

POTENSI PEMANFAATAN LIMBAH CAIR TAHU MENJADI BIOGAS UNTUK MASYARAKAT DI DESA BICORONG PAKONG PAMEKASAN

Didik Kurniawan¹, Mohammad Nadrian²

STEI Masyarakat Madani Pamekasan

e-mail: didikmacoz@gmail.com¹, mohnadrian@gmail.com²

Abstrak – Tahu merupakan salah satu makanan yang banyak diproduksi dan dikonsumsi di Indonesia sebagai sumber protein. Saat ini sebagian besar produsen tahu di Indonesia merupakan industri rumah tangga dengan alat produksi yang sederhana, khususnya di Banten. Produksi tahu sebagian besar menghasilkan limbah padat dan cair. Namun limbah cair mengandung protein dan asam amino yang tinggi sehingga dapat mencemari lingkungan jika tidak diolah dengan baik. Hal ini dikarenakan limbah ini memiliki nilai BOD, COD dan TSS yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan metode yang tepat dalam pemanfaatan limbah cair tahu oleh produsen tahu di Indonesia dengan produksi biogas. Biogas dari limbah cair dapat diproduksi sebagai metana atau hidrogen. Biogas berbasis limbah tahu memberikan manfaat dari berbagai aspek, seperti aspek lingkungan, ekonomi, sosial dan kesehatan. Di sisi lain, produksi ampas tahu dapat menjadi salah satu upaya pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) di Banten. Hal ini dapat diimplementasikan untuk mencapai titik air bersih dan sanitasi, serta sumber energi bersih dan terjangkau.

Kata Kunci: Biogas, Hidrogen, Metana, Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, Limbah Cair Tahu

Abstract – Tofu is one of the most produced and consumed foods in Indonesia as a source of protein. Currently, most of the tofu producers in Indonesia are home industries with simple production equipment, especially in Banten. Tofu production mostly produces solid and liquid wastes. However, liquid waste contains high protein and amino acids that can pollute the environment if it is not treated properly. It is due to this waste has a high BOD, COD and TSS value. Therefore, the right method is needed in utilizing tofu liquid waste by tofu producers in Indonesia by biogas production. Biogas from liquid waste can be produced as methane or hydrogen. Tofu waste based biogas provided benefits from various aspects, such as environmental, economic, social and health aspects. On the other hand, tofu waste production can be one of the efforts to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs) in Banten. It can be implemented to achieve clean water and sanitation points, as well as affordable and clean energy sources.

Keywords: Biogas, Hydrogen, Methane, Sustainable Development Goals, Tofu Liquid Waste

PENDAHULUAN

Tahu adalah salah satu produk pangan yang merupakan produk olahan dari kacang kedelai yang dibuat dengan cara pemekatan protein kedelai. Tahu banyak dikonsumsi di Indonesia sebagai lauk yang mengandung protein tinggi. Selain itu, tahu juga merupakan sumber protein substitusi bagi orang yang tidak mengkonsumsi produk hewani (vegetarian/vegan). Konsumsi tahu di Indonesia pada tahun 2015 yaitu 7,49 kg/kapita, yang menunjukkan adanya kenaikan dari tahun 2012. Hal ini menyebabkan industri tahu berskala kecil sekitar 1,47%. Kenaikan jumlah industri tahu ini menyebabkan akumulasi limbah mengalami peningkatan.

Industri pengolahan tahu tersebut selain menghasilkan produk utama berupa tahu dalam berbagai bentuk (tahu putih, tahu goreng, tahu pong, dan kerupuk tahu), juga menghasilkan limbah padat maupun limbah cair. Limbah padat sudah banyak dimanfaatkan seperti pakan ternak dan tempe gembus. Namun limbah cair belum dimanfaatkan sama sekali atau langsung dibuang begitu saja ke perairan. Akibatnya perairan menjadi tercemar, begitu pula dengan simpanan air tanah yang ditandai oleh kotornya wilayah perairan dan timbulnya bau menyengat.

