuh dan berkembang biak diatas media pendukung dengan membentuk lapisan *biofilm* (Indriyati, 2011).

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu satu buah reaktor hidrolisis dan tiga buah *anaerobic trickling reactor*. Reaktor hidrolisis digunakan sebagai tempat pembuatan substrat cairan sampah organik. *Anaerobic trickling reactor* mengolah limbah organik secara anaerob dengan pertumbuhan biomassa terlekat. Media yang digunakan pada *anaerobic trickling reactor* 1, 2, dan 3 berturut-turut yaitu *bioball* rambutan, *bioball* bola, dan sedotan (*straws*). Tujuan proses *seeding* yaitu untuk menumbuhkan dan mengembangkan mikroorganisme anaerob yang akan digunakan untuk penelitian. Sedangkan aklimatisasi dilakukan untuk mengkondisikan mikroorganisme agar mampu hidup dan menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang baru (Andary, dkk., 2010) dalam (Ananda, 2016). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui proses *seeding* dan aklimatisasi pada *anaerobic trickling reactor* sampai terjadi *steady state*.




2. METODOLOGI

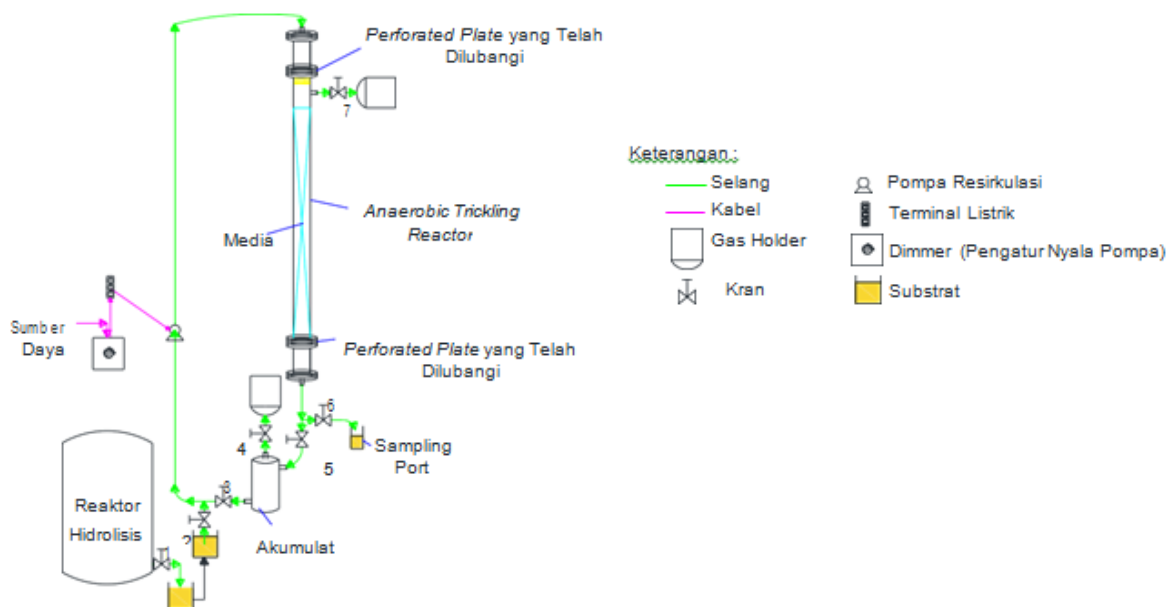
2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa 2 (dua) buah reaktor yaitu reaktor hidrolisis sebanyak 1 buah dan *anaerobic trickling reactor* sebanyak 3 buah. Reaktor hidrolisis terbuat dari drum plastik dengan volume total 180 L, dilengkapi dengan keran dan tutup. Sedangkan *anaerobic trickling reactor* terbuat dari pipa *acrylic* dan dilengkapi dengan saluran inlet dan outlet substrat, saluran gas, *perforated plate* yang berfungsi untuk meratakan distribusi substrat di dalam reaktor, pompa, gas holder untuk menampung gas dengan ukuran 30 x 30 cm, keran, akumulator (digunakan sebagai tempat untuk menampung substrat sebelum dan setelah masuk *anaerobic trickling reactor*) dan selang. Tinggi total reaktor *anaerobic trickling* yaitu 100,6 cm dengan diameter dalam 4,5 cm dan diameter luar 5 cm. Akumulator yang digunakan terbuat dari pipa PVC diameter 3" (3 inchi), tinggi total 20,5 cm, volume total 935 mL, dan volume operasional 750 mL, dilengkapi dengan saluran inlet, outlet, dan gas. Bahan isian atau media untuk ketiga *anaerobic trickling reactor* berbeda-beda yaitu *bioball* rambutan (*anaerobic trickling reactor* 1), *bioball* bola (*anaerobic trickling reactor* 2) dan media sedotan (*anaerobic trickling reactor* 3). Media-media ini dipilih karena mudah didapatkan, harganya terjangkau tahan lama, dan tidak mudah terdegradasi secara biologi (berbahan dasar plastik). Bahan isian yang berbeda-beda ini untuk memvariasikan luas permukaan media pada setiap *anaerobic trickling reactor*. Penggunaan

media yang berbeda ini untuk melihat pengaruh luas permukaan media terhadap kinerja masing-masing *anaerobic trickling reactor* selama *seeding* dan aklimatisasi. Adapun spesifikasi media yang digunakan pada ketiga *anaerobic trickling reactor* dapat dilihat pada **Tabel 1**. Adapun skema reaktor yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**. dan reaktor hidrolisis serta *anaerobic trickling reactor* dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Tabel 1. Spesifikasi Bahan Isian pada Setiap *Anaerobic Tricking Reactor*

| <i>Anaerobic Tricking Reactor</i> | | | |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Parameter | 1 | 2 | 3 |
| Jenis media | <i>Bioball</i> Rambutan | <i>Bioball</i> Bola | Sedotan (<i>Straws</i>) |
| Diameter media | 4 cm | 3 cm | 0,6 cm |
| Panjang media | - | - | 1,2 cm |
| | 70,75 cm ² | 77,28 cm ² | 4,52 cm ² |
| Luas permukaan media | 32 buah | 49 buah | 1.680 buah |
| Jumlah Media di dalam reaktor | 2.264 cm ² | 3.789 cm ² | 7.594 cm ² |
| Luas permukaan total media | | | |
| Gambar media |  |  |  |

