

## Potensi Pemanfaatan Limbah Pasar Kubis-Kubisan (*Brassica Oleracea L*), Pisang (*Musa Paradisiaca*), Dan Umbi Akar (*Tuber Rhizogenum*) Sebagai Bahan Baku Energi Terbarukan Biogas

Andi Nuraliyah<sup>\*1</sup>, Jumrin Raking<sup>2</sup>, Ismail Marzuki<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Fajar, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia  
e-mail: <sup>\*1</sup>[andi.nuraliyah@gmail.com](mailto:andi.nuraliyah@gmail.com), <sup>2</sup>[jumrinraking88@gmail.com](mailto:jumrinraking88@gmail.com), <sup>3</sup>[ismialmz@unifa.ac.id](mailto:ismialmz@unifa.ac.id)

### Abstract

*One form of energy that can overcome reduced energy sources is biogas obtained through the cooking process using market waste such as cabbage, bananas and root tubers with EM4 bioactivator. This study aims to determine the C/N ratio, the volume of methane gas, and the chemical composition of the gas as measured by the ECOM J2KN gas analyzer and the FTIR Spectro. Based on the results of the study, the optimum C/N ratio for the quickest time of 7 days for raw materials for cabbage, bananas, root tubers were 14.5; 10.6 and 23.9. The volume of methane (ml) obtained were 151 ml, 186 ml, and 289 ml. The mixture of the three raw materials with and without the EM4 bioactivator obtained methane gas volumes of 171 and 143. The main chemical composition of biogas detected on the J2KN ECOM tool was Methane (CH<sub>4</sub>) 55.81%. Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) 14.46%, and Oxygen (O<sub>2</sub>) 17.73%. The chemical gas composition with the CH group function was obtained at a wavelength of 2933.73 cm<sup>-1</sup>. These results indicate that vegetable waste from cabbage, bananas, and root tubers can be used as raw material for biogas.*

**Keywords :** Biogas, C/N, FTIR, Waste.

### Abstrak

Salah satu bentuk energi alternatif yang dapat mengatasi berkurangnya sumber energi ialah biogas yang diperoleh melalui proses fermentasi menggunakan limbah pasar seperti kubis-kubisan, pisang, dan umbi akar dengan bioaktivator EM4. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rasio C/N, volume gas metana, serta komposisi kimia gas yang diukur dengan alat *gas analyzer* ECOM J2KN dan *Spektro* FTIR. Berdasarkan hasil penelitian,

diperoleh kondisi optimum rasio C/N pada waktu fermentasi 7 hari untuk bahan baku kubis-kubisan, pisang, umbi akar masing-masing sebesar 14.5; 10.6 dan 23.9. Volume metana (ml) masing-masing diperoleh sebesar 151 ml, 186 ml, dan 289 ml untuk bahan baku kubis-kubisan, pisang dan umbi akar. Campuran ketiga bahan baku tersebut dengan dan tanpa bioaktivator EM4 diperoleh volume gas metana sebesar 171 dan 143. Komposisi kimia utama biogas yang terdeteksi pada alat ECOM J2KN yaitu Metana (CH<sub>4</sub>) 55.81 %. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) 14,46 %, dan Oksigen (O<sub>2</sub>) 17.73 %. Komposisi kimia gas dengan gugus fungsi CH diperoleh pada panjang gelombang 2933.73 cm<sup>-1</sup>. Hasil-hasil ini menunjukan bahwa limbah sampah sayuran kubis-kubisan, pisang, dan umbi akar dapat digunakan sebagai bahan baku biogas.

**Kata Kunci:** Biogas, C/N, FTIR, Limbah

### PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil yang digunakan secara masif akibat peningkatan jumlah penduduk dan berbagai jenis industri yang signifikan diprediksi menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dari sebelumnya (Kiehbardroudzehad dkk., 2023). Para peneliti terdahulu telah mendeteksi peningkatan CO<sub>2</sub> ini sebagai faktor utama perubahan iklim global. Perubahan iklim menjadi semakin mengawatirkan dalam beberapa dekade terakhir. Masalah ini telah mengakibatkan peningkatan suhu bumi yang signifikan, punahnya banyak makhluk hidup, dan perubahan nyata pada struktur tanah serta sirkulasi lautan. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk membantu mengatasi masalah ini ialah sumber energi alternatif. Energi alternatif memegang peranan penting dalam mengurangi jumlah CO<sub>2</sub> dan menjadi strategi

