

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

Kopi memiliki nama latin *Coffea sp.* Buah kopi memiliki 4 lapisan atau bagian yaitu lapisan kulit luar, daging buah, kulit tanduk, kulit ari dan biji (Muchtadi, 2010).

Hasil analisis buah kopi diperoleh jika 100 kg buah kopi yang diolah kering akan diperoleh 29 kg (29%) yang terdiri dari 15,95 kg biji kopi (55%) dan 13,05 kg kulit gelondong kering (45%) . Kulit kering terdiri atas kulit cangkang, lendir dan kulit buah dengan perbandingan bobot kering 11,9: 4,9: 28,7. Kulit kering mengandung gula reduksi sebesar 12,4%, gula non pereduksi 2,02% dan senyawa pektat 6,52% dan 10,7% protein kasar serta 20,8% serat kasar (Widyotomo, 2013).

2.2 Kulit Kopi

Kulit buah kopi adalah limbah sampingan dari pengolahan buah kopi untuk mendapatkan biji kopi yang selanjutnya digiling menjadi bubuk kopi. Kandungan nutrisi kulit buah kopi berdasarkan metode pengolahannya secara basah atau kering seperti terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kandungan Nutrisi Kulit Kopi dengan Metode Pengolahan Berbeda

Metode pengolahan	BK (%)	% Bahan Kering				
		PK	SK	Abu	LK	BETN
Basah	23	12.8	24.1	9.5	2.8	50.8
Kering	90	9.7	32.6	7.3	1.8	48.6

Sumber: Murni dkk., (2008).

Kandungan Nutrisi dari kulit kopi berturut-turut yaitu 56,55% BK; 8,12% PK; 37,41%; dan TDN 50,27% (Krisnha dkk., 2006). Limbah Kulit kopi mengandung 6,67% protein kasar, dengan serat kasar 18,28%, lemak 1,0%, kalsium 0,21% dan phosphor 0,03% (Londra, 2007). Kulit kopi mengandung beberapa komponen, antara lain selulosa 57.9%, hemiselulosa 21.63%, lignin 5.21%, pektin 2.28%, dan zat inhibitor seperti tanin 4.81%, kafein 0.86%, polifenol 3.48%. Kandungan selulosa yang tinggi menyebabkan kulit kopi dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan biogas. Namun, kulit kopi mengandung beberapa zat inhibitor yang dapat menghambat produksi biogas. Untuk itu perlu diberikan pretreatment secara biologi menggunakan campuran mikroorganisme seperti cairan isi rumen (Sari dan Arista 2017).

Kandungan kulit kopi arabika memiliki rasio C/N 20.06%, Karbohidrat 65.99%, Protein 11.00%, lemak 1.54%, Selulosa 25.84%, Hemiselulosa 4.37%, Lignin 12.46% (Setyobudi dkk.,2018).

2.3 Biogas

2.3.1 Sejarah Biogas

Mulanya biogas dikembangkan oleh negeri Cina berupa campuran gas yang berasal dari rawa atau disebut sebagai gas rawa metana. Pembentukan gas metana baru ditemukan oleh Alessandro Volta pada tahun 1778 sedangkan digester anaerobik untuk mengolah biogas ditemukan pada tahun 1896 di Inggris. Di Indonesia, biogas sebagai energi alternatif sebetulnya mulai dikembangkan pertama kali pada tahun 1970-an. Hampir sama seperti di luar negeri, pengembangannya juga terhambat karena tingginya penggunaan bahan bakar

minyak. Teknolgi biogas baru dikembangkan kembali sejak tahun 2006 (Wahyuni, 2013).

2.3.2 Definisi Biogas

Biogas yaitu produksi dari hasil fermentasi bahan-bahan organik termasuk diantaranya; kotoran manusia dan hewan, limbah domestik sampah dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) (Novita, 2012).

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses fermentasi di dalam biodigester berupa bahan-bahan organik misalnya kotoran hewan, kotoran manusia atau sampah organik (Wati dkk., 2014). Biogas adalah campuran beberapa gas yang merupakan hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerobik, yang terdiri dari campuran metana (50-75%), CO_2 (25-45%), dan sejumlah kecil H_2 , N_2 , dan H_2S (Hambali dkk., 2007).