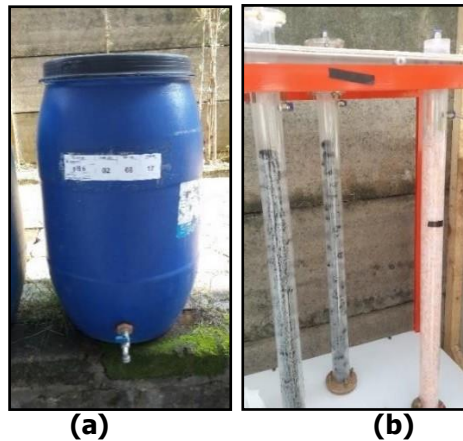


Sumber : Hasil Pengukuran, 2017.

Gambar 1. Skema Reaktor

Pada **Gambar 1.**, substrat yang diperoleh dari reaktor hidrolisis dimasukkan ke dalam *anaerobic trickling reactor* menggunakan pompa. Saat memasukkan substrat, keran 3 pada bagian bawah akumulator ditutup dan keran 2 dibuka. Setelah substrat selesai dimasukkan, keran 2 ditutup dan keran 3 dibuka, kemudian dilakukan sirkulasi substrat. Pengambilan sampel dilakukan pada *sampling port*. Kecepatan pompa diatur menggunakan *dimmer*.

Semarta, Hartati, Salafudin



Gambar 2. (a) Reaktor Hidrolisis dan (b) Anaerobic Trickling Reactor

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi sampah rumah makan yang diperoleh dari kegiatan Rumah Makan SP Jalan Sekepanjang 3 No. 55 Bandung. Penggunaan Sampah rumah makan karena sampah ini sebagian besar terdiri dari sampah *biodegradable*. Menurut Mokobombang dan Rahardyan (2013), sampah rumah makan di Kota Bandung memiliki kadar volatil sebesar 72,39 %. Sampah organik dengan kadar volatil yang tinggi menunjukkan bahwa sampah organik kaya akan bahan yang mudah didekomposisi oleh mikroorganisme (Oktaviani, 2008). Bahan lain yang digunakan dalam penelitian yaitu air pembilas (air pelarut) berupa air keran yang diperoleh di Jurusan Teknik Lingkungan Itenas Bandung, kotoran sapi diperoleh dari peternakan sapi di daerah Pasir Impun Bandung, dan lumpur air limbah domestik diambil dari selokan di Kompleks Perumahan Cikutra Baru Bandung. Kotoran sapi dan lumpur air limbah domestik ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan cairan *manure* untuk inokulum proses anaerob di *anaerobic trickling reactor*. Pemilihan ketiga lokasi ini karena jaraknya yang dekat dengan lokasi penelitian.

2.2.1 Pembuatan Substrat Cairan Sampah Organik

Sampah rumah makan yang telah diambil, dipisahkan antara organik dan anorganik. Kemudian sampah organik diukur densitas, dicacah dan dimasukkan ke reaktor hidrolisis. Sampah organik yang digunakan juga diukur karakteristik awalnya seperti kadar air, kadar volatil, karbon organik, dan nitrogen total kjeldahl. Di dalam reaktor hidrolisis sampah organik dicampur air pembilas dengan rasio volume 1:1, karena berdasarkan literatur Liberty (2008) dalam Khairani, dkk. (2015), rasio sampah organik dengan air 1:1 memiliki kondisi yang optimal dalam proses anaerob (rasio C:N:P). Berdasarkan data karakteristik awal sampah diperoleh densitas sampah organik sebesar 0,798 kg/L, sehingga perbandingan antara sampah organik dengan air pembilas yang dimasukkan ke reaktor hidrolisis yaitu 12:15 (w/w). Hasil pencampuran keduanya menghasilkan cairan sampah organik yang kemudian dipakai sebagai substrat. Selama proses di reaktor hidrolisis, dilakukan pengukuran parameter pH dan temperatur (setiap hari), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TAV (Total Asam Volatil), dan

alkalinitas (dua hari sekali). Proses ini berlangsung sampai hari ke-46. Selanjutnya substrat di panen dan diukur karakteristik awal substrat sebelum digunakan untuk proses aklimatisasi.

2.2.2 Pembuatan Cairan *Manure*

Mikroorganisme yang digunakan pada penelitian ini menggunakan kultur campuran yang berasal dari cairan *manure* yaitu campuran antara kotoran sapi, air keran, dan lumpur air limbah domestik dengan rasio 1:2:1. Penentuan rasio kotoran sapi dengan air ini berdasarkan penelitian Anggraini, dkk., 2015, dimana penambahan lumpur air limbah domestik dilakukan untuk memperbanyak jenis mikroorganisme.