mitigasi dalam mengurangi dampak perubahan iklim bagi masyarakat dan lingkungan (European Commission, 2018). *Biomass* merupakan sumber energi alternatif yang banyak digunakan karena ketersediaannya yang melimpah. *Biomass* mengacu kepada material organik yang berasal dari limbah hewan dan tumbuhan, sisa pertanian, dan bahan bakar kayu (Singh et al., 2022). Berdasarkan *Food Waste Index* 2021, Indonesia merupakan negara dengan produksi sampah makanan terbanyak di Asia Tenggara dengan total 20,93 juta ton tiap tahunnya (United Nations Environment Programme, 2021). Sayur-sayuran dan buah-buahan menjadi dua komponen terbesar dari total sampah makanan di Indonesia. Jika diestimasi, total sampah makanan di Indonesia selama 20 tahun menyumbang rata-rata 7,29% emisi gas rumah kaca di Indonesia (BAPPENAS, 2021). Perlunya sumber energi baru dan meningkatnya limbah padat telah menjadi isu utama dalam pembangunan berkelanjutan (Wilson et al., 2015). Untuk itu, pemanfaatan *biomass* sebagai sumber energi alternatif dapat membantu menyelesaikan masalah-masalah ini.

Untuk dapat digunakan sebagai sumber energi, *biomass* harus diolah terlebih dahulu. *Biogas* merupakan salah satu hasil pengolahan *biomass* yang paling terkenal karena kemudahannya untuk dihasilkan (Golmakani et.al., 2022). *Biogas* adalah gas yang mudah terbakar (*flammable gas*) yang diperoleh dari penguraian senyawa-senyawa organik dalam *biomass* sebagai akibat aktivitas mikroorganisme (fermentasi) pada kondisi tanpa udara (*anaerobic*). Proses penguraian senyawa menjadi *biogas* disebut dengan proses *Anaerobic Digestion* (AD). Proses AD telah berkembang menjadi proses pengolahan limbah yang ramah lingkungan dan berpotensi untuk menghasilkan energi dan nutrient (Hilmi dkk., 2023; Zia dkk., 2022). Kandungan utama *biogas* ialah gas metana (CH<sub>4</sub>, 60-65%) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>, 30-35%), serta sebagian kecil terdiri dari uap air (H<sub>2</sub>O), hidrogen (H<sub>2</sub>), dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) (Kiehbardrudinezhad et.al., 2023). Kehadiran gas metana yang besar ini membuat *biogas* mudah terbakar dan dapat dipakai sebagai sumber energi untuk memasak, penerangan, bahkan pada skala besar dapat menghasilkan energi listrik. (Gupta et.al, 2022; Hosseini

et.al, 2023). Kemudahan pengolahan dan sumber daya untuk menghasilkan *biogas* menjadikan negara-negara yang menggunakannya sebagai sumber energi alternatif meningkat dua kali lipat dalam dekade terakhir (Gupta et.al, 2022).

Beberapa penelitian terdahulu memeriksa pemanfaatan berbagai jenis material organik untuk diolah menjadi *biogas*. Penelitian yang dilakukan oleh Vargas-Soplín et al. (2022) melihat potensi produksi *biogas* menggunakan daun pohon musim gugur. Yang dkk (2023) memanfaatkan limbah makanan berupa daging, sayuran, nasi dan mie sebagai sumber *biogas*. Devi et.al (2022) menggunakan limbah agrikultural dan industrial berupa limbah hutan, sisa tanaman, serbuk gergaji, limbah hutan dan limbah ternak. Penelitian ini melihat potensi limbah pasar kubis-kubisan, pisang, dan umbi akar untuk diolah menjadi *biogas*. Belum banyak penelitian yang melihat secara khusus potensi dari limbah-limbah ini. Limbah kubis-kubisan, pisang, dan umbi akar akan diukur dan dianalisa menggunakan penentuan rasio C/N, volume metana, dan komposisi kimia gas dengan alat GC-MS & FT-IR

## METODE PENELITIAN

### Persiapan Sampel

#### 1. Pengambilan Sampah Sayuran

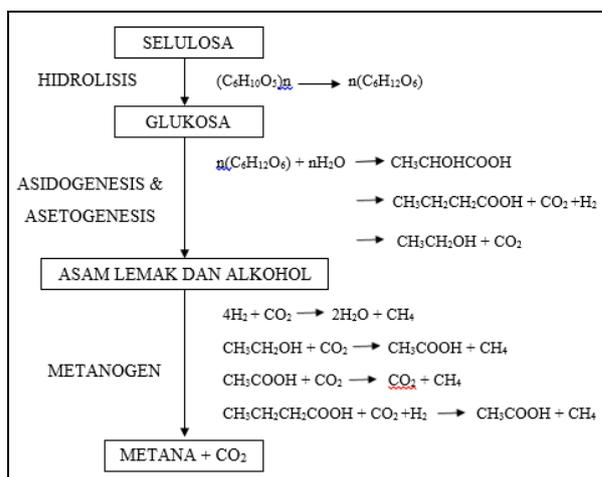
Sampah kubis-kubisan, pisang, dan umbi akar masing-masing diambil 300 gram dari Pasar di Kota Makassar. Sampel kemudian diperkecil dengan cara dicacah halus untuk mempercepat tahap hidrolisis.

