

MENGOPTIMUMKAN SISTEM ANAEROBIK PADA REAKTOR ANAEROBIK SESEKAT (ABR) UNTUK MENGHASILKAN BIOGAS DARI SISA ORGANIK MENGGUNAKAN PERISIAN SuperPro Designer®

Zulhafizal Othman¹, Dr. Noor Ezlin Mohd Basri², Shahrom Md Zain, Amirhossein Malakahmad

¹Fakulti Kejuruteraan Awam, Universiti Teknologi MARA, Kampus Arau, 02600 Arau, Perlis.
Email: zulhafizal445@perlis.uitm.edu.my

²Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur, Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor. Email: noorezlin@eng.ukm.my

Abstrak - Dalam kajian ini, Sistem Reaktor Anaerobik Sesekat (ABR) telah digunakan. Penentuan jenis reaktor yang dapat memberikan hasil pengeluaran gas dan COD efluen yang optimum dijalankan. Penggunaan perisian SuperPro Designer digunakan untuk menentukan hasil COD keluaran dan komposisi gas metana yang terhasil. Kajian yang dilakukan ini hanya mengfokuskan kepada bilangan sesekat yang berlainan yang dapat mempengaruhi keberkesanan menghasilkan komposisi metana dan COD keluaran yang optimum. Bilangan sesekat yang dikaji ialah 3, 4, 5 dan 6 sesekat. Setelah melakukan simulasi dan nilai yang terhasil dibandingkan dengan nilai purata setiap kes untuk mendapatkan reaktor yang optimum. Keputusan ujikaji yang diperolehi ialah bagi kes sisa kumbahan dapur, didapati bahawa reaktor yang optimum adalah reaktor yang mempunyai 4 sesekat yang mana nilai COD keluaran dan komposisi gas metana adalah 32655 mg O/L dan 68 %. Bagi kes sisa perindustrian dan sisa buangan kelapa sawit, reaktor dengan 4 sesekat dikenalpasti sebagai reaktor paling optimum yang mana nilai COD keluaran sebanyak 8067 mg O/L dan 3900 mg O/L manakala komposisi gas metana adalah 33 % dan 37%. Dalam kes sisa najis binatang, didapati bahawa reaktor yang optimum adalah reaktor yang mempunyai 4 sesekat yang mana nilai COD keluaran dan komposisi gas metana adalah 30865 mg O/L dan 32 %.

Katakunci – Reaktor Anaerobik Sesekat (ABR), SuperPro Designer®, Pengoptimuman, Biogas, Sisa Organik

1.0 PENGENALAN

Pertambahan penduduk akan menyebabkan meningkatnya permintaan terhadap sektor perumahan. Hasil kumbahan perbandaran dan industri merupakan penyumbang utama kepada kenaikan kuantiti sisa pepejal yang perlu dirawat. Pada dasarnya kuantiti penjanaaan sisa pepejal dipengaruhi oleh banyak faktor seperti taraf ekonomi, geografi, aktiviti kehidupan dan kepesatan pembangunan. Ramai tidak menyedari bahawa dalam keghairahan kita mengejar kemajuan, kita terlupa bahawa semakin hari keadaan persekitaran semakin tercemar dan memerlukan pemeliharaan dan pemuliharaan yang lebih efektif dan cekap. Terdapat banyak bukti yang dapat menunjukkan bahawa persekitaran kita semakin tercemar.

Menurut perangkaan yang dikeluarkan oleh Jabatan Alam Sekitar, sebanyak 62% daripada

120 batang sungai di negara kita telah dikenalpasti tercemar. Pada masa ini terdapat kira-kira 230 tapak pelupusan sampah di Malaysia. Setiap satunya berkeluasan antara 20 hingga 150 ekar. Lama kelamaan kawasan tapak pelupusan ini akan penuh dan akan memerlukan kawasan baru sebagai kawasan pelupusan sampah. Langkah-langkah penyelesaian perlu difikirkan segera bagi mengelakkan masalah pencemaran alam semakin meruncing dan membelenggu generasi akan datang. Pencemaran alam sebagai mana yang diketahui ramai, akan memberi impak yang negatif kepada penduduk dunia.

Apabila memperkatakan sistem yang digunakan untuk merawat sisa kumbahan terdapat pelbagai sistem yang digunakan pada masa kini terutamanya di negara-negara maju. Namun demikian, sistem yang terdapat di Malaysia kini masih menggunakan kaedah

konvensional antaranya ialah kolam penstabilan sisa. Kolam penstabilan sisa adalah lembangan cetek yang besar dan tertutup oleh benteng tanah di mana kumbahan mentah akan dirawat oleh proses semulajadi yang melibatkan rumpai dan bakteria.