2.3 Seeding dan Aklimatisasi

Proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan di dalam *anaerobic trickling reactor*. Saat *seeding* media direndam dengan cairan *manure* serta dilakukan pengukuran pH dan temperatur. Selain itu, dilakukan juga pengukuran berat media sebelum dan sesudah direndam cairan *manure*, namun media direndam cairan *manure* pada wadah tertutup di luar *anaerobic trickling reactor* dengan perlakuan yang sama. Saat aklimatisasi, dilakukan penambahan substrat ke dalam reaktor dan reaktor dioperasikan dengan sistem *trickling*. Selama proses aklimatisasi dilakukan pengukuran pH, temperatur, dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Setelah proses *seeding* dan aklimatisasi selesai dilakukan juga pengukuran konsentrasi biogas yang terbentuk. Pengukuran konsentrasi dan volume biogas dilakukan saat proses *seeding* dan aklimatisasi selesai.

2.4 Pengukuran Karakteristik Sampel

Jenis parameter yang diukur selama penelitian, metode yang digunakan, dan tahap pengukuran dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Jenis Parameter dan Metode yang Digunakan

| Jenis Parameter | Metode | Tahap Pengukuran | Sumber |
|-------------------------------------|------------------------------|---|---------------------|
| pH | Elektroda Potensiometri | Karakteristik air pembilas, karakteristik substrat di reaktor hidrolisis, <i>seeding</i> dan aklimatisasi | SNI 06-6989.11-2004 |
| Temperatur | Potensiometri | Karakteristik air pembilas, karakteristik substrat di reaktor hidrolisis, <i>seeding</i> dan aklimatisasi | SNI 06-6989.11-2004 |
| Densitas sampah | Gravimetri | Karakteristik sampah organik | SNI 19-3964-1995 |
| Kadar air sampah | Gravimetri | Karakteristik sampah organik | SNI 03-1971-1990 |
| Kadar volatil sampah | Gravimetri | Karakteristik sampah organik | SMEWW 2540E, 2012 |
| Karbon organik (C-Organik) | Refluks Terbuka | Karakteristik sampah organik | SMEWW 5220B, 2012 |
| Nitrogen Total Kjeldahl (NTK) | <i>Kjeldahl Analyzer</i> | Karakteristik sampah organik | SNI 2801:2010 |
| Alkalinitas | Titration Asam-Basa | Karakteristik substrat di reaktor hidrolisis | SNI 06-2422-1991 |
| Total Asam Volatil (TAV) | Destilasi dan Titrimetri | Karakteristik substrat di reaktor hidrolisis | SMEWW 5560C, 2012. |
| <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i> | Refluks Tertutup, Titrimetri | Karakteristik air pembilas, karakteristik substrat di reaktor hidrolisis, <i>seeding</i> dan aklimatisasi | SMEWW 5220C, 2012 |
| Konsentrasi Biogas | <i>Gas Chromatography</i> | <i>Seeding</i> dan aklimatisasi | - |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Sampah Organik Rumah Makan dan Air Pembilas

Pengukuran karakteristik sampah organik rumah makan dan air pembilas dilakukan untuk mengetahui apakah sampah organik dan air pembilas dapat digunakan untuk proses anaerob atau tidak. Adapun hasil pengukuran karakteristik sampah organik dan air pembilas dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Karakteristik Sampah Organik dan Air Pembilas

| No. | Karakteristik Sampah Organik | | | Karakteristik Air Pembilas | | |
|-----|------------------------------|-------|----------------|----------------------------|-------|----------------------|
| | Parameter | Hasil | Satuan | Parameter | Hasil | Satuan |
| 1 | Densitas | 0,798 | kg/L | pH | 7,45 | - |
| 2 | Kadar Air | 74,95 | % berat basah | Temperatur | 28,9 | °C |
| 3 | Kadar Volatil | 86,92 | % berat kering | COD | 46,85 | mg O ₂ /L |
| 4 | Karbon Organik | 50,04 | % berat kering | | | |
| 5 | Total Nitrogen | 2,24 | % berat kering | | | |
| 6 | C/N | 22,33 | - | | | |

Sumber : Hasil Pengukuran, 2017.

Densitas sampah organik yang dipakai sebesar 0,798 kg/L. Menurut Rees (1980), kecepatan penyerapan karbon oleh mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh densitas sampah organik. Densitas sampah organik yang baik untuk mempercepat penyerapan karbon oleh mikroorganisme yaitu 0,5-1 kg/L (Rees, 1980). Kadar air dan kadar volatil sampah organik yang terukur berturut-turut sebesar 74,95% dan 86,92%. Menurut Tchobanoglous (1993), kadar air *garbage* sekitar 50-80% dan kadar volatil *garbage* 95%. Kadar air dan kadar volatil sampah makanan (*food waste*) dari kegiatan cafe atau rumah makan di Kota Bandung yaitu sebesar 70,87% dan 72,39% (Mokobombang dan Rahardyan, 2013) Kadar air yang tinggi memudahkan sampah organik untuk didekomposisi oleh mikroorganisme, sedangkan kadar volatil yang tinggi menunjukkan bahwa sampah organik kaya akan materi yang mudah di dekomposisi oleh mikroorganisme.

Kadar karbon organik dari sampah organik yang digunakan sebesar 50,04 %. Menurut Mokobombang dan Rahardyan (2013), kandungan karbon organik sampah makanan dari kegiatan cafe atau rumah makan di Kota Bandung sebesar 72,60 %. Tingginya kandungan karbon organik ini menunjukkan potensi yang besar dalam pengolahan secara anaerob. Kadar total nitrogen sampah organik yang digunakan sebesar 2,24 %. Nilai ini mendekati perolehan kadar total nitrogen untuk sampah makanan dari kegiatan cafe atau rumah makan di Kota Bandung yaitu sebesar 2,1 % (Mokobombang dan Rahardyan, 2013). Kandungan nitrogen yang tinggi menjadi potensi pertumbuhan mikroorganisme karena nitrogen merupakan nutrisi penting untuk mikroorganisme. Rasio C/N sampah organik yang digunakan yaitu 22,33 (**Tabel 3**). Menurut Polprasert (1996), rasio C/N untuk proses anaerob berkisar antara 20:1 hingga 30:1. Sehingga nilai rasio C/N sampah organik yang digunakan masih memenuhi kriteria.