Mengingat industri tahu merupakan industri dengan skala kecil, maka membutuhkan instalasi pengolahan limbah dengan perangkat sederhana, biaya operasional murah, dan memiliki nilai ekonomis serta ramah lingkungan. Pengolahan limbah tahu harus dikelola dengan baik dan dipelihara secara rutin. Berbagai teknologi pengolahan limbah yang sudah ada, maka akan dilakukan kajian untuk mengetahui teknologi pengolahan limbah tahu yang efektif dan efisien serta kelebihan dan kekurangannya, dan dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan. Indonesia memiliki potensi kekayaan alam yang sangat melimpah untuk menghasilkan sumber energi alternatif. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber-sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan menjadi pilihan.

Salah satu energi terbarukan yang sedang dikembangkan adalah biogas. Keberadaan biogas memiliki peluang yang besar dalam pengembangannya. Energi biogas dapat diperoleh dari limbah rumah tangga; kotoran cair dari peternakan ayam, sapi, babi; sampah organik dari pasar; industri makanan dan sebagainya. Selain potensi yang besar, pemanfaatan energi biogas dengan digester biogas memiliki keuntungan, yaitu mengurangi efek rumah kaca, mengurangi bau tidak sedap, mencegah penyebaran penyakit, menghasilkan panas dan daya (mekanisme atau energi listrik), serta hasil samping berupa pupuk cair dan padat. Pemanfaatan limbah dengan cara ini secara ekonomi akan sangat kompetitif seiring naiknya harga bahan bakar minyak dan pupuk organik.

Sementara itu, produsen tahu di Indonesia kebanyakan merupakan pabrik kecil dan sedang serta belum memenuhi persyaratan dan ketentuan pabrik pada umumnya, sesuai dengan regulasi yang berlaku di Indonesia. Hal ini sangat berpengaruh terhadap pelaksanaan produksi di pabrik tersebut, baik dari segi hygiene, sanitasi, maupun penanganan limbah pabrik. Beberapa produsen limbah tahu yang kurang bertanggung jawab terhadap limbah ini sering membuang limbahnya dengan tidak benar, sehingga menimbulkan kerugian bagi masyarakat yang tinggal di sekitar pabrik. Limbah pabrik tahu ini dapat berbentuk padat seperti ampas kedelai, sementara limbah cair dari pabrik tahu biasanya merupakan air bekas mencuci, merendam, dan merebus kacang kedelai. Limbah cair dari pabrik tahu ini mengandung senyawa organik seperti protein, karbohidrat, dan lemak, sehingga apabila dibuang ke dalam sungai atau danau, maka airnya menjadi tercemar. Pencemaran ini akan berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat yang menggunakan air dari sumber tersebut.

Menurut hasil penelitian Basuki, limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang masih cukup tinggi. Jika senyawa-senyawa organik itu diuraikan baik secara aerob maupun anaerob akan menghasilkan gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), gas-gas lain, dan air. Gas metana merupakan bahan dasar pembuatan biogas. Biogas adalah gas pembusukan bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob. Gas ini tidak berbau, tidak berwarna, dan sangat mudah terbakar. Biogas sebanyak 1000 ft³ (28,32 m³) mempunyai nilai pembakaran yang sama dengan galon (1 US gallon = 3,785 liter) butana atau 5,2 gallon gasolin (bensin) atau 4,6 gallon minyak diesel. Untuk memasak pada rumah tangga dengan 4-5 anggota keluarga cukup 150 ft³ per hari. Limbah cair tahu mempunyai kandungan metana lebih dari 50%, sehingga sangat memungkinkan sebagai bahan baku.

Limbah tahu juga dapat dimanfaatkan menjadi beberapa jenis produk, salah satunya yaitu bahan bakar biogas. Biogas adalah bahan bakar untuk memasak yang terbuat dari aneka jenis kotoran seperti aneka kotoran ternak, ampas produksi tahu, dedaunan kering atau sampah organik lain. Dengan biogas kita tidak membutuhkan minyak tanah atau gas untuk memasak dan bisa memanfaatkan sampah organik menjadi sesuatu yang berguna. Ini tentunya akan berguna bagi masyarakat, terutama di daerah pedesaan, yaitu sebagai sumber bahan bakar yang lebih ramah lingkungan. Dengan begitu, limbah air dari pabrik tahu dapat dibuang dengan aman dan secara bersamaan menghasilkan produk yang bermanfaat bagi masyarakat setempat.