2.3.3 Manfaat Biogas

Biogas memiliki nilai kalori energi yang setara dengan minyak tanah dan menghasilkan listrik. Oleh karena itu, biogas sangat cocok menggantikan minyak tanah, LPG, dan bahan bakar fosil lainnya. biogas mengandung 75% metana. Semakin tinggi kandungan metana dalam bahan bakar semakin besar kalori yang dihasilkan (Wahyuni, 2013).

Pembuatan biogas dapat bermanfaat karena biogas dapat memecahkan masalah pengaruh gas rumah kaca, polusi bau yang tidak sedap, sebagai pupuk, dan produksi daya dan panas (Inderawati, 2016).

2.3.4 Prinsip Pembuatan Biogas

Prinsip pembuatan biogas yaitu tersedianya bahan organik yang kemudian difermentasikan secara anaerobik untuk memproduksi gas metan dan karbon dioksida. Fermentasi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme berupa bakteri metan. Suhu pada proses fermentasi yang baik adalah 33-55 °C. Suhu tersebut mikroorganisme dapat merombak bahan-bahan organik secara optimal (Simamora dkk., 2011).

2.3.5 Karakteristik Biogas

Karakteristik biogas yang dihasilkan tergantung pada sifat dan jenis biomassa atau limbah yang digunakan. Sifat dari limbah bervariasi dengan lokalitas dari mana itu dikumpulkan. Limbah yang dihasilkan dari wilayah tertentu menunjukkan sifat penduduk yang tinggal di wilayah itu, makanan mereka dan kebiasaan lainnya, berbagai industri dan unit komersial lainnya. Berdasarkan faktor-faktor ini sifat dan karakteristik limbah yang dihasilkan berubah dari satu tempat ke tempat lain. Jadi kuantitasnya dan kualitas biogas yang dihasilkan tergantung pada dari daerah yang dikumpulkan biomassa (Beevie *at al.* 2013).

2.3.6 Komponen Biogas

Komponen biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi adalah gas metan, karbondioksida, nitrogen, hidrogen, karbonmonoksida, oksigen dan sedikit hidrogen sulfida. Gas metana merupakan komponen utama biogas yang dijadikan sebagai bahan bakar karena nilai kalori yang cukup tinggi sehingga biogas dapat

gunakan untuk keperluan rumah tangga dan pekerja penggerak mesin dan sebagainya (Sunaryo, 2014).

Tabel 2. 2 Komponen-komponen Biogas

No	Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah
1	Gas methan	CH ₄	54%-70%
2	Karbon dioksida	CO ₂	27%-45%
3	Nitrogen	N ₂	3%-5%
4	Hidrogen	H ₂	0%-1%
5	Karbon monoksida	CO	0,1%
6	Oksigen	O ₂	0,1%
7	Hidrogen Sulfida	H ₂ S	sedikit

Sumber: Widarto dan Sudarto (2010).

2.3.7 Proses Pembentukan Biogas

Menurut Megawati dan Aji (2015) secara teoritis, proses pembentukan biogas terbagi menjadi 4 tahap yaitu tahap hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Tahap hidrolisis akan merubah bahan organik yang kompleks menjadi senyawa sederhana, seperti : karbohidrat, lipid, asam nukleat dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol, purin dan pirimidin. Tahap Asidogenesis merupakan hasil tahapan hidrolisis dikonversi gula sederhana, asam amino dan asam lemak terdegradasi menjadi asetat, karbondioksida dan hidrogen serta menjadi *Volatile Fatty Acid* dan alkohol. Asetogenesis adalah produk asidogenesis tidak dapat dirubah menjadi metana secara langsung oleh bakteri metanogen. Produk ini akan diubah menjadi substrat metanogen. *Volatile Fatty Acid* dan alkohol dioksidasi menjadi substrat metanogen. Selanjutnya tahap metanogenesis hidrogen akan diubah menjadi metana.

Pembentukan biogas meliputi tiga tahap yaitu hidrolisis, pengasaman, dan metanogenik. Tahap hidrolisis akan mengurai bahan organik yang kompleks menjadi sederhana. Senyawa sederhana yang terbentuk pada tahap hidrolisis

menjadi substrat bagi bakteri pembentuk asam disebut tahap pengasaman. Tahap metanogenik terjadi proses pembentukan gas metan (Haryati, 2006).