Dilihat dari hasil pengukuran karakteristik awal air pembilas untuk reaktor hidrolisis (**Tabel 3**), COD air pembilas yaitu sebesar 46,85 mg O₂/L. COD menunjukkan kandungan organik yang ada dalam air pembilas. Menurut Grady dan Henry (1990), proses penguraian anaerob berlangsung optimum pada pH 6 hingga 8 dan pada temperatur termofilik (diatas 55°C), namun proses anaerob saat kondisi termofilik pada beberapa percobaan tidak memperoleh hasil yang memuaskan karena memiliki kekurangan yaitu diperlukannya energi tambahan. Sehingga sebagian besar percobaan anaerob menggunakan temperatur mesofilik dalam pengoperasiannya (20-55°C) (Grady dan Henry, 1990). Nilai pH air pembilas yang digunakan netral yaitu sebesar 7,45 dengan temperatur 28,9°C. Hal ini menunjukkan baik pH maupun temperatur air pembilas dapat digunakan untuk proses anaerob.

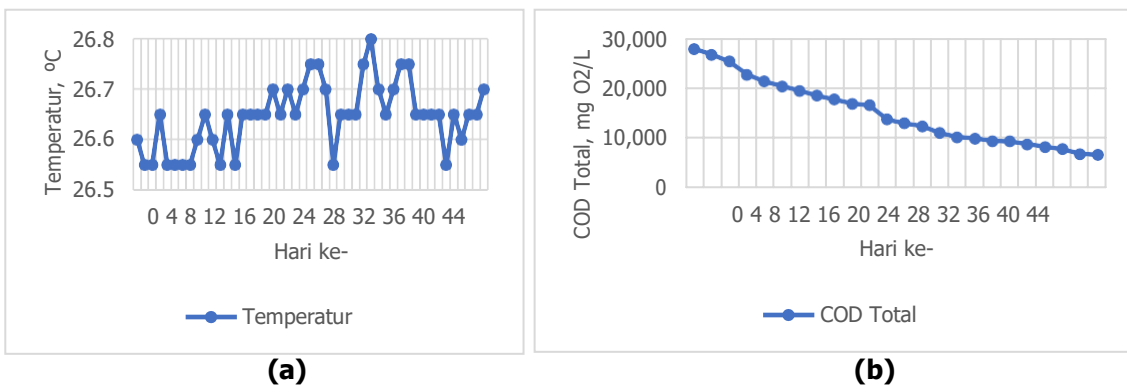
3.2 Karakteristik Substrat pada Reaktor Hidrolisis

Substrat yang digunakan pada penelitian ini yaitu substrat cairan sampah organik. Substrat yang akan digunakan terlebih dahulu dikondisikan secara alami di reaktor hidrolisis. Pengondisian yang dimaksud adalah mengkondisikan substrat agar pH yang ingin digunakan tercapai. Proses ini berlangsung sampai hari ke-46. Selanjutnya substrat di panen dan

digunakan untuk proses aklimatisasi. Selama berada di reaktor ini diukur parameter pH, temperatur, COD, TAV, dan alkalinitas.

3.2.1 Temperatur dan COD

Gambar 3.a, memperlihatkan hasil pengukuran temperatur substrat sampah organik pada reaktor hidrolisis berada pada rentang kondisi mesofilik (22-55°C). Menurut Grady dan Henry (1990), temperatur dalam kondisi termofilik (diatas 55°C) merupakan kondisi optimum dalam proses anaerob, namun mempunyai kelemahan yaitu dibutuhkannya energi tambahan untuk menjaga temperatur berada pada kondisi termofilik. Oleh karena itu, sebagian besar percobaan proses anaerobik menggunakan temperatur mesofilik (20-55°C) dalam pengoperasiannya. Sehingga kondisi di reaktor hidrolisis sesuai dengan literatur.

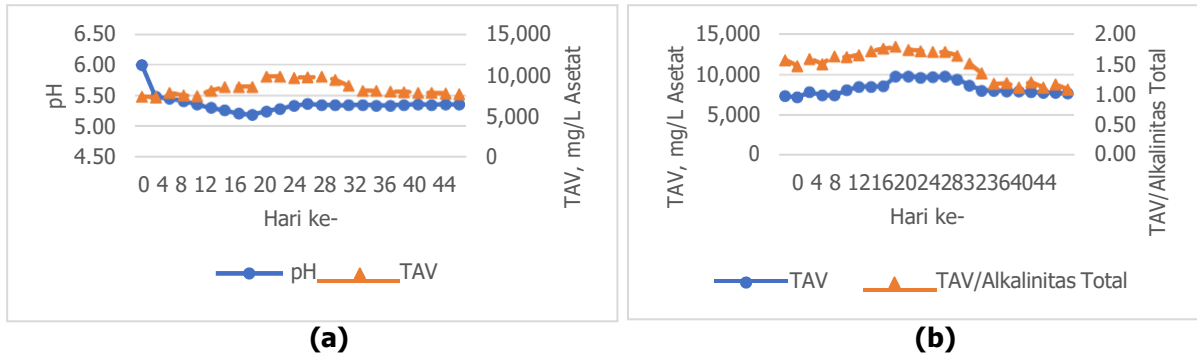


Gambar 3. Parameter (a) Temperatur dan (b) COD Substrat di Reaktor Hidrolisis
(Sumber : Hasil Pengukuran, 2017)