#### 2. Pencampuran Bahan Baku

Penelitian ini dilakukan dengan 5 variasi bahan baku sampah sayuran. Variasi tersebut yaitu sampah sayur kubis-kubisan (A1), pisang (B1), umbi akar (C1) dengan berat masing-masing 100 gram. Variasi lainnya yaitu 2 campuran ketiga bahan sampah sayuran (D1 & D2) dengan berat sampel masing-masing 100 gram di setiap variasi campuran. Masing-masing variasi dimasukkan ke dalam digester (botol air minum ukuran 1500 ml) dan dicampurkan air dengan perbandingan 1:2. EM-4 selanjutnya ditambahkan ke dalam digester variasi A1, B1, C1, dan D1 dengan konsentrasi 10% dari berat sampel. Variasi D2 dibiarkan tanpa ada campuran EM-4. Campuran-campuran ini

kemudian dibiarkan di dalam biodigester selama 7 hari. Variasi yang sama dipersiapkan kembali untuk proses fermentasi selama 14 hari. Kedua jenis perlakuan ini dibuat dalam waktu yang bersamaan.

Untuk menjadi *biogas*, sampel akan melalui proses transformasi seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Proses Pembentukan Biogas

### Analisa Sampel Biogas

#### 1. Penentuan C-Organik Metode Walkley and Black

Masukkan 1 gram sampel ke dalam *erlenmeyer* 250 ml, kemudian tambahkan 10 ml  $K_2Cr_2O_7$  1 N lalu dikocok. Selanjutnya masukkan 20 ml  $H_2SO_4$  pekat, lalu kocok kembali. Diamkan 30 menit sambil sesekali dikocok. Setelah 30 menit, tambahkan aquadest 100 ml,  $H_3PO_4$  5 ml, dan indikator difenilamin sebanyak 1 ml. Sampel dititrasi dengan larutan  $FeSO_4$  1 N hingga warna berubah jadi hijau. Catat volume titran ketika sampel berubah hijau. Kadar C organik selanjutnya dihitung dengan rumus:

$$C\text{-Organik} = \frac{(N K_2Cr_2O_7 \times V K_2Cr_2O_7) - (N FeSO_4 \times V FeSO_4)}{\text{berat sampel} \times 0.77} \times 0.33$$

#### 2. Penentuan N-Total Metode Kjeldahl

Sebanyak 1 gram sampel dimasukkan ke dalam labu destruksi. Sampel ditambahkan 1 gram katalis ( $CuSO_4$  :  $Na_2SO_4$  rasio 9:1) dan 15 ml  $H_2SO_4$  pekat. Destruksi di dalam ruangan asam selama 4-6 jam dengan api kecil. Pemanasan dihentikan bila telah terbentuk cairan berwarna bening kehijauan. Cairan tersebut kemudian didinginkan.

### Potensi Pemanfaatan Limbah Pasar...

Tambahkan aquadest 40 ml dan 20 ml  $NaOH$  40% ke dalam labu *kedjal*. Penambahan  $NaOH$  dilakukan secara cepat dan langsung ditutup. Destilasi dilakukan setelah larutan penampung berubah warna dari merah muda menjadi warna hijau. Destilat ditampung dalam *erlenmeyer* yang mengandung 10 mL larutan asam borat 2%. Destilat kemudian ditambahkan 1 tetes indikator metil merah dan dititrasi dengan  $H_2SO_4$  0.05 N hingga larutan berubah warna. Lakukan pula titrasi blanko tanpa sampel.

#### 3. Penentuan Rasio C/N

Perbandingan C/N mengacu pada SNI 19-7030-2004, tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. Rasio tersebut dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Rasio C/N} = \frac{C\text{-Organik Total}}{N\text{-Total}}$$

#### 4. Perhitungan Volume Metana

Potensi produksi metana (volume) dihitung menggunakan persamaan gas ideal berikut ini:

$$\text{Volume (V)} = \frac{nRT}{P}$$

Dimana:

V = normal volumetrik gas ( $m^3$ )

n = mol gas (mol)