2.3.8 Digester Biogas

Digester atau reaktor adalah tempat untuk produksi biogas. Prinsip bangunan digester adalah menciptakan suatu ruang kedap udara (anaerobik) yang menyatu dengan saluran atau pemasukan (*input*) serta saluran atau bak pengeluaran (*output*). Bak pemasukan berfungsi untuk melakukan homogenisasi dari bahan baku limbah cair dan padat (Wahyuni, 2013).

Menurut Ikhsan (2013) pengertian digester adalah tempat terjadinya suatu reaksi kimia dimana susunannya tergantung dari variabel yang dibutuhkan untuk proses kimia. Menurut Sunaryo (2014) proses pembentukan biogas dari bahan organik diperlukan alat yaitu digester biogas atau biodigester. Prinsip kerja digester ini yaitu menampung bahan organik pada kondisi anaerob sehingga bahan organik tersebut dapat difermentasi oleh bakteri metanogen untuk menghasilkan biogas.

Menurut Andianto (2011) di dalam digester yang telah diisi dengan material organik penghasil biogas yang dicampur dengan air dan didiamkan dalam kondisi anaerob akan mengalami proses penguraian/pembusukan oleh bakterial organik yang berupa lapisan-lapisan yang berbeda-beda sifatnya.

2.3.9 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Aktivitas metabolisme dari mikroorganisme dalam biogas dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

2.3.8.1 Temperatur

Bakteri metanogen dalam keadaan tidak aktif pada kondisi suhu ekstrim tinggi maupun rendah. Suhu optimum yaitu 35 °C. Ketika suhu udara turun sampai 10 °C produksi gas menjadi berhenti. Produksi gas sangat bagus yaitu pada kisaran mesofilik, antara suhu 25 °C dan 30 °C (Wahyuni, 2013).

Suhu optimal untuk bakteri pembentuk asam yaitu 32-42 °C dan 48-55 °C sedangkan bakteri metanogenik kebanyakan hidup pada suhu mesofil dan sebagian kecil lainnya hidup pada suhu termofil. Bakteri metanogenik sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Bakteri metanogenik yang hidup pada suhu termofil lebih sensitif terhadap perubahan suhu jika dibandingkan dengan bakteri metanogenik mesofil. Suhu harus dijaga tidak lebih dari ± 2 oC (Deublein & Steinhauser, 2008).

2.3.8.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap kehidupan mikroorganisme. Derajat keasaman optimalnya adalah 6,8 sampai 7,8. Tahap awal fermentasi, bahan organik akan berbentuk asam yang akan menurunkan pH (Simamora, 2011). Nilai pH terbaik untuk suatu digester adalah 7,0. Apabila pH kurang dari 6,5 aktivitas bakteri metanogen akan menurun dan apabila nilai pH kurang dari 5,0 fermentasi terhenti (Yani dan Darwis, 1990).

Produksi biogas akan optimal jika nilai pH dari campuran *input* dalam digester berada pada kisaran antara 6 dan 7. Tahap awal fermentasi akan membentuk asam organik dalam jumlah besar oleh bakteri pembentuk asam apabila pH kurang dari 5. Keadaan ini cenderung menghentikan proses pencernaan atau proses fermentasi. Bakteri metanogenik sangat peka terhadap pH dan tidak

bertahan hidup di bawah pH 6. Kemudian proses pencernaan berlangsung konsentrasi NH_4 bertambah. Pencernaan nitrogen dapat meningkatkan nilai pH diatas 8. Produksi metana dalam kondisi stabil jika nilai pH adalah 7,2 sampai 8,2 (Wahyuni, 2013).

2.3.8.3 Lama Fermentasi

Menurut Megawati dan Aji (2015) pembentukan biogas terbesar terdapat pada minggu pertama. Kecepatan pembentukan biogas tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal salah satunya adalah kecepatan fermentasi bahan organik. Namun pada minggu selanjutnya hingga selesai kecepatan pembentukan biogas mulai berkurang.

2.3.8.4 Rasio C/N

Menurut Simamora dkk. (2011) Imbangan C/N yang optimum bagi mikroorganisme perombak adalah 25-30. Yulistiawati (2008) rasio C/N berpengaruh terhadap biogas yang dihasilkan. Produksi biogas terbesar didapat pada rasio C/N sebesar 30 dengan gas yang dihasilkan sebesar 28,75 mL per 20 mL substrat dan produksi terendah terjadi pada temperatur 30 °C dengan C/N rasio 20 dengan biogas yang dihasilkan sebesar 8 mL per 20 mL substrat.