Gambar 3.b, memperlihatkan hasil pengukuran untuk COD total pada substrat sampah organik di reaktor hidrolisis. Saat hari ke-0, nilai konsentrasi COD total untuk reaktor hidrolisis sebesar 28.032 mg O₂/L. Kondisi konsentrasi COD total hari ke-0 hingga hari ke-46 menunjukkan grafik yang menurun. Nilai COD total pada hari ke-46 sebesar 6.432 mg O₂/L. Menurut (Malina dan Pohland, 1992), COD yang cocok untuk proses anaerob yaitu berkisar antara 1.000-30.000 mg/L. Penurunan nilai COD total pada reaktor hidrolisis menunjukkan adanya aktifitas mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa organik. Semakin banyak jumlah mikroorganisme, maka semakin banyak materi atau senyawa organik yang disisihkan (Ramadhanthi, 2008).

3.2.3 Total Asam Volatil (TAV), pH, dan Alkalinitas

Gambar 4.a., memperlihatkan hasil pengukuran TAV substrat lindi sampah organik di reaktor hidrolisis. Konsentrasi TAV terbesar untuk reaktor hidrolisis yaitu pada hari ke-18 sebesar 9.805,99 mg/L asetat. Terjadinya peningkatan konsentrasi TAV di reaktor hidrolisis rentang hari ke-0 hingga hari ke-18 akibat fase hidrolisis-asidogenesis, karena pada rentang waktu tersebut terbentuk asam dalam jumlah yang banyak. Menurut Eckenfelder, dkk. (1988) dalam Hanupurti (2009), jika akumulasi asam volatil melebihi 2.000 mg/L akan menyebabkan terhambatnya pembentukan gas metan, serta akumulasi asam volatil menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri metanogen yang tidak aktif. Setelah hari ke-18, nilai konsentrasi TAV mulai menunjukkan penurunan.



Gambar 4. Hubungan Parameter (a) pH dengan TAV, dan (b) TAV dengan TAV/Alkalinitas Substrat di Reaktor Hidrolisis

(Sumber : Hasil Pengukuran, 2017)

Saat awal nilai pH mengalami penurunan pada reaktor hidrolisis (**Gambar 4.a**). Hal ini terjadi karena adanya proses hidrolisis-asidogenesis yang menyebabkan turunnya nilai pH. Saat hari ke-0, nilai pH untuk reaktor hidrolisis yaitu 6,00 hingga hari ke-18 mengalami penurunan menjadi 5,24. Hal ini berbanding terbalik dengan konsentrasi TAV. Semakin tinggi konsentrasi TAV, maka semakin rendah nilai pH, karena TAV menunjukkan adanya asam-asam organik di dalam reaktor yang menyebabkan menurunnya nilai pH. TAV dapat mempengaruhi pH jika alkalinitas tidak memadai (Ramadhanthi, 2008). Menurut Polprasert (1996), saat tahap asidogenesis terjadi pembentukan asam volatil yang cenderung akan menurunkan pH karena kapasitas penyangga sistem tidak mampu mempertahankan pH sistem. **Gambar 4.b.**, menunjukkan hubungan antara nilai konsentrasi TAV dengan rasio TAV:alkalinitas. Nilai rasio TAV:alkalinitas dibawah 0,4 menandakan *buffer* bisa menjaga pH tidak turun secara drastis (Grady dan Henry, 1990). Hasil pengukuran yang di dapat untuk ketiga reaktor hidrolisis, nilai rasio TAV:alkalinitas diatas 0,4. Tingginya rasio ini mengakibatkan turunnya nilai pH di dalam sistem akibat dari meningkatnya konsentrasi TAV.

3.3 Seeding dan Aklimatisasi

Proses *seeding* menggunakan cairan *manure* sebagai inokulum atau sumber mikroorganisme untuk pembentukan *biofilm* dan selama proses aklimatisasi dilakukan penambahan substrat yang diperoleh dari reaktor hidrolisis. Adapun karakteristik awal substrat dan cairan *manure* yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

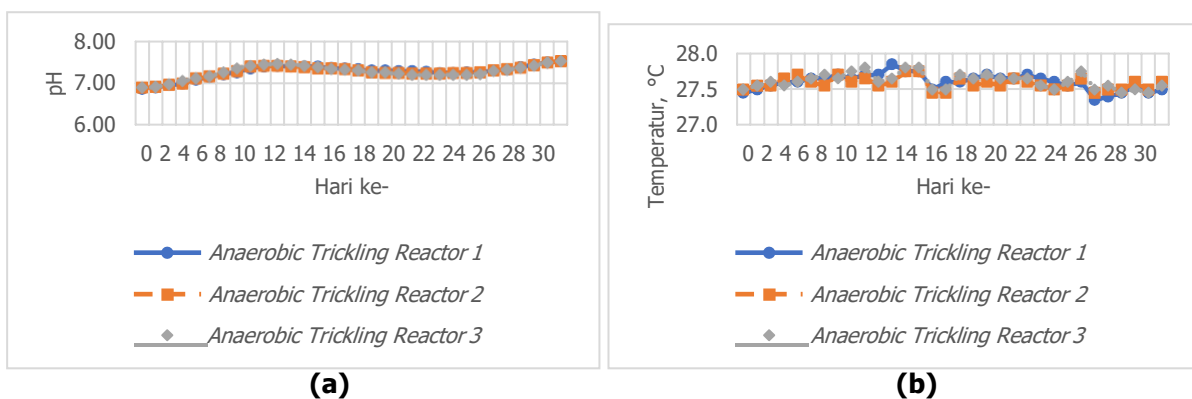
| Tabel 4. Karakteristik Awal Substrat dan Cairan Manure | | | |
|---|-----------------------|-------------------------------------|----------------------|
| No. | Parameter | Hasil Pengukuran Karakteristik Awal | |
| | | Substrat | Cairan <i>Manure</i> |
| 1 | pH | 5,35 | 6,87 |
| 2 | Temperatur | 26,70 °C | 27,15 °C |
| 3 | COD total | 6.720,00 mg O ₂ /L | 6297,6 mg/L |
| 4 | BOD | 5.872,24 mg/L | - |
| 5 | BOD/COD | 0,84 | - |
| 6 | TAV | 7.671,66 mg/L asetat | - |
| 7 | Alkalinitas total | 7.019,18 mg/L | - |
| 8 | TAV/alkalinitas total | 1,09 | - |

Sumber : Hasil Pengukuran, 2017.