R = konstanta gas umum = 8,315 Joule/mol.K

T = Suhu standar =  $0^\circ C = 0 + 273,15 = 273,15$  K

P = tekanan standar = 1 atm =  $1,013 \times 10^5$  Pascal

#### 5. Pengukuran Komposisi Kimia dengan Alat ECOM J2KN & FT-IR

Sampel yang telah melalui waktu fermentasi yang ditentukan selanjutnya dipreparasi untuk dilakukan identifikasi dengan ECOM J2KN dan FTIR. ECOM J2KN merupakan alat untuk menganalisis emisi gas buang dari sumber emisi tidak bergerak sedangkan FTIR digunakan untuk FTIR melihat interaksi antara materi dan energi. Ketika FTIR digunakan, inframerah akan melewati celah sampel. Celah ini akan berfungsi sebagai pengontrol jumlah energi yang akan diberikan kepada sampel. Sampel kemudian menyerap beberapa inframerah sedangkan inframerah lain yang tidak terserap akan dipindahkan melalui permukaan sampel. Tujuan dari hal ini

yaitu agar sinar inframerah tersebut bisa lolos hingga ke detektor. Sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer untuk direkam.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rasio C/N

Rasio C/N menggambarkan tingkat nutrisi di dalam substrat dan proses AD bersifat sensitif terhadap rasio ini (Zia dkk, 2022). Campuran bahan baku limbah pasar kubis-kubisan (*Brassica oleracea l*), pisang (*Musa paradisiaca*), dan umbi akar (*Tuber rhizogenum*) yang difermentasi selama 7 hari (W1) dan 14 hari (W2), dilakukan analisis C-Organik dan N-Organik untuk mengetahui nilai rasio C/N dari masing-masing bahan baku. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Rasio C/N

Sampel	Rasio C/N	
	Fermentasi 7 hari (W1)	Fermentasi 14 hari (W2)
Kubis-kubisan (A1)	14,5	14,1
Pisang (B1)	10,6	9,6
Umbi Akar (C1)	23,7	20,5
Campuran A1, B1, dan C1 dengan EM-4 (D1)	18,5	14,9
Campuran A1, B1, dan C1 tanpa EM-4 (D2)	12,9	12,1

Hasil analisis ini menunjukkan bahwa kelima jenis sampel yang digunakan memiliki rasio C/N yang berbeda beda. Besar kecilnya rasio C/N dipengaruhi kandungan gizi seperti karbohidrat, lemak, dan protein pada masing-masing bahan baku yang dapat berkonversi pada proses fermentasi sehingga mempengaruhi perolehan nilai kandungan organik. Pada 100 gram sampel, kandungan gizi bahan baku memiliki nilai yang berbeda-beda. Kandungan gizi untuk kubis-kubisan terdiri dari karbohidrat sebesar 5,8 gram, protein 1,1 gram dan lemak 0,3 gram. Kandungan gizi pisang yaitu karbohidrat 23,6 gram, protein 1,1 gram dan lemak 0,3 gram. Umbi akar memiliki kandungan karbohidrat 36.6 gram, protein 1.9 gram dan lemak 0.6 gram. Faktor lain yang mempengaruhi perbedaan ini ialah proses pendegradasian

yang terjadi pada saat fermentasi dari masing-masing bahan baku oleh aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme ini mempengaruhi kadar karbon organik sebagai sumber energi dan nitrogen untuk proses sintesis. Rasio yang seimbang antara makronutrien dan mikronutrien diperlukan untuk memastikan manajemen proses yang stabil. Karbon dan nitrogen adalah nutrisi yang paling dibutuhkan, untuk pembentukan enzim dalam proses metabolisme. Selain itu, faktor yang mempengaruhi nilai rasio C/N adalah adanya bioaktivator *effective microorganisms* 4 (EM4). Penambahan EM4 mampu mempercepat inokulan mikroorganisme dalam memproduksi asam laktat yang dapat mempercepat perombakan bahan organik (C-organik dan N-organik) (Sanjaya, 2012). Hasil analisis rasio C/N untuk jenis bahan baku yang sama yaitu pada sampel campuran (mix) memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel mix tanpa adanya penambahan EM4.

Waktu fermentasi juga mempunyai pengaruh penting terhadap pembentukan rasio C/N. Jika dilihat pada tabel, terjadi penurunan nilai rasio C/N dari minggu pertama ke minggu kedua. Hal ini disebabkan karena terjadinya penurunan jumlah karbon yang dipakai sebagai sumber energi mikroba untuk menguraikan atau mendekomposisi material organik pada proses fermentasi. Bahan organik mengalami perubahan menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, nutrient, humus, dan energi. Selama proses fermentasi, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menguap dan menyebabkan penurunan kadar karbon (C) dan peningkatan kadar nitrogen (N) sehingga rasio C/N *slurry* menurun (Pandebesie et al., 2013).