2.3.8.5 Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan substrat dengan mikroba, jika pengadukan terlalu cepat, maka dapat mengganggu aktivitas mikroba. Namun untuk substrat yang tidak teraduk dapat menghambat keluarnya biogas karena terbentuknya buih reaktor (Abbasi *et al.*, 2012).

Van Buren (1979) dalam Sejati (2015) menerangkan bahwa bakteri penghasil biogas dapat beraktivitas secara normal pada substrat dengan kadar air 90% dan kadar padatan 8-10%. Jika bahan yang digunakan kering, maka perlu penambahan air, akan tetapi jika bahan yang digunakan berbentuk lumpur, maka tidak perlu penambahan air. Tujuan penambahan aquades selain untuk menurunkan TS bahan juga untuk memperlancar proses sirkulasi lindi, sehingga sirkulasi lindi dari digester dapat optimal. Hal ini dikarenakan fungsi dari sirkulasi lindi disini yaitu sebagai alternatif pengadukan. Pengadukan menggunakan sirkulasi lindi lebih efisien menghemat daya dibandingkan jika menggunakan impeler. Hal ini dikarenakan produksi biogas digunakan untuk menghasilkan energi, sedangkan jika kita menggunakan impeler yang membutuhkan daya tinggi justru akan membutuhkan energi. Selain lebih menghemat tenaga, proses pengadukan ini juga lebih optimal mendistribusikan bakteri ke seluruh substrat.

2.3.8.6 Kadar Air

Kadar air yang terkandung dalam bioareaktor juga harus tepat, jika kadar air dalam bioreaktor ini tidak tepat maka menyebabkan produksi biogas menurun. Kadar air yang rendah akan menyebabkan akumulasi asam-asam asetat hingga terjadi hambatan pada saat fermentasi berlangsung dan akhirnya memengaruhi produksi biogas (Rahmayanti *et al.*, 2013). Menurut Ratnaningsih *et al.* (2009) bahwa kadar air untuk pembentukan biogas yaitu berkisar 91-93%.

2.3.8.7 Kandungan Total Solid (Total Padatan)

Total solid merupakan *suspended solid* dan *dissolved solid* yang diperoleh dari pemisahan padatan dan cairan dengan pemanasan atau evaporasi. Material

yang tersisa pada temperatur 105°C inilah yang disebut *Total Solid* (Muchtadi, 2010). Sesuai dengan pernyataan Loughrin *et al.* (2009) bahwa total padatan adalah padatan yang tersisa setelah penguapan sampel hingga berat konstan pada suhu 105°C.

Total solid biasanya ditentukan dalam oven melalui proses pengeringan, yang dapat dibagi dalam dua sub-proses. Pertama, perpindahan panas antar lingkungan sekitarnya dan permukaan padat menyebabkan kelembaban menguap. Kedua, karena gradien temperatur dalam padatan, air terperangkap ke dalam mikrostruktur padat bermigrasi ke permukaan dan kemudian menguap. TS dapat dibagi lagi menjadi *volatile solid* atau padatan organik dan *fixed solid* atau padatan anorganik (Peces *et al.*, 2014).

Proses pembentukan biogas bakteri membutuhkan jumlah air yang sesuai dengan kebutuhan bakteri untuk produksi biogas. Sistem digester anaerobik dibedakan atas sistem dengan padatan rendah atau *low solid* (LS) dengan kandungan TS kurang dari 10%, sistem medium atau *medium solid* (MS) dengan TS 15 sampai 10% dan sistem padatan tinggi atau *high solid* (HS) dengan TS 22% hingga 40%. Penurunan volume digester akan memengaruhi kebutuhan air yang lebih rendah sehingga menyebabkan TS dalam reaktor meningkat (Haryanto, 2014).

Semakin banyak TS akan semakin memudahkan terjadinya penurunan pH. Bakteri untuk produksi biogas yang optimal mengendaki TS sebesar 4 sampai 9% pada fermentasi basah (Budiyono, 2013).