Oleh kerana proses ini tidak memerlukan tenaga manusia (selain daripada penyediaan kolam tersebut), kadar pengoksidaan adalah perlahan. Akibatnya masa tahanan yang lama diperlukan biasanya 30 hingga 50 hari. Kolam-kolam mempunyai kelebihan (terutamanya kos, keperluan penyelenggaraan dan penyingkiran bakteria najis) mengatasi kaedah-kaedah lain dalam merawat sisa kumbahan. Namun demikian, kaedah kolam penstabilan sisa juga mempunyai kelemahan yang nyata iaitu memerlukan kawasan yang luas berbanding dengan bentuk rawatan yang lain.

Sehubungan dengan itu, sejajar dengan perkembangan teknologi yang berkembang dengan pesat, diharapkan negara tidak ketinggalan dengan arus kemodenan. Pelbagai langkah perlu diambil untuk meningkatkan tahap teknologi terutamanya dalam bidang kejuruteraan sekitaran. Lebih banyak penyelidikan dan kajian yang patut dilakukan untuk mencapai ke tahap yang lebih baik. Pada masa ini, kerajaan banyak memberi galakan dan dorongan kepada penyelidik dengan menyediakan dana untuk menjalankan kajian. Usaha-usaha ini perlu mendapat sokongan dan sambutan dari semua pihak.

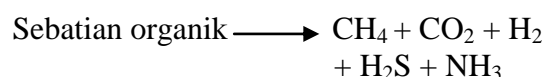
2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Proses Penguraian Anaerobik

Proses penguraian anaerobik adalah suatu proses yang melibatkan tindakbalas sejumlah mikroorganisma dalam keadaan ketiadaan kehadiran oksigen yang bertanggungjawab menguraikan sebatian organik kompleks. Tindakbalas yang berlaku akan menghasilkan biogas. Sejumlah 80 hingga 90 % sebatian organik kompleks dapat distabil dan diuraikan dengan menggunakan kaedah rawatan anaerobik walaupun dalam keadaan muatan yang tinggi atau besar. Ini adalah berbeza dengan sistem aerobik dimana hanya sejumlah 50 % sahaja sisa

tersebut dapat distabilkan, walaupun hanya dengan muatan konvensional (McCarty, 1964). Dalam keadaan ketiadaan oksigen, atom karbon akan bergabung dengan substrat organik untuk membentuk elektron penerima, sementara itu komponen yang lain akan mengoksidakan karbon dioksida (Pohland, 1992).

Penghasilan biogas daripada sisa organik melalui proses penguraian anaerobik adalah ditunjukkan seperti persamaan di bawah :



Jad. 1 : Komposisi biogas yang terhasil

Komposisi Biogas	Peratusan (%)
Metana (CH ₄)	55 – 65
Karbon dioksida (CO ₂)	35 – 45
Ammonia (NH ₃)	0 – 3
Hidrogen (H ₂)	0 – 1
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0 – 1

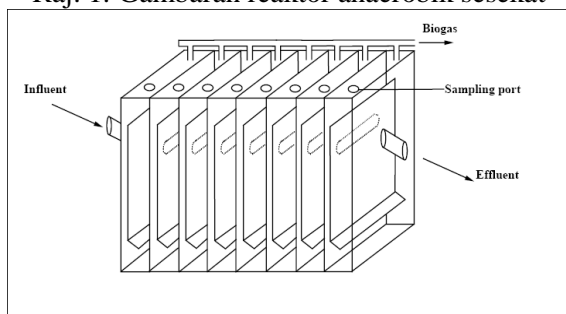
Sumber : Earth Engineering Centre, Colombia University 2003