Rentang nilai rasio C/N berdasarkan tabel 1 yaitu berada antara 9 hingga 24. Variasi pisang (B1) untuk fermentasi 14 hari memiliki nilai yang paling rendah yaitu 9,6. Nilai paling tinggi dimiliki variasi umbi akar (C1) dengan nilai 23,7. Secara keseluruhan walaupun terjadi penurunan nilai rasio C/N, hasil yang diperoleh memenuhi standar sebagai bahan isian digester. Proses penguraian bahan organik akan bekerja optimum jika rasio C/N berada pada kisaran 9 – 30 (Siddiqui et al., 2012), dan jika dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 hasil yang didapatkan juga memenuhi range standar dimana kisaran nilai rasio C/N pengomposan sampah organik yaitu 10-20.

## Volume Gas Metana

Setelah hasil analisa C - Organik selesai, volume gas metana produk biogas dari masing-masing sampel bahan baku dapat dihitung dengan rumus gas ideal. Hasilnya perhitungan volumenya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Volume Gas Metana

Sampel	Volume Gas Metana (ml)	
	Fermentasi 7 hari (W1)	Fermentasi 14 hari (W2)
Kubis-kubisan (A1)	151	142
Pisang (B1)	186	142
Umbi Akar (C1)	289	226
Campuran A1, B1, dan C1 dengan EM-4 (D1)	171	151
Campuran A1, B1, dan C1 tanpa EM-4 (D2)	143	128

Biogas dapat dibakar setelah tahap pembentukan gas metana terjadi. Pada awal pengisian digester terjadi proses hidrolisis selulosa dan senyawa organik dalam substrat. Selanjutnya terjadi tahap acidogenesis. Tahap ini terjadi pembentukan asam-asam organik dan dilanjutkan tahap acetogenesis yang normalnya berlangsung selama 80 – 90 jam. Selanjutnya terjadi pembentukan gas metana yang ditandai dengan gas yang dapat dibakar. Proses ini dibantu oleh bakteri metanogen yang berperan dalam perombakan asam asetat menjadi CH<sub>4</sub> (Felix et al., 2012).

Berdasarkan hasil perhitungan volume gas metana, umbi akar (C1) dengan waktu fermentasi 7 hari memiliki volume paling besar yaitu 286 ml. sebaliknya, volume terkecil sebesar 128 ml dimiliki oleh variasi campuran sampel tanpa penambahan EM-4 (D2) untuk waktu fermentasi 14 hari. Seluruh variasi (A1, B1, C1, D1, dan D2) mengalami penurunan volume gas metana pada waktu fermentasi 14 hari. Menurut Santoso (2010), jumlah volume biogas yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi jenis maupun konsentrasi substrat dan pemberian suhu lingkungan yang berbeda selain itu juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain, faktor biotik maupun abiotik. Faktor lain tersebut diantaranya pH substrat, komposisi bahan organik (konsentrasi COD,

## Potensi Pemanfaatan Limbah Pasar....

VS, dan TS), dan mikroorganisme. Ketika jumlah populasi bakteri meningkat, aktivitas bakteri menghasilkan gas metana dengan komposisi yang lebih besar. Termasuk bakteri non metanogen juga meningkat sehingga meningkatkan produksi biogas. Ketika masuk kedalam fase statis (konstan), peningkatan volume biogas juga akan berhenti dan cenderung mengalami penurunan (*deathphase*). *Deathphase* terjadi karena berkurangnya sumber karbon yang diperoleh dari substrat yang mengakibatkan pertumbuhan metan menurun dan menambah jumlah bakteri yang mati (Abdulkareem, 2005). Selain itu perlu diingat juga bahwa nilai % C-Organik menjadi salah satu faktor tinggi rendahnya volume gas metana yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai % C-Organik yang teranalisa dari suatu bahan baku dengan massa bahan baku yang sama maka volume yang dihasilkan akan semakin tinggi juga.

## Pengujian Komposisi Kimia Gas dengan Instrumen ECOM J2KN

Data hasil dari komposisi kimia gas ini diperoleh dari pengujian dengan menggunakan alat ECOM J2KN pada sampel campuran kubis-kubisan, pisang, dan umbi akar dengan penambahan EM-4 (D1) untuk waktu fermentasi 7 hari. Hasil komposisi kimia gas untuk sampel variasi ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Bila dibandingkan konsentrasi gas metana yang diperoleh sebesar 55,81% dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan bahan baku berbeda, maka hasil menunjukkan keberhasilan dari produksi biogas. Penelitian sebelumnya yaitu percobaan skala laboratorium yang memanfaatkan limbah buah dan sayuran untuk produksi biogas menunjukkan bahwa produksi gas optimum diperoleh dengan 54% metana, yang dapat diubah menjadi listrik di pembangkit listrik tenaga biogas (Ariyanto et al., 2017). Penelitian lain menggunakan campuran kotoran kambing dan limbah ikan menghasilkan kandungan gas metan sebesar 54,81% pada rasio campuran kotoran kambing dan kotoran ikan 80:20 (Nabila & Hendriyanto, 2021).