Jumlah pabrik tahu di Indonesia cukup banyak, yaitu sekitar 84.000 pabrik tahu berskala kecil dan menengah, serta biasanya pabrik-pabrik tahu ini merupakan usaha milik keluarga. Di desa bicorong sendiri, limbah pabrik tahu belum dapat ditangani dengan baik, sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. seperti terdapat kasus limbah pabrik tahu yang mencemari Sumber Noman, yang terjadi akibat tidak adanya penanganan limbah yang layak dan sesuai dengan standar pabrik di Indonesia. Banyaknya pabrik tahu yang bertempat di tepi sungai, ditambah dengan tidak adanya penanganan limbah di sekitarnya dapat mengotori Sumber Noman. Air sungai ini menjadi sangat pekat, berwarna putih, dan di seluruh badan sungai menghasilkan bau yang tidak sedap. Tentunya hal ini sangat merugikan masyarakat serta menurunkan kelestarian lingkungan. Permasalahan limbah ini membuat banyak pihak memanfaatkan limbah cair pabrik tahu untuk diolah menjadi berbagai produk yang berguna, sehingga dapat mengurangi risiko pencemaran.

Dengan tercapainya tujuan penelitian ini, diharapkan masyarakat dapat terjaga kesehatan lingkungannya terutama dari sumber-sumber air yang tercemar dan bau busuk yang ditimbulkan. Di samping itu juga dapat memanfaatkan biogas yang dihasilkan sebagai alternatif bahan bakar yang dapat digunakan untuk kebutuhannya sehari-hari.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam kajian ini yaitu studi literatur. Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengolah bahan penelitian. Metode ini dilakukan dengan cara mengkaji pemanfaatan limbah cair tahu dan potensinya untuk diolah menjadi biogas, yang dapat diaplikasikan pada skala industri rumah tangga di desa bicorong pakong pamekasan.

Sumber data yang digunakan pada kajian ini merupakan data sekunder yang didapatkan dari publikasi ilmiah seperti jurnal, buku maupun media internet. Data yang diperoleh, kemudian dianalisis secara deskriptif, yaitu dengan cara memaparkan dan membandingkan hasil hasil penelitian eksternal terkait potensi pemanfaatan limbah cair tahu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah Tahu

Limbah tahu berasal dari sisa pengolahan kedelai menjadi tahu yang terbuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu sehingga tidak dapat dikonsumsi. Limbah industri tahu pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) bentuk limbah yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah cair tahu merupakan hasil dari proses pencucian, perendaman, penggumpalan dan pencetakan selama pembuatan tahu. Limbah cair tahu tersebut mempunyai potensi bila dimanfaatkan dengan tujuan dan maksud yang baik bagi tanaman, namun jika dibiarkan dan dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan kembali akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Limbah cair tahu yaitu adanya sisa air tahu yang tidak menggumpal, cairan berwarna keruh kekuningan yang bisa menimbulkan bau tidak sedap dan jika dibiarkan warna limbah cair tahu akan menjadi coklat kehitaman dan berbau busuk. Sebagian besar limbah yang dihasilkan dari proses produksi tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang biasa disebut dengan air dadih (whey). Limbah cair tahu mengandung beberapa zat antara lain karbohidrat, protein, lemak, mineral dan vitamin. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan.

Limbah cair dapat berasal dari perendaman dan pencucian kedelai, pencucian alat produksi, penyaringan, dan pengepresan atau pencetakan tahu. Walaupun limbah cair tahu dianggap sebagai by product pembuatan tahu yang tidak lagi berguna, namun limbah cair tahu sebenarnya kaya akan kandungan bahan organik seperti protein dan asam amino. Di sisi

lain, bahan organik ini dapat mencemari lingkungan, karena mengandung biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), dan total suspended solid (TSS) yang tinggi (Husin, 2003). Selain mengandung bahan organik, limbah cair tahu juga mengandung beberapa jenis gas, seperti: oksigen (O₂), hidrogen sulfida (H₂S), amonia (NH₃), karbondioksida (CO₂), dan metana (CH₄). Gas metana, hidrogen sulfida, dan karbon dioksida dari limbah tahu ini berpotensi untuk dimanfaatkan kembali menjadi biogas.