2.2 Reaktor Anaerobik Sesekat (ABR)

Reaktor Anaerobik Sesekat (ABR) pada mulanya dicipta oleh McCarty dan pembantunya di Stanford University (McCarty, 1981). Mereka mendapati kebanyakan biojisim di dalam Penyentuh Biologi Berputar (RBC) (RBC, Tait dan Freidman, 1980) adalah dalam keadaan terampai, dan apabila mereka mengalihkan plat putar tersebut maka terbentuk reaktor anaerobik sesekat (ABR). ABR boleh digambarkan dengan beberapa siri UASBs, yang mana tidak memerlukan granula untuk pengoperasiannya (Barber dan Stuckey, 1998). Sekatan menegak yang dibina adalah berfungsi untuk membolehkan air kumbahan yang memasuki reaktor akan mengalir atas dan bawah sekatan bermula dari masukan sehingga keluaran reaktor tersebut. Bakteria yang terkandung di dalam reaktor akan mula terenap bersama komponen yang terdapat dalam aliran dan penghasilan gas akan berlaku di setiap bahagian, kadar penahanan sel adalah 100 hari dan masa penahan hidraulik ialah 20 jam (Grobicki and Stuckey, 1991). Oleh yang demikian, air

kumbahan dapat berhubung dengan lebih besar jumlah biojisim yang aktif apabila melalui ABR dengan masa penahan hidraulik yang pendek (6–20 jam), sementara itu efluen yang terhasil akan bebas dari pepejal biologi. Kaedah ini telah menunjukkan keputusan yang baik dalam penyingkiran COD (Grobicki and Stuckey, 1991). Pada permulaan operasi ABR, Grobicki dan Stuckey (1991) telah menyiasat kesan terhadap pelbagai bahan organik dan kadar beban hidraulik terhadap perpindahan jisim dan kadar had tindakbalas. Grobicki dan Stuckey (1992) telah mentafsirkan ciri-ciri hidrodinamik. Mereka mendapati bahawa ruang mati hidraulik yang terdapat dalam reaktor yang kosong adalah 8% terhadap keseluruhan isipadu, sementara itu dengan penambahan 8 g VS/l peningkatan ruang mati hidraulik akan meningkat ke 18%.

Raj. 1: Gambaran reaktor anaerobik sesekat



Sumber : Joanne Bell - Jan 2003

3. METODOLOGI

Pada dasarnya sistem reaktor anaerobik sesekat mempunyai perbezaan dengan reaktor yang lain adalah pada kewujudan beberapa sekatan di dalam reaktor tersebut. Sekatan yang dibuat adalah berkeadaan menegak. Dengan adanya sekatan yang dibuat ini akan mewujudkan beberapa ruang di dalam reaktor. Pada setiap bahagian sekatan tersebut akan melibatkan beberapa proses anaerobik yang bertindakbalas.

Influen yang memasuki reaktor akan melalui sekatan-sekatan ini sehingga ke penghujung reaktor dan akan keluar sebagai efluen yang telah menjalani rawatan biologi. Bakteria yang masuk ke dalam reaktor akan dikeluarkan bersama dengan pengeluaran gas. Kandungan pepejal di dalam kumbahan akan berkurang apabila melalui sepanjang sekatan di

dalam reaktor. Ini kerana pepejal yang terdapat akan terenalap di bahagian bawah reaktor manakala gas yang terhasil akan disalurkan keluar melalui salur gas. Reaktor Anaerobik Sesekat (ABR) beroperasi dengan kombinasi beberapa proses anaerobik secara amnya terdapat empat peringkat yang terlibat iaitu hidrolisis, *acidogenesis* (fermentasi), *acetogenesis* dan *methanogenesis*.

Dalam kajian untuk mengoptimalkan penghasilan biogas ini, kajian telah dibahagikan kepada 4 kes, iaitu Sisa Kumbahan Dapur, Sisa Perindustrian, Sisa Buangan Kelapa Sawit, Sisa Najis Binatang (Khinzir).

Di dalam simulasi dengan menggunakan SuperPro Designer®, parameter-parameter yang terlibat ialah :

- Beban organik (mengikut setiap kes)
- Bilangan sesekat– 3, 4, 5 dan 6 sesekat
- Saiz reaktor yang digunakan
- Masa tahanan

3.1 Pendaftaran Komponen dalam Perisian

SuperPro Designer® menyediakan pelbagai penggunaan komponen dalam proses merekabentuk. Semua komponen yang digunakan didalam kajian ini telah didaftarkan dalam program. Komponen dan komposisi bagi setiap kes adalah seperti ditunjukkan dalam Jadual 2.