Tabel 3. Hasil Pengujian Komposisi Gas Metana

Komponen Gas	Kandungan (%)
Metana (CH <sub>4</sub> )	55.81
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	14.46
Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> )	4.0
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	6.0
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	2.0
Oksigen (O <sub>2</sub> )	17.73

**Pengujian Komposisi Kimia Gas dengan Instrumen FTIR**

Biogas yang dihasilkan dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam biogas. Hasil analisis gugus fungsi dilakukan pada sampel campuran ketiga bahan baku dengan penambahan EM-4 (D1) dengan waktu fermentasi pada hari ke 7 (W2). Hasil Spektrum dapat dilihat pada Gambar 2.

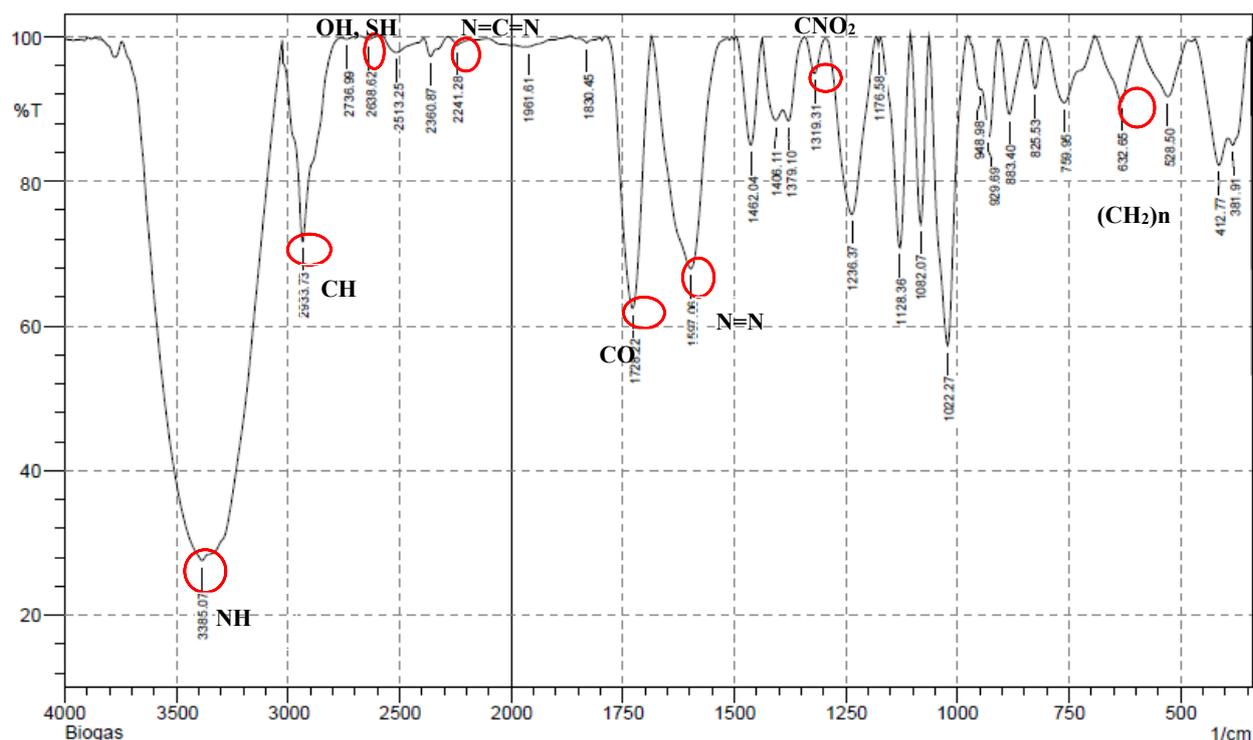
Berdasarkan Gambar 2, yang menunjukkan spektrum *Infrared* dari biogas maka dapat dilihat hasil analisa gugus fungsinya pada tabel 4.

Tabel 4. Gugus Fungsi (FTIR) Pada Biogas

Komponen Gugus	Bilangan Gelombang cm <sup>-1</sup>	Status Frekuensi	Senyawa
-NH	3385.07	3310-3500	Amina Primer

			dan Sekunder
-CH	2933.73	2853-2962	Alkana
-OH	2638.62	2500-2700	Asam
-SH	2638.62	2500-2704	Sulfur
-N=C=N	2241.28	2240-2275	Diimida
-CO	1728.22	1720-1740	Aldehid
-N=N	1597.06	1575-1630	Azo
-C-NO <sub>2</sub>	1319.31	1300-1570	Nitro Aromatik
-(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>	632.65	-722	Senyawa Lain