3.3.1 Seeding

Proses *seeding* pada penelitian ini dilakukan selama 31 hari (memaksimalkan pembentukan *biofilm*). Selama tahap ini, dilakukan pergantian cairan *manure* sebanyak 100 mL setiap dua

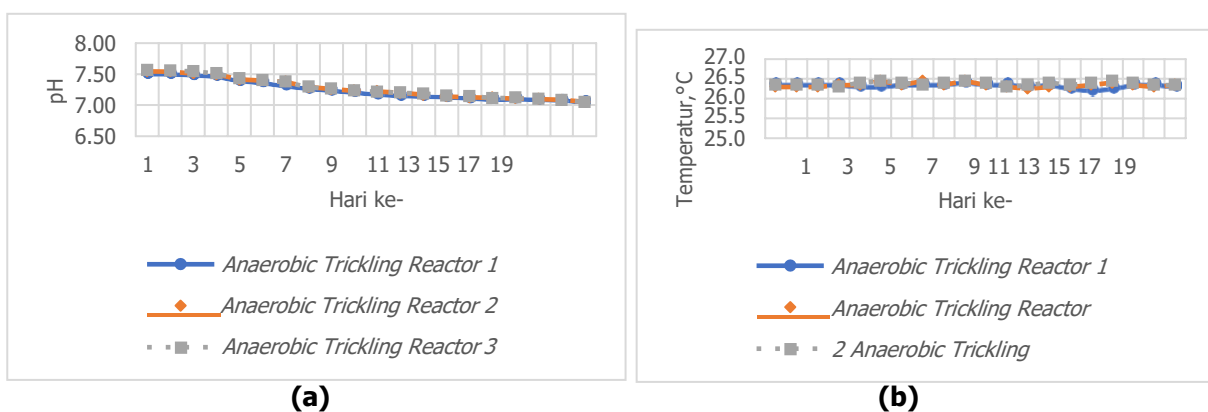
hari sekali. Fungsinya untuk menjaga ketersediaan mikroorganismenya. Parameter yang diukur meliputi pH dan temperatur cairan *manure* di dalam reaktor, serta berat media sebelum dan sesudah direndam dengan cairan *manure*. Berdasarkan hasil pengukuran pada **Gambar 5.a** dan **Gambar 5.b**, nilai pH cairan *manure* tiap-tiap *anaerobic trickling reactor* berada pada kisaran pH 6,87 hingga pH 7,52, sedangkan temperaturnya berada pada rentang 27°C hingga 28°C. Rentang pH optimum untuk proses anaerob, berjalan pada kisaran pH 6 sampai 8, sedangkan sebagian besar percobaan proses anaerobik menggunakan temperatur mesofilik dalam pengoperasiannya (20-55°C) (Grady dan Henry, 1990). Berdasarkan hasil pengukuran berat media sebelum dan sesudah *seeding*, ketiga jenis media mengalami penambahan berat rata-rata sebesar 0,5421 gram/media (12,93 %) (*bioball* rambutan), 0,7158 gram/media (*bioball* bola) (11,47 %) , dan 0,0449 gram/media (media *straws*) (13,95 %). Adanya penambahan berat ini menunjukkan pertumbuhan mikroorganismenya membentuk *biofilm* pada permukaan tiap media.



Gambar 5. Parameter (a) pH dan (b) Temperatur pada *Anaerobic Trickling Reactor* saat Proses *Seeding*
(Sumber : Hasil Pengukuran, 2017)

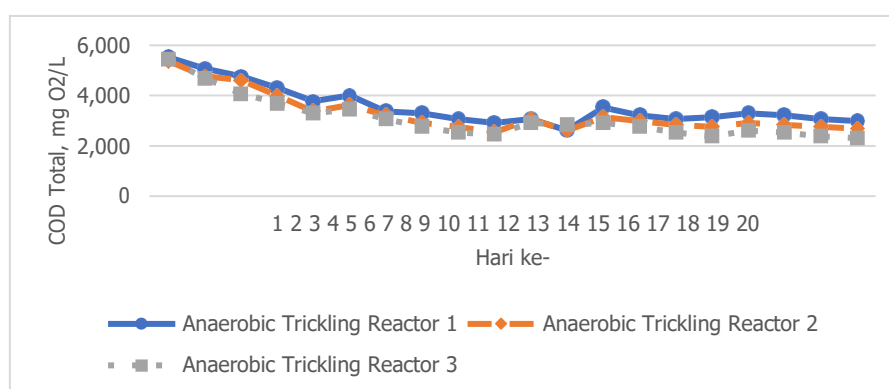
3.3.2 Aklimatisasi

Saat aklimatisasi, cairan *manure* dari proses *seeding* disisakan sebesar 750 mL sesuai kapasitas operasional akumulator yang digunakan, kemudian dilakukan penambahan dan pengurangan substrat cairan sampah organik sedikit demi sedikit sebesar 75 mL. Fungsi penambahan substrat secara perlahan ini agar mikroorganismenya yang telah tumbuh dapat beradaptasi terlebih dahulu dengan substrat yang ditambahkan. Proses aklimatisasi pada penelitian ini dilakukan selama 20 hari (sampai terjadi *steady state*). Selama proses aklimatisasi, dilakukan pengukuran parameter pH, temperatur, dan COD.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran (a) pH dan (b) Temperatur pada *Anaerobic Trickling Reactor* saat Proses Aklimatisasi
(Sumber : Hasil Pengukuran, 2017)