Jad.2: Data masukan bagi setiap kes

Komponen	Komposisi komponen (mg O/L)			
	Sisa kumbah dapur ¹	Sisa industri ²	Sisa kelapa sawit ³	Sisa najis binatang ⁴
Asid asetik	0.1	0.02	0.1000	0.10
Biojisim	0.1	0.02	0.1000	0.13
Glukosa	0.2	0.06	0.2000	0.11
Nitrogen	-	-	0.0172	-
Air	7.5	7.50	8.0000	7.50

Sumber : 1.Amirhossein Malakahmad 2006
 2.Grobicki A.M.W. & Stuckey D.C. 1992
 3.Lembaaga Minyak Sawit Malaysia 2008
 4. Boopathy dan Sievers 1991

4. ANALISIS DATA DAN KEPUTUSAN

Pada akhir kajian yang dijalankan, kesemua data dan keputusan yang diperolehi akan di analisis. Hasil analisis ini akan dikemukakan dalam beberapa bentuk antaranya ialah dalam bentuk jadual. Cara ini dipilih adalah untuk memudahkan pembaca untuk memahami dan membuat perbandingan antara keputusan yang diperolehi. Selain itu juga, hasil keputusan yang dikeluarkan oleh Perisian Superpro juga turut akan dilampirkan bersama yang menunjukkan hasil efluen yang diperolehi. Perbandingan akan menumpukan kepada keluaran gas metana yang terhasil, sejajar dengan objektif kajian yang ingin mengoptimumkan penghasilan gas metana.

4.1 Nilai COD Sampel Sebelum Dan Selepas Rawatan

Perbandingan nilai COD dilakukan untuk menentukan reaktor yang dapat memberikan hasil efluen yang optimum. Dapat dilihat kepelbagaian dalam pengurangan nilai COD yang terhasil bergantung kepada jenis sisa yang perlu dirawat.

4.1.1 Sisa Kumbahan Dapur

Data-data berkaitan sampel yang ingin dikaji dimasukkan ke dalam perisian SuperPro Designer dan kemudiannya data-data ini akan menjalani proses simulasi mengikut bilangan sesekat yang berlainan. Nilai COD sampel bagi setiap bilangan sesekat yang berlainan ditunjukkan dalam Jadual 3.

Jad. 3: Nilai COD Bagi Sisa Kumbahan Dapur

Bilangan Sesekat	COD Masukkan (mg O/L)	COD Keluaran (mg O/L)	Peratusan Pengurangan COD (%)
3	63503	43731	31
4	63503	32655	49
5	63503	34251	46
6	63503	34240	46

Keputusan simulasi menunjukkan bilangan sesekat yang dapat menghasilkan efluen yang

terbaik adalah reaktor yang mempunyai 6 sesekat dengan peratusan pengurangan COD sebanyak 46 %. Walaubagaimanapun, ini tidak menunjukkan bahawa reaktor 6 sesekat adalah yang terbaik kerana komposisi gas metana yang terhasil turut akan diambil kira dalam menentukan reaktor yang optimum. Sisa kumbahan dapur mempunyai kandungan substrat yang tinggi dan ini berdasarkan pemerhatian kinetik, kepekatan substrat yang tinggi akan menggalakkan kadar pertumbuhan bakteria dan organisma dengan nilai K_s tinggi, dan penghasilan metana berasal dari tindakbalas yang dilakukan oleh *Methanosarcina sp.* Ini akan memberi kesan kepada penghasilan komposisi metana yang lebih banyak.

4.1.2 Sisa Perindustrian

Data-data berkaitan sampel yang ingin dikaji dimasukkan ke dalam perisian SuperPro Designer dan kemudiannya data-data ini akan menjalani proses simulasi mengikut bilangan sesekat yang berlainan. Nilai COD sampel bagi setiap bilangan sesekat yang berlainan ditunjukkan dalam Jadual 4.

Jad. 4: Nilai COD Bagi Sisa Perindustrian

Bilangan Sesekat	COD Masukkan (mg O/L)	COD Keluaran (mg O/L)	Peratusan Pengurangan COD (%)
3	15948	10665	33
4	15948	8067	49
5	15948	4824	70
6	15948	4601	71

Setelah menjalankan simulasi ke atas sampel yang telah dimasukkan data ke dalam perisian, maka didapati bahawa reaktor yang mempunyai 6 sesekat mempunyai kebolehan merawat sisa yang tertinggi dengan peratusan pengurangan COD sebanyak 71%. Ini adalah berkemungkinan kerana sisa yang dirawat lebih lama di dalam reaktor akan mengalami proses rawatan yang lebih baik dan menghasilkan efluen yang berkualiti. Jika dibandingkan dengan nilai COD yang dihasilkan reaktor yang mempunyai 3 sesekat, nilai COD yang terhasil adalah sangat berbeza. Sisa yang bersesekat lebih banyak

mempunyai peluang yang lebih untuk mengalami proses enapan yang membolehkan mikroorganisma bertindakbalas terhadap sisa tersebut. Keberkesanan terhadap pengurangan nilai COD sisa industri juga adalah disebabkan oleh kehadiran bahan toksid di dalam sisa tersebut seperti kehadiran sulfur. Kehadiran bahan toksid dalam penghadam akan memberi kesan kepada pertumbuhan bakteria *methanogen* (Polprasert 1996). Ini sekali gus akan memberi kesan kepada penghasilan gas metana.