Hasil pengujian FTIR menghasilkan beberapa cekungan (*band*) yang terdapat pada spektrum transmitansi. Spektrum transmitansi ini menunjukkan adanya partikel yang berinteraksi dengan radiasi inframerah. Cekungan tersebut menunjukkan adanya ikatan atom pada sampel. Bilangan gelombang yang berada di sebelah kiri dari 450 cm<sup>-1</sup> disebut daerah sidik jari atau *fingerprint*. Untuk bilangan gelombang 450 cm<sup>-1</sup> sampai 4000 cm<sup>-1</sup> yang berada di bagian kanan merupakan spektrum infrared, yaitu daerah khusus yang berguna untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional yang terbentuk. Gugus fungsi CH pada panjang gelombang 2933.73 cm<sup>-1</sup>, menunjukkan empat pita absorpsi di mana masing-masing mempunyai sepasang pita pada frekuensi yang lebih rendah dan merupakan tipe C-H uluran ating yang kuat dengan intensitas sedang – tajam.



Gambar 2 Spektrum FTIR Biogas Sample ID

### KESIMPULAN DAN SARAN

Perubahan iklim telah menjadi masalah yang global sehingga seluruh negara perlu untuk melakukan usaha-usaha untuk mencegah masalah ini menjadi lebih parah. CO<sub>2</sub> sebagai faktor utama pendorong perubahan iklim dapat dikurangi dengan menggunakan sumber energi alternatif. Sumber energi alternatif telah banyak diuji coba oleh berbagai pihak di berbagai negara. Indonesia sebagai negara agrikultur berpotensi untuk menggunakan hasil-hasil alam sebagai sumber energi. Penelitian ini melihat potensi limbah kubis-kubisan, pisang, dan umbi akar yang melimpah untuk dianalisis sebagai sumber energi. Sampel divariasikan ke dalam lima variasi yaitu kubis-kubisan (A1), pisang (B1), umbi akar (C1), campuran ketiganya dengan tambahan EM-4 (D1) dan campuran ketiganya tanpa EM-4 (D2). Hasil pengujian rasio C/N optimum pada fermentasi 7 hari menunjukkan angka sebesar 14,5; 10,6; 23,7; 18,5; 12,9 secara berturut-turut pada variasi A1, B1, C1, D1 dan D2. Keseluruhan hasil rasio C/N berada pada rentang yang mencukupi untuk menjadi bahan isian digester yaitu pada rentang 10-30.

Untuk melihat potensi kubis-kubisan, pisang, umbi akar, dan campuran ketiganya

sebagai sumber energi biogas maka perlu diketahui volume dan kandungan gas metana. Pada 5 variasi sampel yaitu A1, B1, C1, D1, dan D2 dengan waktu fermentasi 7 hari, volume optimum gas metana secara berturut-turut yaitu 151 ml, 186 ml, 289 ml, 171 ml, dan 143 ml. Untuk waktu fermentasi 14 hari secara berturut-turut yaitu 142 ml, 142 ml, 226 ml, 151 ml, dan 128 ml. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan alat ECOM JKN2 pada variasi campuran sampel dengan penambahan EM-4 (D1) pada waktu fermentasi 7 hari, volume gas metana memiliki persentase sebesar 55, 81%, karbon dioksida 14,46 % dan sisanya terdiri dari Oksigen, Nitrogen Dioksida, Sulfur Dioksida dan Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S). Persentase gas metana sebesar 55,81% menunjukkan potensi campuran kubis-kubisan, pisang, umbi akar dengan penambahan EM-4 sebagai sumber energi alternatif. Komposisi gugus kimia biogas yang diukur menggunakan spektro FTIR mendeteksi adanya gugus -NH, -CH, -OH, -SH, -N=C=N, -N=N, -C-NO<sub>2</sub> dan -(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> pada sampel varian D1.

### DAFTAR PUSTAKA

Abdulkareem, A. S. (2005). *Refining Bio-Gas Produced from Biomass: An Alternative to Cooking Gas.*

