

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. UBI KAYU

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz sin. *M. utilissima* Poh) seperti yang terlihat pada gambar 2.1, lebih dikenal dengan nama singkong atau ketela pohon merupakan salah satu tanaman yang familiar di kalangan masyarakat Indonesia. Hal ini dikarenakan hampir seluruh propinsi di Indonesia memproduksi ubi kayu. Ubi kayu mudah dibudidayakan, dapat tumbuh di lahan yang relatif tidak subur, tidak membutuhkan banyak pupuk dan pestisida. Ubi kayu memiliki sifat yang tidak tahan lama dalam keadaan segar, maka dalam pemasaran ubi kayu harus diolah menjadi bentuk lain yang lebih awet, seperti gaplek, tepung tapioka, tapai, peuyeum, keripik singkong, dan lain-lain (Lingga, Pinus, 1992).



Gambar 2.1. Ubi kayu

II.2. TEPUNG TAPIOKA

Tepung tapioka adalah salah satu hasil olahan dari ubi kayu. Tepung tapioka umumnya berbentuk butiran pati yang banyak terdapat dalam sel umbi singkong (Razif, 2006; Astawan, 2009). Kandungan nutrisi pada tepung tapioka, dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1. Kandungan Nutrisi Pada Tepung Tapioka (Soemarno, 2007)

Komposisi	Jumlah
Kalori (per 100 gr)	363
Karbohidrat (%)	88.2
Kadar air (%)	9.0
Lemak (%)	0.5
Protein (%)	1.1
Ca (mg/100 gr)	84
P (mg/100 gr)	125
Fe (mg/100 gr)	1.0
Vitamin B1 (mg/100 gr)	0.4
Vitamin C (mg/100 gr)	0

Dari hasil pengolahan tapioka, dihasilkan hasil samping berupa padatan atau ampas. Kandungan nutrisi ampas tapioka dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kandungan Nutrien Ampas Tapioka (Soemarno, 2007)

Parameter	Nilai (%)
Kadar air	9.04
Serat	21.00
Pati	37.70
Gula pereduksi	31.30
Protein	0.96

Tapioka banyak digunakan sebagai bahan pengental dan bahan pengikat dalam industri makanan. Sedangkan ampas tapioka banyak dipakai sebagai campuran makanan ternak.

Pada umumnya masyarakat Indonesia mengenal dua jenis tapioka, yaitu tapioka kasar dan tapioka halus. Tapioka kasar masih mengandung gumpalan dan butiran ubi kayu yang masih kasar, sedangkan tapioka halus merupakan hasil pengolahan lebih lanjut dan tidak mengandung gumpalan lagi.

II.3. LIMBAH CAIR TAPIOKA

Limbah cair industri tapioka dihasilkan dari proses pembuatan, baik dari pencucian bahan baku sampai pada proses pemisahan pati dari airnya atau proses pengendapan. Limbah padat berasal dari proses pengupasan

ketela pohon dari kulitnya yaitu berupa kotoran dan kulit dan pada waktu pemrosesan yang berupa ampas yang sebagian besar berupa serat dan pati. Penanganan yang kurang tepat terhadap hasil buangan padat dan cair akan menghasilkan gas yang dapat mencemari udara.

Limbah cair industri tapioka yang masih baru berwarna putih kekuningan, sedangkan limbah yang sudah busuk berwarna abu-abu gelap. Kekeruhan yang terjadi pada limbah disebabkan oleh adanya bahan organik, seperti pati yang terlarut, jasad renik dan koloid lainnya yang tidak dapat mengendap dengan cepat. Sebanyak 1000 kg ubi kayu yang telah bersih dan terkupas kulitnya (kandungan bahan kering 35%) dapat menghasilkan limbah cair sebesar 514 kg (Sangyoka, 2007).