4.1.3 Sisa Buangan Kelapa Sawit

Data-data berkaitan sampel yang ingin dikaji dimasukkan ke dalam perisian SuperPro Designer dan kemudiannya data-data ini akan menjalani proses simulasi mengikut bilangan sesekat yang berlainan. Nilai COD sampel bagi setiap bilangan sesekat yang berlainan ditunjukkan dalam Jadual 5.

Jad. 5: Nilai COD Bagi Sisa Buangan Kelapa Sawit

Bilangan Sesekat	COD Masukkan (mg O/L)	COD Keluaran (mg O/L)	Peratusan Pengurangan COD (%)
3	51063	37134	27
4	51063	39000	24
5	51063	31010	39
6	51063	31010	39

Setelah menjalankan simulasi keatas sampel yang telah dimasukkan data ke dalam perisian, maka didapati bahawa reaktor yang mempunyai 6 sesekat mempunyai kebolehan merawat sisa yang tertinggi dengan peratusan pengurangan COD sebanyak 39 %. Ini adalah berkemungkinan kerana sisa yang dirawat lebih lama di dalam reaktor akan mengalami proses rawatan yang lebih baik dan menghasilkan efluen yang berkualiti. Jika dibandingkan dengan nilai COD yang dihasilkan reaktor yang mempunyai 3 sesekat, nilai COD yang terhasil adalah sangat berbeza. Sisa yang bersesekat lebih banyak mempunyai peluang yang lebih untuk mengalami proses enapan yang membolehkan mikroorganisma bertindakbalas terhadap sisa tersebut.

4.1.4 Sisa Najis Binatang (Khinzir)

Data-data berkaitan sampel yang ingin dikaji dimasukkan ke dalam perisian SuperPro Designer dan kemudiannya data-data ini akan menjalani proses simulasi mengikut bilangan sesekat yang berlainan. Nilai COD sampel bagi setiap bilangan sesekat yang berlainan ditunjukkan dalam Jadual 6.

Jad. 6: Nilai COD Bagi Sisa Najis Binatang (Khinzir)

Bilangan Sesekat	COD Masukkan (mg O/L)	COD Keluaran (mg O/L)	Peratusan Pengurangan COD (%)
3	58628	43731	25
4	58628	30865	47
5	58628	30794	48
6	58628	30764	48

Berdasarkan pemerhatian kinetik, kepekatan substrat yang tinggi akan menggalakkan kadar pertumbuhan bakteria dan organisma dengan nilai K_s tinggi, dan penghasilan metana berasal dari tindakbalas yang dilakukan oleh *Methanosarcina sp.*. Sisa yang bersesekat lebih banyak mempunyai peluang yang lebih untuk mengalami proses enapan yang membolehkan mikroorganisma bertindakbalas terhadap sisa tersebut. Williamson dan McCarty (1976) menyatakan bahawa keberkesanan hasil rawatan adalah menurun dengan mengurangkan kepekatan substrat masukan.

4.2 Komposisi Gas Yang Terhasil

4.2.1 Sisa Kumbahan Dapur

Komposisi gas metana dan karbon dioksida bagi sisa kumbahan dapur yang terbentuk hasil dari proses simulasi yang dilakukan ditunjukkan dalam Jadual 7.