Menurut Grady dan Henry (1990), penguraian anaerob berjalan optimum pada rentang pH 6 hingga pH 8. Berdasarkan hasil pengukuran pH saat proses aklimatisasi di ketiga *anaerobic trickling reactor* (dapat dilihat pada **Gambar 6.a.**), memperlihatkan nilai pH hari ke-0 untuk tiap *anaerobic trickling reactor* berturut-turut sebesar 7,50, 7,55, dan 7,57, sedangkan saat hari ke-20 nilai pH berturut-turut sebesar 7,05, 7,06, dan 7,05. pH pada ketiga *anaerobic trickling reactor* berada pada kondisi optimum untuk proses anaerob. Berdasarkan hasil pengukuran temperatur pada **Gambar 6.b.**, temperatur di ketiga *anaerobic trickling reactor* selama proses aklimatisasi stabil berada pada rentang 26°C hingga 26,5°C. Kondisi temperatur berada pada rentang temperatur mesofilik (rentang temperatur 20-50°C), sehingga berada pada temperatur yang sesuai untuk proses anaerob. Menurut Buekens (2005) dalam Oktaviani (2008), menjaga temperatur dalam keadaan stabil lebih penting daripada menjaga temperatur dalam keadaan optimum.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengukuran COD pada Anaerobic Trickling Reactor saat Proses Aklimatisasi

(Sumber : Hasil Pengukuran, 2017)

Konsentrasi COD total dari hari ke-1 sampai dengan hari ke-20 mengalami penurunan (**Gambar 7.**). Hal ini terjadi akibat adanya proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme. Untuk *anaerobic trickling reactor* 1 pada hari ke-1, konsentrasi COD sebesar 5.529,60 mg O₂/L sedangkan pada hari ke-20 sebesar 2.995,20 mg O₂/L. Untuk *anaerobic trickling reactor* 2, pada hari ke-1, konsentrasi COD sebesar 5.376,00 mg O₂/L sedangkan pada hari ke-20 sebesar 2.688,00 mg O₂/L. Untuk *anaerobic trickling reactor* 3, pada hari ke-1, konsentrasi COD sebesar 5.452,80 mg O₂/L sedangkan pada hari ke-20 sebesar 2.304,00 mg O₂/L. Menurut Herald (2010) dalam Ananda (2016), proses aklimatisasi dikatakan selesai ketika penurunan COD telah konstan. Penurunan konsentrasi COD yang konstan pada ketiga *anaerobic trickling reactor* terjadi pada hari ke-14 hingga hari ke-20.

Konsentrasi Biogas Selama *Seeding* dan Aklimatisasi

Terbentuknya biogas saat *seeding* dan aklimatisasi menandakan adanya aktifitas mikroorganisme anaerob dalam mendegradasi bahan organik. Menurut Hermawan, dkk. (2007), biogas dihasilkan dari fermentasi organik oleh bakteri anaerob. Pengukuran konsentrasi biogas dilakukan saat *seeding* dan aklimatisasi berakhir (hari ke-31 dan hari ke-20). Pengukuran konsentrasi biogas menggunakan alat *Gas Chromatograph*. Adapun hasil pengukuran konsentrasi biogas saat *seeding* dan aklimatisasi dapat dilihat pada **Tabel 5.**

Tabel 5. Konsentrasi Biogas saat *Seeding* dan Aklimatisasi

| Jenis Gas | Konsentrasi (%) | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| | <i>Seeding</i> | | | Aklimatisasi | | |
| | ATR 1 | ATR 2 | ATR 3 | ATR 1 | ATR 2 | ATR 3 |
| CO ₂ | 99,66 | 89,06 | 89,31 | 98,34 | 90,28 | 100,0 |
| H ₂ | - | - | - | - | - | - |
| N ₂ | - | - | - | - | - | - |
| O ₂ | - | - | - | - | - | - |
| CH ₄ | 0,34 | 10,94 | 10,69 | 1,66 | 9,72 | - |

Keterangan : ATR = *Anaerobic Trickling Reactor*

Sumber : Hasil Pengukuran, 2017.

Konsentrasi gas hidrogen, nitrogen, dan oksigen tidak terdeteksi (0 %). Menurut Oktaviani (2008), hidrogen terbentuk pada tahap pembentukan asam, sedangkan oksigen merupakan gas yang bukan berasal dari proses. Tidak terbentuknya gas hidrogen selama *seeding* dan aklimatisasi disebabkan karena kondisi pH yang tidak sesuai untuk pembentukan hidrogen. Pembentukan hidrogen di dalam proses anaerob disebabkan oleh aktifitas bakteri asidogen dan asetogen. Menurut (Grady dan Henry, 1990), rentang pH untuk bakteri asidogen dapat tumbuh yaitu pH 5 hingga pH 6,5. Hasil pengukuran pH saat *seeding* dan aklimatisasi (**Gambar 5.a** dan **Gambar 6.a**), saat *seeding* rentang pH 6,87 hingga 7,52 dan saat aklimatisasi rentang pH 7,05 hingga 7,57. Karbondioksida (CO₂) terbentuk pada tahap pembentukan asam (asidogenesis dan asetogenesis) dan tahap pembentukan metana (metanogenesis), sedangkan metana (CH₄) terbentuk pada tahap metanogenesis. Menurut Polprasert (1996), rentang pH untuk pertumbuhan bakteri metanogen yaitu pada pH 6,6 hingga 7,6. Sehingga biogas yang banyak terbentuk selama tahap *seeding* dan aklimatisasi yaitu karbon dioksida (CO₂) dan metana.