Kandungan lain yang cukup tinggi dalam limbah cair tahu yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang berturut-turut mencapai 43,37 mg/L, 114,36 mg/L dan 223 mg/L. Kandungan N, P, dan K yang tinggi ini merupakan ancaman bagi lingkungan sekitar, karena dapat menyebabkan eutrofikasi yang berujung pada algae blooming. Adapun solusi pemanfaatan yang dapat digunakan dengan adanya kandungan N, P, dan K yaitu dengan diolah menjadi pupuk organik.

Proses penguraian oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik terjadi secara anaerob. Pada prinsipnya proses anaerob adalah proses biologi yang berlangsung pada kondisi tanpa oksigen oleh mikroorganisme tertentu yang mampu mengubah senyawa organik menjadi metana (biogas). Proses ini banyak dikembangkan untuk mengolah kotoran hewan dan manusia atau air limbah yang kandungan bahan organiknya tinggi. Sisa pengolahan bahan organik dalam bentuk padat digunakan untuk kompos. Berikut ini adalah proses pengolahan bahan organik menjadi biogas dengan proses anaerobik. Visualisasi sistem produksi dan pemanfaatan biogas dapat ditampilkan pada gambar berikut ini Prinsip pembangkit biogas merupakan menciptakan alat yang kedap udara dengan bagian-bagian pokok terdiri atas pencerna (digester), lubang pemasukan bahan baku dan pengeluaran lumpur sisa hasil pencernaan (slurry), dan pipa penyaluran biogas yang terbentuk. Dalam sarana digester ini terdapat bakteri methan yang mengolah limbah cair tahu dan memakan bahan-bahan organik dan menghasilkan biogas. Gas yang terbentuk tersebut difasilitasi dengan adanya pipa yang didesain sedemikian rupa sehingga gas tersebut dapat dialirkan ke kompor yang terletak di dapur. Gas tersebut dapat digunakan untuk keperluan memasak dan lampu penerangan. Secara umum, proses anaerob terdiri dari empat tahap yakni: hidrolisis, pembentukan asam, pembentukan asetat dan pembentukan metana. Proses anaerob dikendalikan oleh dua golongan mikroorganisme (hidrolitik dan metanogen). Bakteri hidrolitik terdapat dalam jumlah yang besar dalam kotoran unggas karena reproduksinya sangat cepat. Organisme ini memecah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa sederhana diuraikan oleh bakteri penghasil asam (acid-forming bacteria) menjadi asam lemak dengan berat molekul rendah seperti asam asetat dan asam butirat. Selanjutnya bakteri metanogenik mengubah asam-asam tersebut menjadi metana.

Karakteristik buangan industri tahu ada dua hak yang perlu diperhatikan (Herlambang, 2002), yaitu : karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total, suhu, warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Karakteristik buangan industri tahu di nyatakan oleh Herlamang 2002 meliputi 2 hal yaitu, sifat fisik dan kimia. sifat fisik meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau. Sifat kimia meliputi zat organik, zat anorganik, dan gas. Kisaran suhu limbah air tahu 37- 45 oC, kekeruhan 535 - 585 FTU, warna 2 225 - 2 250 Pt.Co, amoniak 23,3 - 23,5 mg/l, BOD₅ 6 000 - 8 000 mg/l dan 7 500 - 14 000 mg /l.

Suhu gas buangan pada industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu cairan ampas tahu umumnya lebih tinggi dibandingkan air baku yaitu 40oC hingga 46oC. peningkatan suhu di lingkungan perairan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lainnya, serta densitas, viskositas, dan tegangan permukaan air (M. Arsalan, 2017).

Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. apabila

prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangnya biasanya rendah (Herlambang, 2002). pada umumnya konsentrasi ion hidrogen buangan industri tahu ini cenderung bersifat asam. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N-total) sebesar 226,06 sampai 434,78 mg/l. Sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total hidrogen di perairan tersebut.

Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah adalah gas nitrogen (N₂), oksigen (O₂), hidrogen sulfida (H₂S), amonia (NH₃), karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan. Permasalahan yang sering muncul adalah kecepatan reaksi biokimia memerlukan oksigen yang lebih besar sejalan dengan meningkatnya suhu (Herlambang, 2002).

Biogas

Biogas adalah gas yang terbentuk dari penguraian bahan organik dalam keadaan anaerobik. Komposisi biogas terdiri dari: 50-80% metana, CO₂, H₂S dan sedikit air, yang dapat dijadikan sebagai pengganti minyak tanah atau liquefied petroleum gas (LPG) (BPPT, 1997). Pada proses pembuatan biogas, dibutuhkan rangkaian alat berupa alat pencernaan (digester), lubang masuk bahan baku, lubang pengeluaran lumpur (slurry) hasil pencernaan, dan pipa untuk mengalirkan biogas yang dihasilkan langsung ke kompor maupun untuk penerangan. Pada digester, terdapat bakteri metana yang mencerna bahan organik secara anaerob untuk menghasilkan biogas, yang selanjutnya dialirkan melalui pipa. Proses anaerob untuk menghasilkan biogas ini dapat dijelaskan dalam 4 tahapan, yakni: hidrolisis, pembentukan asam, pembentukan asetat dan pembentukan metana. Adapun keuntungan menggunakan biogas dibandingkan bahan bakar lainnya adalah:

1. Membantu memperlambat pemanasan global dengan menurunkan emisi gas rumah kaca seperti CO₂.
2. Memanfaatkan dan mengurangi limbah seperti kotoran hewan maupun limbah hasil industri pangan.
3. Mewujudkan adanya bahan bakar yang ramah lingkungan.
4. Menghemat biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan bakar bagi para peternak ataupun pemilik industri yang menghasilkan limbah yang dapat dimanfaatkan menjadi biogas.

Proses penguraian oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik terjadi secara anaerob. Pada prinsipnya proses anaerob adalah proses biologi yang berlangsung pada kondisi tanpa oksigen oleh mikroorganisme tertentu yang mampu mengubah senyawa organik menjadi metana (biogas). Proses ini banyak dikembangkan untuk mengolah kotoran hewan dan manusia atau air limbah yang kandungan bahan organiknya tinggi. Sisa pengolahan bahan organik dalam bentuk padat digunakan untuk kompos. Berikut ini adalah proses pengolahan bahan organik menjadi biogas dengan proses anaerobik. Visualisasi sistem produksi dan pemanfaatan biogas

Prinsip pembangkit biogas merupakan menciptakan alat yang kedap udara dengan bagian bagian pokok terdiri atas pencernaan (digester), lubang pemasukan bahan baku dan pengeluaran lumpur sisa hasil pencernaan (slurry), dan pipa penyaluran biogas yang terbentuk. Dalam sarana digester ini terdapat bakteri methan yang mengolah limbah cair tahu dan memakan bahan-bahan organik dan menghasilkan biogas. Gas yang terbentuk tersebut difasilitasi dengan adanya pipa yang didesain sedemikian rupa sehingga gas tersebut dapat dialirkan ke kompor yang terletak di dapur. Gas tersebut dapat digunakan untuk keperluan memasak dan lampu penerangan.

Secara umum, proses anaerob terdiri dari empat tahap yakni: hidrolisis, pembentukan asam, pembentukan asetat dan pembentukan metana. Proses anaerob dikendalikan oleh dua golongan mikroorganisme (hidrolitik dan metanogen). Bakteri hidrolitik terdapat dalam jumlah yang besar dalam kotoran unggas karena reproduksinya sangat cepat. Organisme ini

memecah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa sederhana diuraikan oleh bakteri penghasil asam (acid-forming bacteria) menjadi asam lemak dengan berat molekul rendah seperti asam asetat dan asam butirat. Selanjutnya bakteri metanogenik mengubah asam-asam tersebut menjadi metana.