Jad. 7: Komposisi Gas Yang Terhasil Bagi Sisa Kumbahan Dapur

Bil Sesekat	Metana		Karbon Dioksida	
	Komposisi (%)	Kepekatan (g/L)	Komposisi (%)	Kepekatan (g/L)
3	68	0.5576	33	0.2686
4	68	0.5586	32	0.2657
5	34	0.3825	66	0.7488
6	35	0.3931	65	0.7200

Seperti yang dapat dilihat bahawa komposisi gas metana yang terhasil pada reaktor bersesekat 3 dan 4 adalah tinggi dan apabila sisa dikenakan pada reaktor bersesekat 5 dan 6, komposisi gas metana berkurangan dengan mendadak, ini adalah kerana kandungan asid asetik yang terhasil di sesekat ke empat terlalu sedikit. Kandungan asid asetik yang sedikit ini akan memberi kesan kepada pembentukan gas metana di sesekat ke lima dan seterusnya. Oleh yang demikian, menyebabkan kandungan karbon dioksida akan lebih banyak berbanding gas metana kerana dalam proses *acidogenesis* di sesekat pertama turut menghasilkan gas karbon dioksida. Ini sejajar dengan pernyataan yang dikeluarkan oleh (Polprasert et al., 1992) yang menyatakan bahawa sisa kumbahan berkepekatan rendah akan mengandungi biojisim dan substrat yang rendah dan kemudiannya akan menyebabkan aktiviti biojisim berkurangan.

4.2.2 Sisa Perindustrian

Komposisi gas metana dan karbon dioksida bagi sisa perindustrian yang terbentuk hasil dari proses simulasi yang dilakukan ditunjukkan dalam Jadual 8.

Jad. 8: Komposisi Gas Yang Terhasil Bagi Sisa Perindustrian

Bil Sesekat	Metana		Karbon Dioksida	
	Komposisi (%)	Kepekatan (g/L)	Komposisi (%)	Kepekatan (g/L)
3	47	0.4637	53	0.5261
4	33	0.3786	67	0.7596
5	27	0.3338	73	0.8826
6	28	0.3408	72	0.8634

Sisa industri yang dikaji mempunyai kandungan bahan kimia seperti sulfur. Kehadiran bahan toksid dalam penghadam akan memberi kesan kepada pertumbuhan bakteria *methanogen* (Polprasert 1996). Sisa kumbahan berkepekatan rendah akan mengandungi biojisim dan substrat yang rendah dan kemudiannya akan menyebabkan aktiviti biojisim berkurangan. Disebabkan itu, rawatan sisa kumbahan yang berkekuatan rendah perlu manggalakkan aktiviti bakteria seperti *Methanosaeta* di dalam ABR (Polprasert et al., 1992). Pengurangan komposisi gas metana adalah disebabkan oleh pengurangan kandungan asid asetik dalam sesekat ke 5 yang bertanggungjawab dalam pembentukan gas metana dan karbon dioksida.

Walaupun bagaimanapun, kandungan karbon dioksida lebih banyak adalah kerana tindakbalas proses *acidogenesis* dalam sesekat pertama pada masa yang sama akan menghasilkan gas karbon dioksida. Bagi mengekalkan kandungan asid asetik yang banyak, kandungan substrat seperti karbohidrat perlu ditingkatkan dan dapat meningkatkan komposisi gas metana yang lebih banyak terhasil.

4.2.3 Sisa Buangan Kelapa Sawit

Komposisi gas metana dan karbon dioksida bagi sisa buangan kelapa sawit yang terbentuk hasil dari proses simulasi yang dilakukan ditunjukkan dalam Jadual 9.

Jad. 9: Komposisi Gas Yang Terhasil Bagi Sisa Buangan Kelapa Sawit

Bil Sesekat	Metana		Karbon Dioksida	
	Komposisi (%)	Kepekatan (g/L)	Komposisi (%)	Kepekatan (g/L)
3	44	0.4483	56	0.5684
4	37	0.4071	63	0.6814
5	30	0.3561	70	0.8213
6	31	0.3594	69	0.8123

Keputusan gas metana yang terhasil dilihat berkurangan dengan penambahan bilangan sesekat. Pengurangan komposisi gas metana ini adalah disebabkan oleh pengurangan kandungan asid asetik yang bertanggungjawab dalam pembentukan gas metana dan karbon dioksida. Walaupun bagaimanapun, kandungan karbon dioksida lebih banyak adalah kerana tindakbalas

proses *acidogenesis* dalam sesekat pertama pada masa yang sama akan menghasilkan gas karbon dioksida. Bekalan substrat yang lebih adalah diperlukan untuk pembentukan gas metana yang lebih memberangsangkan.

4.2.4 Sisa Najis Binatang (Khinzir)

Komposisi gas metana dan karbon dioksida bagi sisa najis binatang yang terbentuk hasil dari proses simulasi yang dilakukan ditunjukkan dalam Jadual 10.