4. KESIMPULAN

Selama proses *seeding*, pH cairan *manure* di *anaerobic trickling reactor* yaitu 6,87 hingga 7,52, sedangkan temperaturnya yaitu pada rentang 27°C hingga 28°C. Ketiga jenis media yang direndam cairan *manure* juga mengalami penambahan berat rata-rata sebesar 0,5421 gram/media (*bioball* rambutan) (12,93 %), (*bioball* rambutan), 0,7158 gram/media (*bioball* bola) (11,47 %), dan 0,0449 gram/media (media *straws*) (13,95 %). Pertambahan berat ini menunjukkan pertumbuhan mikroorganisme membentuk *biofilm* pada permukaan tiap media. Rentang pH selama proses aklimatisasi yaitu 7,05 hingga 7,57, temperatur 26°C hingga 26,5°C. *Steady state* saat aklimatisasi terjadi pada hari ke-14 hingga hari ke-20. Adanya aktifitas mikroorganisme saat proses *seeding* dan aklimatisasi ditandai dengan terbentuknya biogas yaitu CO₂ dan CH₄. Konsentrasi CO₂ saat *seeding* di *anaerobic trickling reactor* 1, 2, dan 3 yaitu 99,6 % , 89,06 % , dan 89,31%, sedangkan saat aklimatisasi 98,34 % , 90,28 % , dan 100 % . Konsentrasi CH₄ saat *seeding* pada setiap *anaerobic trickling reactor* yaitu 0,34 % , 10,94 % , dan 10,69 % , sedangkan saat aklimatisasi 1,66 % , 9,72 % , dan 0 % .

DAFTAR RUJUKAN

- Ananda, R. A. (2016). *Pengaruh Variasi Tekanan terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Methane dengan Teknologi Pressure Swing Absorption*. Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung.
- Andary, H. A., Oktiawan, W., & Samudro, G. (2010). *Studi Penurunan COD Dan Warna Pada Limbah Industri Tekstil Pt. Apac Inti Corpora dengan Kombinasi Anaerob-Aerob Menggunakan UASB dan HUASB*. Universitas Diponegoro.
- Anggraini, D., Pertiwi, M. B., & Bahrin, D. (2015). Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal terhadap Komposisi Biogas dari Sampah Organik. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1).
- Buekens, A. (2005). *Energy recovery from residual waste by means of anaerobic digestion technologies*. Paper presented at the Conference "The future of residual waste management in Europe.
- Eckenfelder, W. W., Patoczka, J. B., & Pulliam, G. W. (1988). *Anaerobic Versus Aerobic Treatment In The USA*. New York: Pergamon Press.
- Grady, & Henry, L. C. (1990). *Biological Wastewater Treatment*. New York: Marcel Dekker.
- Hanupurti, D. A. (2009). *Kinetika Penyisihan Senyawa Organik Biowaste Fasa Cair dalam Upflow Anaerobic Fixed Bed Reactor (UAF-B) Bermedia Bambu*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.(444/S2-TL/TPAL/2009).
- Herald, D. (2010). Pengaruh Variasi Rasio Waktu Reaksi terhadap Waktu Stabilisasi pada Penyisihan Senyawa Organik dari Air Buangan Pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan Sequencing Batch Reactor Aerob. *Universitas Andalas, Sumatera Barat*.
- Hermawan, B., Qodriyah, L., & Puspita, C. (2007). Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Sumber Biogas Untuk Mengatasi Krisis Energi Dalam Negeri. *Universitas Lampung Bandar Lampung*.
- Indriyati, I. (2011). Proses Pembenihan (Seeding) dan Aklimatisasi Pada Reaktor Tipe Fixed Bed. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 4(2).
- Khairani, R. M., Ainun, S., & Hartati, E. (2015). *Pemanfaatan Sampah Organik Pasar Sebagai Bahan Baku Biodigester*. Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung.
- Liberty, P. S. (2008). *Pengaruh Penambahan Air pada Biowaste terhadap Rasio C:N:P dalam proses Mechanical Biological Treatment*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Malina, J. F., & Pohland, F. G. (1992). *Design of Anaerobic Processes for the Treatment of Industrial and Municipal Wastes*. United States of America: Technomic.
- Mokobombang, M. A., & Rahardyan, B. (2013). Studi Awal Timbulan, Komposisi dan Karakteristik Food Waste. 1-11.
- Oktaviani, D. (2008). *Degradasi Biowaste dalam Reaktor Batch Anaerob sebagai Bagian dari Proses Mechanical Biological Treatment*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Polprasert, C. (1996). *Organic Waste Recycling Second Edition*. England: John Wiley and Sons.
- Ramadhanthi, G. P. (2008). *Degradasi Biowaste Fasa Cair dengan Reaktor Batch Anaerobik*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Rees, J. F. (1980). *The Fate of Carbon Compounds in The Landfill Disposal of Organic Matter*.
- Tchobanoglous, G., H.Theissen, S.A Vigil. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. USA: McGraw Hill.
- Standar Nasional Indonesia 03-1971-1990 tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat.
- Standar Nasional Indonesia 06-2422-1991 tentang Pengujian Keasaman dalam Air dengan Titrimetri.
- Standar Nasional Indonesia 19-3964-1995 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan.
- Standar Nasional Indonesia 2801:2010 tentang Pupuk Urea.