2.3.8.8 Kandungan *Total Dissolved Solid* (Total Padatan Terlarut)

Total zat padat terlarut atau *Total Dissolved Solid* adalah ukuran zat terlarut baik organik maupun anorganik, misalnya garam yang terdapat pada air limbah (Harahap, 2012).

Fardiaz (1992) dalam Tanjungsari dkk., (2016) TDS adalah jumlah padatan terlarut terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, mineral dan garam.

Total padatan terlarut (TDS) adalah komponen umum dari banyak limbah, tetapi biasanya tidak dikarakterisasi dengan baik, baik dari segi konstituen kimiawi maupun toksisitasnya. Total padatan terlarut mewakili ukuran integratif dari konsentrasi ion umum (misalnya, natrium, kalium, kalsium, magnesium, klorida, sulfat, dan bikarbonat) di air tawar (Chapman *et al.*, 2000).

Djuhariningrum, (2005) dalam Irwan dan Afdal (2016) TDS merupakan jumlah padatan yang berasal dari material-material terlarut yang dapat melewati filter yang lebih kecil daripada 2 μm .

2.3.8.9 Kandungan *Volatile Solid* (Padatan Organik)

Menurut Loughrin *et al.* (2009) *volatile solid* adalah pecahan dari *total solid* (yang hilang pada saat pembakaran 500°C). Penentuan VS dapat memberikan perkiraan materi organik yang ada dalam limbah, khususnya untuk proses biologis sebab dapat menyediakan: (1) bahan organik yang dapat diurai dan (2) penurunannya digunakan sebagai kontrol proses parameter. Jika VS ditentukan, residu dari TS dibakar dalam *muffle* pada suhu 550°C sampai berat konstan (Peces *et al.*, 2014).

Volatile solid merupakan substrat bagi mikroorganisme non metanogen yang bekerja pada tahap awal produksi biogas, penurunan *volatile solid* menunjukkan di dalam digester terjadi proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme non metanogen. Mikroorganisme di dalam biodigester berangsur-angsur mencapai pertumbuhan yang setimbang antara mikroorganisme non metanogen dan metanogen, kondisi ini dapat dilihat dari produksi gas metana yang meningkat (Ni'mah, 2014).

Pemanasan sampel air limbah hingga temperatur 600°C akan mengakibatkan *volatile solid* yang ada menguap (biasanya diklasifikasikan sebagai materi organik), dan padatan yang tersisa adalah *fixed solid* (diklasifikasikan sebagai materi anorganik) (Muchtadi, 2010).

Bahan organik yang terdegradasi terlalu cepat akan menghasilkan karbohidrat yang lebih larut. Proses ini menghasilkan akumulasi CO₂ dan H₂ dalam medium dan diikuti dengan menekan pH menjadi racun untuk bakteri fibrolitik (Wahyudi dkk., 2010).

2.3.8.10 Kandungan *Volatile Suspended Solid* (Padatan Orgnik Tersuspensi)

Menurut Loughrin *at al.* (2009) *volatile suspended solid* adalah pecahan dari *total suspended solid* dan yang hilang pada saat pembakaran dalam *muffle* pada 500°C selama 15 menit.

VSS mengalami peningkatan tergantung dari komposisi bahan. Pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas mikroorganisme dapat meningkat jika adanya cadangan makanan dan proses aerasi serta semua komposisi bahan yang

digunakan mengandung agent oksidator sehingga memiliki kemampuan mengoksidasi bahan organik, baik secara kimia dan biologi (Sudaryati dkk, 2015).

Konsentrasi VSS menurun seiring dengan penambahan biostarter. Penurunan VSS terjadi akibat adanya proses biodegradasi limbah organik oleh mikroorganisme, baik yang berasal dari limbah itu sendiri maupun berasal dari biostarter. mikroorganisme tersebut mampu menguraikan senyawa organik yang lebih sederhana. Konsentrasi VSS menurun disebabkan berkurangnya bahan organik pada proses fermentasi karena digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan pembentukan mikroorganisme (Budihardjo, 2009).

2.4 Hipotesis

1. Diduga penambahan *slurry* dapat meningkatkan *total solid*, *total dissolved solid*, *volatile solid*, dan *volatile suspended solid* selama proses fermentasi.
2. Diduga jumlah konsentrasi *slurry* biogas yang terbaik dalam meningkatkan *total solid*, *total dissolved solid*, *volatile solid*, dan *volatile suspended solid* adalah 50%.