Jad. 10: Komposisi Gas Yang Terhasil Bagi Sisa Najis Binatang (Khinzir)

Bil Sesekat	Metana		Karbon Dioksida	
	Komposisi (%)	Kepekatan (g/L)	Komposisi (%)	Kepekatan (g/L)
3	67	0.5576	33	0.2686
4	32	0.3679	68	0.7889
5	32	0.3684	68	0.7877
6	34	0.3850	66	0.7421

Pada bilangan sesekat sebanyak 3 sesekat menunjukkan bahawa komposisi gas metananya adalah tertinggi dan komposisi metana berkurangan apabila berlaku penambahan sesekat. Ini adalah kerana berlakunya pengurangan kandungan asid asetik pada sesekat ke empat dan seterusnya. Pengurangan ini memberi kesan kepada penghasilan komposisi metana kerana asid asetik berperanan dalam pembentukan gas metana dan karbon dioksida. Pada kadar beban tinggi yang disebabkan oleh masa tahanan hidraulik yang rendah, penghasilan gas akan meningkat.

4.3 Penentuan Reaktor Memberi Hasil Optimum

4.3.1 Sisa Kumbahan Dapur

Setelah menjalankan simulasi ke atas sisa kumbahan yang dikaji, komposisi gas metana dan nilai COD keluaran bagi setiap reaktor yang mempunyai bilangan sesekat berlainan diperolehi. Penentuan purata nilai COD keluaran dan komposisi gas metana dikira untuk mendapatkan reaktor yang dapat memberikan hasil yang optimum. Selepas pengiraan, nilai

purata COD keluaran diperolehi sebanyak 36219 mg O/L dan nilai purata komposisi gas metana diperolehi sebanyak 51 %. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa nilai COD keluaran dan komposisi gas metana yang menghampiri nilai purata adalah reaktor yang dapat memberikan hasil yang optimum. Dalam kes sisa kumbahan dapur, didapati bahawa reaktor yang optimum adalah reaktor yang mempunyai 4 sesekat yang mana nilai COD keluaran dan komposisi gas metana adalah 32655 mg O/L dan 68 %.

4.3.2 Sisa Perindustrian

Setelah menjalankan simulasi ke atas sisa kumbahan yang dikaji, komposisi gas metana dan nilai COD keluaran bagi setiap reaktor yang mempunyai bilangan sesekat berlainan diperolehi. Penentuan purata nilai COD keluaran dan komposisi gas metana dikira untuk mendapatkan reaktor yang dapat memberikan hasil yang optimum. Selepas pengiraan, nilai purata COD keluaran diperolehi sebanyak 7039 mg O/L dan nilai purata komposisi gas metana diperolehi sebanyak 34 %. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa nilai COD keluaran dan komposisi gas metana yang menghampiri nilai purata adalah reaktor yang dapat memberikan hasil yang optimum. Dalam kes sisa perindustrian, didapati bahawa reaktor yang optimum adalah reaktor yang mempunyai 4 sesekat yang mana nilai COD keluaran dan komposisi gas metana adalah 8067 mg O/L dan 33 %.

4.3.3 Sisa Buangan Kelapa Sawit

Setelah menjalankan simulasi ke atas sisa kumbahan yang dikaji, komposisi gas metana dan nilai COD keluaran bagi setiap reaktor yang mempunyai bilangan sesekat berlainan diperolehi. Penentuan purata nilai COD keluaran dan komposisi gas metana dikira untuk mendapatkan reaktor yang dapat memberikan hasil yang optimum. Selepas pengiraan, nilai purata COD keluaran diperolehi sebanyak 34538 mg O/L dan nilai purata komposisi gas metana diperolehi sebanyak 36 %. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa nilai COD keluaran dan komposisi gas metana yang menghampiri nilai

purata adalah reaktor yang dapat memberikan hasil yang optimum. Dalam kes sisa buangan kelapa sawit, didapati bahawa reaktor yang optimum adalah reaktor yang mempunyai 4 sesekat yang mana nilai COD keluaran dan komposisi gas metana adalah 39000 mg O/L dan 37 %.