Sumber penghasil biogas yang paling umum berasal dari kotoran hewan seperti sapi yang mengandung banyak bakteri penghasil gas metana dalam perutnya. Selain dari kotoran sapi, sumber potensial lainnya adalah limbah cair tahu yang mengandung banyak bahan organik. Apabila bahan organik tersebut diuraikan dengan benar, dapat menghasilkan gas metana dan karbon dioksida sebagai bahan dasar pembuatan biogas.

Produksi Gas Hidrogen (H₂)

Penggunaan H₂ sebagai sumber energi memiliki beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan gas metana seperti nilai termal yang lebih tinggi, memiliki stabilitas pH dengan jangka yang lebih besar, serta sumber karbon yang dibutuhkan oleh mikroorganisme penghasil hidrogen bersifat lebih bervariasi. Produksi hidrogen dengan memanfaatkan LCT dapat dilakukan oleh jenis bakteri yang lebih banyak misalnya bakteri anoksigen fototrof seperti *Rhodobacter sphaeroides* dan *R. capsulatus* maupun bakteri anaerobik heterotrof seperti *C. butyricum* dan *Methanobacterium* sp. Namun, pembuatan H₂ dengan bakteri anoksigen fototrof lebih diutamakan karena memiliki tingkat konversi substrat yang lebih tinggi dan dapat diaplikasikan pada limbah dengan kadar zat organik yang sangat tinggi.

Meskipun terdapat beberapa keuntungan dari pembuatan H₂ berbahan dasar LCT, akan tetapi kandungan NH₄⁺ dapat menjadi hambatan bagi bakteri anoksigen fototrof dalam memproduksi H₂. 49 Potensi Pemanfaatan Limbah Cair. Hal ini dipengaruhi oleh NH₄⁺ yang menjadi inhibitor nitrogenase, yang mengkatalis proses reduksi H⁺ menjadi H₂ pada kondisi anaerobik tanpa adanya gas nitrogen (Koku, 2002). Untuk menghindari adanya efek buruk dari NH₄⁺, berbagai metode terbaru telah dibuat dan diaplikasikan. Salah satunya adalah dengan memfokuskan pada bakteri yang digunakan. melakukan preparasi *Rhodobacter sphaeroides* mutan yang bersifat glutamin auktotrof. Bakteri mutan ini diisolasi dari wild-type *R. sphaeroides* lalu ditumbuhkan pada media serum pada kondisi anaerobik, selanjutnya diberikan mutagen berupa etil metana sulfonat (EMS). Dari hasil pengamatan, didapatkan bahwa mutan yang dihasilkan secara signifikan dapat menghasilkan hidrogen hingga dua kali lipat lebih banyak dibandingkan dengan *R. sphaeroides* yang ditemukan di alam.

Meskipun beberapa teknologi terkait produksi gas hidrogen telah dilakukan oleh berbagai peneliti, akan tetapi aplikasinya dalam skala industri rumah tangga masih sangat terbatas. Terlebih, penelitian yang telah dilakukan masih berskala laboratorium, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut terkait penerapan produksi biogas pada skala yang lebih besar.

Produksi Gas Metana (CH₄)

Produksi biogas merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah dengan kadar bahan organik yang tinggi, dan merupakan salah satu pendekatan terhadap pencapaian poin nomor 7 dalam SDGs yakni energi yang terjangkau dan bersih. Reaktor yang dihasilkan lebih berfokus pada pembuatan biogas dari kotoran ternak, bukan LCT sehingga dibutuhkan aplikasi reaktor biogas yang dibuat dari LCT.

Gas yang biasanya diproduksi dari LCT adalah gas metana (CH₄) mengingat air limbah tahu memiliki kandungan metana hingga lebih dari 50% maupun hidrogen. Kegiatan produksi biogas dari LCT memberikan beberapa keuntungan, terutama bagi produsen tahu yang sebagian besar merupakan industri skala kecil. Adapun beberapa keuntungan tersebut mencakup: biogas dapat dijadikan sebagai energi terbarukan sehingga mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, minimalisasi, efek rumah kaca dan pencemaran lingkungan

sehingga memberikan dampak yang baik terhadap lingkungan, serta meningkatkan nilai ekonomi dari limbah tersebut.