Komposisi limbah cair industri tapioka yang dipersyaratkan (Laporan Penelitian BPPI Semarang, 2009) dengan karakteristik tersaji pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Komposisi Limbah Cair Untuk Industri Tapioka

Parameter	Kadar Maksimum (Mg/L)
Biological Oxygen Demand (BOD)	3000-7500
Chemical Oxygen Demand (COD)	7000-30000
Total Solid (TTS)	1500-5000
pH	4,0-6,5

Berbagai masalah yang timbul jika limbah industri tapioka tidak diolah dengan baik dan benar yaitu :

- Penyakit, misalnya gatal-gatal
- Timbul bau yang tidak sedap
- Air limbah bila masuk kedalam tambak akan merusak tambak sehingga ikan mati dan estetika sungai berubah.

Alternatif pengolahan limbah tapioka cair adalah sebagai sumber bahan baku pembuatan biogas karena kandungan patinya yang dihitung

masih besar. Selain itu, penggunaan limbah tapioka sebagai bahan baku proses produksi biogas juga didasarkan pada pertimbangan proses produksi biogas yang relatif mudah dan murah.

Upaya pemanfaatan limbah padat tapioka berdampak pada perbaikan kesehatan lingkungan, peningkatan nilai ekonomi, dan peningkatan daya guna limbah tapioka (<http://www.menlh.go.id/usaha-kecil/> 2008).

II.4. BIOGAS

Biogas adalah gas-gas yang dihasilkan dari proses penguraian anaerob (tanpa udara) atau fermentasi dari material organik seperti kotoran hewan, lumpur kotoran, sampah padat atau sampah terurai secara bio. Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri metanogen. Terdapat tiga kelompok bakteri yang berperan dalam proses pembentukan biogas, yaitu:

1. Kelompok bakteri fermentatif: *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae*
2. Kelompok bakteri asetogenik: *Desulfovibrio*
3. Kelompok bakteri metana: *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus*

Menurut Goodrich R (1979), bakteri selulolitik yang hidup dalam rumen antara lain *Ruminococcus albus*, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flafefaciens* dan *Butyovibrio fibrisolvens*. Dari berbagai jenis tersebut *Fibrobacter succinogenes* merupakan mikroba yang paling aktif dalam proses degradasi selulosa. Bakteri selulolitik umumnya hidup pada kisaran suhu optimum 30 sampai 35 °C.

Kandungan gas utama dari biogas terdiri dari metan dan CO₂ (Goodrich, 1979; Bhumiratana, 1984; Khasristya, 2004; Kalmar, 2007; Suhendra, 2008; Deublein, 2008). Sedangkan untuk kandungan biogas lainnya dapat dilihat pada tabel 2.5.

Menurut catatan LIPI, Indonesia memiliki potensi biogas sebesar 685 megawatt dan baru 1% yang dimanfaatkan (<http://www.lipi.go.id/> 20 Agustus 2009). Potensi ekonomis biogas adalah sangat besar, hal tersebut mengingat bahwa 1 m³ biogas setara dengan 0,62 liter minyak tanah (Tabel 2.6.). Nilai energi yang dikandung biogas adalah 4800-6700 kkal/m³, dan sebagai perbandingan, nilai kalor gas metan adalah 8900 kkal/m³ (Harahap, 1978), sehingga hal ini menunjukkan bahwa biogas cukup potensial untuk dijadikan sebagai sumber energi. Selain itu, biogas sebagai sumber energi tidak mencemari lingkungan seperti minyak dan gas bumi (<http://www.lipi.go.id/> 20 Agustus 2009).

Tabel 2.4. Nilai Kalori Biogas (Mulyanto, A. dan Titiresmi, 2005)

Bahan Bakar	Nilai Kalori (kJ/Kg)
Biogas	15000
Kayu	2400
Arang	7000
Minyak tanah	8000

Tabel 2.5. Komposisi Senyawa Biogas (Polprasert, C, 1989)

Senyawa	Rumus Kimia	Kadar (%)
Metana	CH ₄	50-70
Karbondioksida	CO ₂	30-40
Hidrogen	H ₂	5-10
Nitrogen	N ₂	1-2
Uap air	H ₂ O	0.3
Hidrogen sulfida	H ₂ S	Sisa