4.3.4 Sisa Najis Binatang (*Khinzir*)

Setelah menjalankan simulasi ke atas sisa kumbahan yang dikaji, komposisi gas metana dan nilai COD keluaran bagi setiap reaktor yang mempunyai bilangan sesekat berlainan diperolehi. Penentuan purata nilai COD keluaran dan komposisi gas metana dikira untuk mendapatkan reaktor yang dapat memberikan hasil yang optimum. Selepas pengiraan, nilai purata COD keluaran diperolehi sebanyak 34038 mg O/L dan nilai purata komposisi gas metana diperolehi sebanyak 41 %. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa nilai COD keluaran dan komposisi gas metana yang menghampiri nilai purata adalah reaktor yang dapat memberikan hasil yang optimum. Dalam kes sisa najis binatang, didapati bahawa reaktor yang optimum adalah reaktor yang mempunyai 4 sesekat yang mana nilai COD keluaran dan komposisi gas metana adalah 30865 mg O/L dan 32 %.

5. KESIMPULAN

Keputusan ujikaji yang diperolehi ialah bagi kes sisa kumbahan dapur, didapati bahawa reaktor yang optimum adalah reaktor yang mempunyai 4 sesekat yang mana nilai COD keluaran dan komposisi gas metana adalah 32655 mg O/L dan 68 %. Bagi kes sisa perindustrian, reaktor besesekat sebanyak 4 dikenalpasti sebagai reaktor paling optimum yang mana nilai COD keluaran dan komposisi gas metana adalah 8067 mg O/L dan 33 %. Sisa buangan kelapa sawit, juga melihat bahawa reaktor yang optimum adalah reaktor yang mempunyai 4 sesekat yang mempunyai nilai COD keluaran dan komposisi gas metana adalah 39000 mg O/L dan 37 %. Dalam kes sisa najis binatang, didapati bahawa reaktor yang optimum adalah reaktor yang mempunyai 4 sesekat yang mana nilai COD keluaran dan komposisi gas metana adalah 30865 mg O/L dan 32 %.

Penentuan reaktor-reaktor yang memberikan hasil optimum adalah berdasarkan kiraan purata yang terhasil di antara gas metana dan nilai pengurangan COD selepas menjalani simulasi.

6. CADANGAN

Sepanjang ujikaji dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer yang melibatkan perisian SuperPro Designer dapat dilihat beberapa kelemahan terhadap simulasi dan memerlukan pembaikpulihan pada masa akan datang. Selain itu, beberapa cadangan ingin disarankan untuk perlaksanaan kajian pada masa hadapan. Antara cadangan yang disarankan ialah:

1. Melakukan ujikaji berskala makmal ke atas sisa yang telah menjalani simulasi komputer bagi membuat perbandingan keadaan sebenar dengan simulasi komputer.
2. Mengkaji faktor lain yang dapat mempengaruhi keberkesanan reaktor seperti masa tahanan. Dalam kajian ini, hanya bilangan sesekat sahaja dikaji dalam menentukan keberkesanan reaktor.
3. Menjalankan simulasi komputer dengan melibatkan jenis sisa yang berlainan seperti sisa jerami padi, sisa kilang pembuat baja, dan sisa dari pemprosesan getah.

7. PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan ucapan terima kasih dan setinggi-tinggi penghargaan kepada mereka yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam menjayakan penyelidikan ini.

8. RUJUKAN

- Amirhossein Malakahmad (2006). An application of zero-waste anaerobic baffled reactor (ABR) to produce biogas from kitchen waste. Thesis Ph.D, Faculty of Engineering, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Barber W. P. and Stuckey D. C. (1998). Influence of start-up strategies on the performance of an anaerobic baffled reactor. *Environ. Technol.* 19: 489-501
- Boopathy R. and Sievers D. M. (1991). Performance of a modified anaerobic baffled reactor to treat swine waste. *Trans. ASAE* 34(6): 2573-2578.
- Grobicki A. M. W. and Stuckey D. C. (1992). Hydrodynamic characteristics of the anaerobic baffled reactor. *Wat. Res.* 26: 371-378.
- Grobicki A. M. W. and Stuckey D. C. (1991). Performance of the anaerobic baffled reactor under steady state and shock loading conditions. *Biotechnol. Bioeng.* 37: 344-355
- McCarty P. L. (1981). One Hundred Years of Anaerobic Treatment in Anaerobic Digestion 1981 ed Huges et al. Anaerobic Digestion 1981. *Elsevier Biomedical Press B.V*: 3-21.
- Polprasert C., Kemmadamrong P. and Tran F. T. (1992). Anaerobic baffled reactor (ABR) process for treating a slaughterhouse wastewater. *Environ. Technol.* 13: 857-865.
- Tait S. J. and Freidman A. A. (1980). Anaerobic rotating biological contactor for carbonaceous wastewaters. *J. WPCF.* 52(7): 2257-2269.