- <https://www.researchgate.net/publication/n/264446264>
- Ariyanto, T., Cahyono, R. B., Vente, A., Mattheij, S., Millati, R., Sarto, Taherzadeh, M. J., & Syamsiah, S. (2017). Utilization of fruit waste as biogas plant feed and its superiority compared to landfill. *International Journal of Technology*, 8(8), 1385–1392.  
<https://doi.org/10.14716/ijtech.v8i8.739>
- BAPPENAS. (2021). Food Loss And Waste Di Indonesia: Pembangunan Rendah Karbon.
- Deep Singh, A., Gajera, B., & Sarma, A. K. (2022). Appraising the availability of biomass residues in India and their bioenergy potential. *Waste Management*, 152, 38–47.  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.08.001>
- European Commission. (2018). *A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*.
- Felix, A. S., Sbu, P., & Ikhsan, D. (2012). PEMBUATAN BIOGAS DARI SAMPAH SAYURAN. In *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* (Vol. 1, Issue 1). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtkiTelp/Fax>:
- Golmakani, A., Ali Nabavi, S., Wadi, B., & Manovic, V. (2022). Advances, challenges, and perspectives of biogas cleaning, upgrading, and utilisation. *Fuel*, 317.  
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.123085>
- Gupta, P., Kurien, C., & Mittal, M. (2022). Biogas (a promising bioenergy source): A critical review on the potential of biogas as a sustainable energy source for gaseous fuelled spark ignition engines. *International Journal of Hydrogen Energy*.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.11.195>
- Hilmi, N. A. M., Zakarya, I. A., Gunny, A. A. N., Izhar, T. N. T., Zaaba, S. K., Samah, M. F., Daud, Z. A. A. M., & Beson, M. R. C. (2023). Co-digestion of food waste with cow dung by anaerobic digestion for biogas production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1135(1), 012034.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1135/1/012034>
- Hosseini, S. S., Azadi Tabar, M., Vankelecom, I. F. J., & Denayer, J. F. M. (2023). Progress in high performance membrane materials and processes for biogas production, upgrading and conversion. *Separation and Purification Technology*, 310, 123139.  
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2023.123139>
- Keerthana Devi, M., Manikandan, S., Oviyapriya, M., Selvaraj, M., Assiri, M. A., Vickram, S., Subbaiya, R., Karmegam, N., Ravindran, B., Chang, S. W., & Awasthi, M. K. (2022). Recent advances in biogas production using Agro-Industrial Waste: A comprehensive review outlook of Techno-Economic analysis. In *Bioresource Technology* (Vol. 363). Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127871>
- Kiehbardroudezhad, M., Merabet, A., Ghenai, C., Abo-Khalil, A. G., & Salameh, T. (2023). The role of biofuels for sustainable MicrogridsF: A path towards carbon neutrality and the green economy. In *Heliyon* (Vol. 9, Issue 2). Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13407>
- Nabila, S. N., & Hendriyanto, O. (2021). Produksi Biogas dari Kombinasi Kotoran Kambing dan Limbah Ikan dalam Biodigester Anaerob. *Envirous Teknik Lingkungan*, 2(1), 88–95.
- Pandebesie, Elina, S., & Rayuanti, D. (2013). Pengaruh Penambahan Sekam Pada Proses Pengomposan Sampah Domestik. *Jurnal Lingkungan Tropis*, 6(1), 31–40.
- Sanjaya, G. M. (2012). Biokonversi Sampah Organik Pasar Menjadi Biogas Menggunakan Starter Effective Microorganisms (EM4) Bioconversion of Organic Waste into Biogas by Using Effective Microorganisms Starter (EM 4 ). *Jurnal Sains Dan Matematika*, 1(1), 17–19.
- Santoso, A. (2010). Produksi Biogas dari Limbah Rumah Makan Melalui

- Peningkatan Suhu dan Penambahan Urea Pada Perombakan Anaerob [Skripsi]. In *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret.
- Siddiqui, Z., Horan, N. J., & Anaman, K. (2012). Optimisation of C:N Ratio for Co-Digested Processed Industrial Food Waste and Sewage Sludge Using the BMP Test. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 9(1). <https://doi.org/10.1515/1542-6580.2327>
- United Nations Environment Programme. (2021). *FOOD WASTE INDEX REPORT 2021*. United Nations Environment Programme.
- Vargas-Soplín, A. de J., Prochnow, A., Herrmann, C., Tscheuschner, B., & Kreidenweis, U. (2022). The potential for biogas production from autumn tree leaves to supply energy and reduce greenhouse gas emissions – A case study from the city of Berlin. *Resources, Conservation and Recycling*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106598>
- Wilson, D. C. (David C., United Nations Environment Programme, & International Solid Waste Association. (2015). *Global waste management outlook*.
- Yang, S., Luo, F., Yan, J., Zhang, T., Xian, Z., Huang, W., Zhang, H., Cao, Y., & Huang, L. (2023). Biogas production of food waste with in-situ sulfide control under high organic loading in two-stage anaerobic digestion process: Strategy and response of microbial community. *Bioresource Technology*, 373, 128712. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128712>
- Zia, M., Ahmed, S., & Kumar, A. (2022). Anaerobic digestion (AD) of fruit and vegetable market waste (FVMW): potential of FVMW, bioreactor performance, co-substrates, and pre-treatment techniques. In *Biomass Conversion and Biorefinery* (Vol. 12, Issue 8, pp. 3573–3592). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00979-5>

*Andi Nuraliyah, Jumrin Raking, Ismail Marzuki*

Submitted: **13/03/2023**; Revised: **10/10/2023**; Accepted: **30/10/2023**; Published: **31/10/2023**