Tabel 2.6. Kesetaraan Biogas dengan Sumber Energi Lain Tiap 1 m³

No	Sumber Lain	Nilai Kesetaraan
1.	Elpiji	0.46 kg
2.	Minyak Tanah	0.62 liter
3.	Minyak Solar	0.52 liter
4.	Bensin	0.80 liter
5.	Gas Kota	1.5 m ³
6.	Kayu Bakar	3.5 kg

Sumber : Dit. Pengolahan Hasil Pertanian, Ditjen PPHP Deptan

II.4.1. MIKROBIOLOGI DAN BOKIMIA

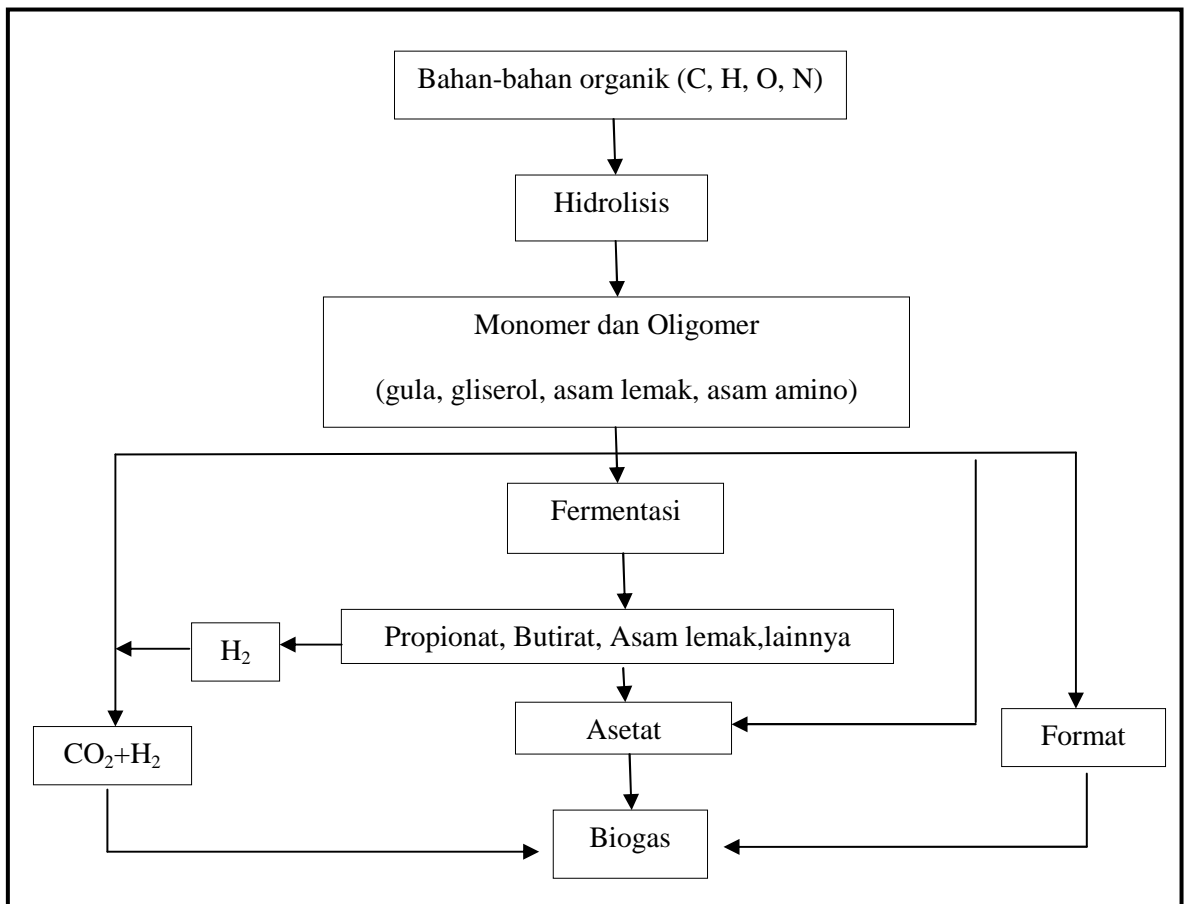
Pengaturan dan pengendalian reaksi ini dilakukan di dalam sebuah alat yang disebut digester. Kondisi anaerob adalah kondisi dalam ruangan tertutup (kedap udara) dan tidak memerlukan oksigen (Sangyoka, 2007). Menurut Carbone *et al.*, (2000), fermentasi anaerob adalah proses perombakan bahan organik secara mikrobiologis dalam keadaan anaerob, dimana dihasilkan gas bio berupa campuran gas dimana CH₄ dan CO₂ merupakan gas yang dominan. Secara sederhana reaksi keseluruhan pembuatan biogas dari bahan-bahan organik adalah sebagai berikut:



(mikroorganisme/anaerobik)

(Buswell, 1930; Sangyoka, S, 2007; Manilal, 1990; Carbone, 2000; Mulyanto, 2005; B. Koumanova, 2009)

Fermentasi anaerob terjadi dalam empat tahap, yaitu tahap hidrolisis, tahap acidogenesis, tahap acetogenesis dan tahap metanogenik. Keseluruhan proses fermentasi anaerobik pembentukan biogas dijabarkan dalam gambar 2.2. (Buswell, 1930).



Gambar 2.2. Keseluruhan Proses Fermentasi Anaerobik Penghasil Biogas

Proses fermentasi anaerobik merupakan proses yang sangat kompleks dengan berbagai kemungkinan terbentuknya, senyawa antara dari serangkaian tahapan Masing-masing tahap metabolisme dikatalisis oleh enzim yang spesifik yang dihasilkan oleh mikroba. Tahapan tersebut antara lain sebagai berikut :

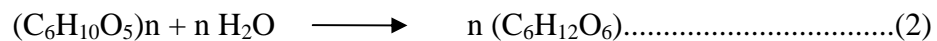
1) Tahap Hidrolisis

Senyawa-senyawa organik dengan susunan molekul yang amat kompleks itu mula-mula dihidrolisis oleh jasad renik (bakteri-bakteri) menjadi monomer-monomernya (glukosa atau selulosa dan selubiosa). Sejumlah bakteri yang berperan pada tahap ini adalah bakteri selulolitik dan amilolitik. Bakteri-bakteri tersebut dapat digolongkan menjadi :

- Bakteri mesofilik : yang bekerja pada suhu optimum sebesar 35 - 40°C.
- Bakteri termofilik : yang bekerja pada suhu optimum sebesar 55 - 60°C.

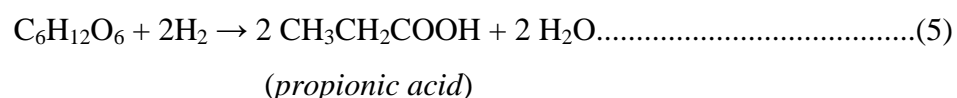
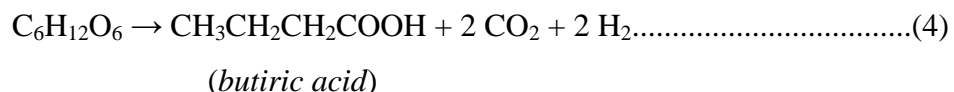
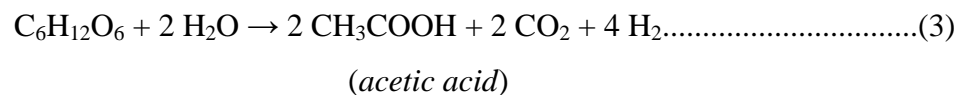
Kerjasama dari kedua golongan bakteri ini di dalam proses fermentasi anaerobik menghasilkan proses hidrolisis lebih cepat dibandingkan bakteri-bakteri tersebut bekerja sendiri-sendiri. Bakteri selulolitik bekerja secara optimum pada pH sekitar 5,0–7,0.

Pada tahap hidrolisis, bahan-bahan biomass yang mengandung sellulosa, hemisellulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat dan lipida akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek. Sebagai contoh polisakarida terurai menjadi monosakarida sedangkan protein terurai menjadi peptida dan asam amino. Pada tahap hidrolisis, mikroorganisme yang berperan adalah enzim ekstraseluler seperti sellulose, amilase, protease dan lipase (Adams, 1981).



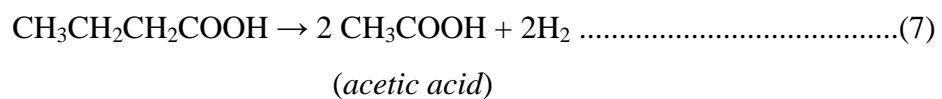
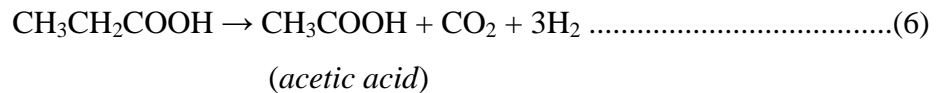
2) Tahap Acidogenesis

Pengubahan senyawa sederhana menjadi asam organik yang mudah menguap seperti asam asetat, asam butirat, asam propionat dan lain-lain. Dengan terbentuknya asam organik maka pH akan terus menurun sehingga pada waktu yang bersamaan dibutuhkan *buffer* untuk menetralkan pH. (Adams, 1981).



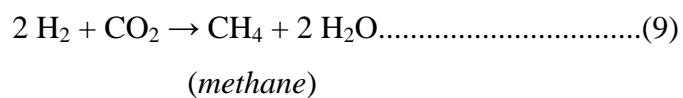
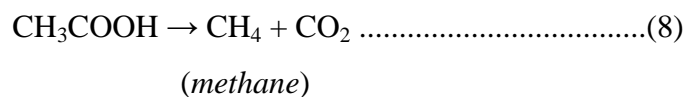
3) Tahap Acetogenesis

Pembentukan asam dari senyawa-senyawa organik sederhana (monomer) dilakukan oleh bakteri-bakteri penghasil asam yang terdiri dari sub divisi *acids/farming bacteria* dan *acetogenic bacteria*. Asam propionat dan butirat diuraikan oleh *acetogenic bacteria* menjadi asam asetat.

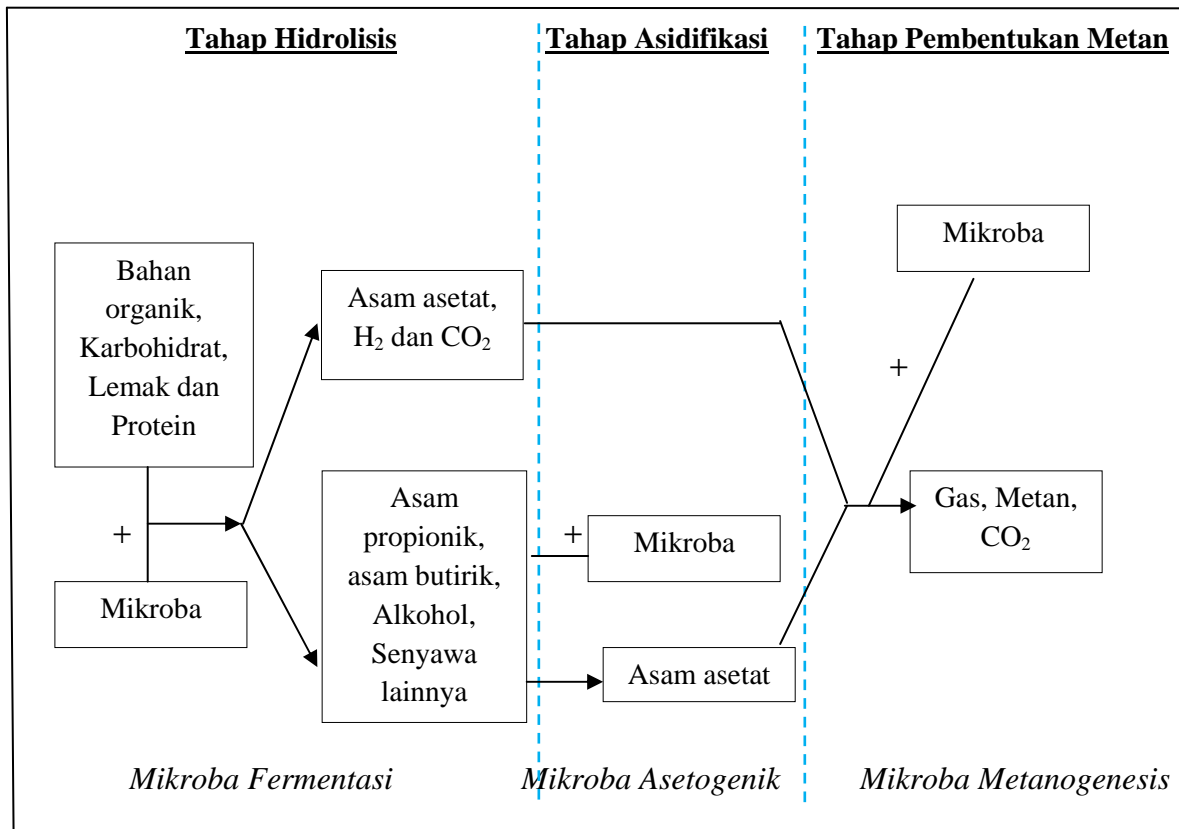


4) Tahap Metanogenesis

Pada tahap pembentukan gas metan, bakteri yang berperan adalah bakteri metanogenesis. Bakteri ini akan membentuk gas CH_4 dan CO_2 dari gas H_2 , CO_2 dan asam asetat yang dihasilkan pada tahap pengasaman (Khasristya, 2004; Adams, 1981).



Secara garis besar, ketiga proses diatas dapat digambarkan gambar 2.3 berikut (Khasristya, 2004).



Gambar 2.3. Proses dalam pembuatan biogas

II.4.2. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI FERMENTASI ANAEROBIK

II.4.2.1. Temperatur

Temperatur merupakan salah satu parameter yang penting dalam proses fermentasi anaerobik. Proses produksi biogas dapat terjadi dalam dua rentang temperatur, yaitu rentang temperatur mesofilik dan rentang waktu termofilik. Kebanyakan operasi fermentasi anaerobik dilakukan pada temperatur mesofilik, yaitu pada rentang temperatur 28-45°C dengan rentang temperatur optimum 35-40°C. Tetapi walaupun demikian, operasi fermentasi dapat juga terjadi pada rentang 45-65°C dengan rentang temperatur optimum 55-60°C.

II.4.2.2. Derajat Keasaman

Rentang derajat keasaman optimum untuk mikroba non metanogenik adalah antara 5-8,5. Sedangkan rentang pH optimum untuk mikroba metanogenik adalah antara 7-7,2. Mikroba metanogenik sangat sensitif terhadap perubahan pH. Mikroba ini akan mati karena keracunan untuk pH di luar rentang hidupnya itu. Secara umum, operasi fermentasi anaerobik akan optimum pada rentang pH netral.

II.4.2.3. Nutrisi dan umpan

Sel mikroorganisme biasanya mengandung C, N, P, dan S dengan perbandingan 100 : 10: 1: 1 (Price, 1987). Perbandingan C/N pada tapioka adalah 80:1 akan tetapi perbandingan C/N yang optimum untuk pembentukan biogas adalah 20-30 : 1. Perbandingan C/N yang terlalu tinggi akan menaikkan kecepatan fermentasi, tetapi buangnya akan mengandung nitrogen yang terlalu tinggi. Sedangkan perbandingan C/N yang terlalu rendah akan menyisakan nitrogen yang melimpah dalam bentuk amoniak yang dapat meracuni mikroba. Kebutuhan nutrisi mikroba dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7. Kebutuhan nutrisi mikroba (Bhumiratana, S. 1984)

Bahan	Jumlah Kebutuhan (mg/gr asetat)
NH ₄ -N	3.3
PO ₄ -P	0.1
S	0.33
Ca	0.13
Mg	0.018
Fe	0.023
Ni	0.004
Co	0.003
Zn	0.02

II.4.2.4. Kadar Bahan Kering

Bila kadar bahan kering tepat, maka aktifitas mikroba juga akan optimal. Proses pembentukan biogas mencapai titik optimum apabila konsentrasi bahan kering terhadap air adalah 0.26 kg/L.

II.4.2.5. Pengadukan

Pengadukan dilakukan untuk mendapatkan campuran substrat yang homogen dengan ukuran partikel yang kecil. Pengadukan selama proses dekomposisi untuk mencegah timbulnya benda-benda mengapung pada permukaan cairan dan berfungsi mencampur bakteri metanogen dengan substrat dan memberikan kondisi temperatur yang seragam dalam biodigester.

II.4.2.6. Zat racun (toxic)

Proses fermentasi anaerobik kadang-kadang terganggu karena kehadiran zat racun (*toxic*). Zat-zat ini bisa berupa garam, senyawa organik tertentu dan kandungan logam-logam dalam umpan. Konsentrasi penghambat pertumbuhan mikroorganisme dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8. Konsentrasi Penghambat Pertumbuhan Mikroorganisme (B. Koumanova and M. Saev. 2008)

Penghambat	Konsentrasi Penghambat
Sulfat SO_4^{2-}	5000 ppm
Sodium Klorida atau garam alami (NaCl)	40000 ppm
Nitrat (dihitung sebagai N)	0.05 mg/ml
Tembaga (Cu^{2+})	100 mg/L
Chrom (Cr^{3+})	200 mg/L
Nikel (Ni^{3+})	200-500 mg/L
Natrium (Na^+)	3500-5500 mg/L
Kalium (K^+)	2500-4500 mg/L
Kalsium (Ca^{2+})	2500-4500 mg/L
Magnesium (Mg^{2+})	1000-1500 mg/L

II.5. PENELITIAN TERDAHULU

Biogas dapat dibuat dari berbagai substrat yang mengandung unsur karbon. Sejauh ini, studi tentang produksi biogas menggunakan bahan baku dari limbah tapioka, singkong, limbah tomat, kotoran sapi, kotoran ayam, dan sebagainya. Beberapa percobaan telah dilakukan sebelumnya untuk mendapatkan biogas dengan hasil yang optimal.

Tabel 2.9. Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Substrat	Metode	Hasil
1.	Audra Ayu O, Vincensia Dyan Aryati (2010)	Limbah cair tapioka, rumen sapi	Digester anaerobik 5 L, proses batch dan semi kontinyu	Produksi biogas tertinggi untuk proses batch adalah 22.701 ml dan untuk proses semi kontinyu adalah 18.161 ml.
2.	B. Koumanova, Iv. Simeonov, M. Saev, B. (2009)	Limbah tomat, kotoran sapi	Digester anaerobik, semi kontinyu, kondisi mesofilik, CD/WT = 80:20 dan 90:10	Yield gas yang dihasilkan 220 m ³ /kg dari sampah tomat.
3.	Antonio, R.V (2009)	Limbah tapioka cair, kotoran sapi	Fermentasi 2 tahap, kondisi mesophilik	Biogas yang dihasilkan sebanyak 520 ml/gr
4.	Kirubakaran, V <i>et all</i> (2007)	Limbah tapioka cair, kotoran sapi	Fermentasi 2 tahap, kondisi mesophilik	Biogas yang dihasilkan sebanyak 625 ml/gr
5.	Sureelak Rodtong, Wantanee Anunputtikul (2004)	Ubi kayu 100 gr/L, kotoran ayam	Single state digester, temperatur 29- 31°C	1.95 L/hari biogas dihasilkan dari 5 L umpan