Gas metana (CH_4) merupakan gas yang tidak berbau dan berwarna, namun beracun dan mudah terbakar sehingga dapat membahayakan keselamatan manusia. Fermentasi metana biasanya terdiri atas dua tahapan yakni pembentukan asam dengan mikroorganisme acidogen, lalu dilanjutkan pembentukan metana oleh mikroorganisme metanogen (Zhu et al., 2002). Produksi CH_4 yang dibuat dari LCT memanfaatkan bakteri methanogen, yakni bakteri yang menghasilkan metana dalam jumlah banyak sebagai produk samping metabolisme energi, yakni hingga 60% (Ridhuan, 2012; Whitman et al., 2014). Ciri lain dari bakteri metanogen adalah merupakan bakteri anaerob, serta tergolong dalam Archaeobacteria. Adapun substrat utama dalam pembuatan CH_4 adalah H_2 dan CO_2 , format, dan asetat.

Dalam memanfaatkan mikroorganisme anaerobik dari limbah, cair, terdapat beberapa jenis reaktor dan metode yang dapat digunakan seperti up flow an-up flow anaerobic filter process (UAFP), up flow anaerobic sludge blanket (UASB), anaerobic attached-film expanded-bed reactor (AAFEb), anaerobic fluidized bed reactor (AFBR), anaerobic mixed microflora under thermophilic conditions, dan thermophilic stirred anaerobic (TSA) reactor. Faisal et al. (2016) melakukan penelitian menggunakan reaktor TSA yang digunakan untuk menghasilkan CH_4 dengan bantuan bakteri termofilik. Reaktor tersebut menggunakan sistem batch, memiliki pengaduk yang berputar 3 rpm,

Analisis Ekonomi Pembuatan Biogas Berbahan Dasar Limbah Cair Tahu di Desa Bicolorong Pakong Pamekasan.

Pada bagian awal telah dijelaskan bahwa alat yang dibutuhkan dalam pembuatan biogas berupa ipal dan degester. Dengan kata lain, pembuatan biogas tidak membutuhkan peralatan yang rumit, sehingga masih dapat dilakukan oleh industri berskala rumah tangga. Menurut fathor rahman, limbah tahu yang semula mencemarkan lingkungan karena dengan adanya inisiatif dari kepala desa bicorong dianggarkan membuat ipal dan degester yang nantinya dari degester itu akan muncul yang namanya gas atau biogas.

limbah tahu yang ada didesa bicorong itu ada 2 dialirkan ke penampungan yang namanya ipal dan degester disitu. setelah sekitar 1 bulan nanti gas itu akan ada dengan sendirinya dengan bantuan bakteri (Methanogen/ Metana (CH_4)) kalau sudah keluar gas disalurkan ke masyarakat.

Biogas yang dihasilkan dapat langsung dimanfaatkan untuk menyalakan kompor gas. Dana yang dikeluarkan oleh masyarakat yang menggunakan biogas ini tergolong cukup murah. masyarakat hanya perlu mengeluarkan dana sebesar Rp. 20.000/bulan/keluarga sebagai harga untuk perawatan alat-alat tersebut. Hal tersebut tentu sangat bermanfaat bagi masyarakat di desa bicorong itu sendiri selain mengurangi biaya hidup perbulan disini juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan dari adanya limbah dari pabrik tahu.

Manfaat Produksi Biogas Dilihat dari Berbagai Aspek

Pembuatan biogas dari limbah cair tahu ini dapat memberikan manfaat dari berbagai aspek, seperti aspek lingkungan, aspek ekonomi, aspek sosial, dan aspek kesehatan. Pembuatan biogas dari limbah cair tahu ini dapat digunakan sebagai pengolahan limbah alami yang dapat menyelesaikan masalah limbah cair tahu yang jumlahnya cukup banyak. Hal ini dapat membuat jumlah limbah cair tahu yang dibuang menjadi berkurang dan lingkungan menjadi lebih bersih dan nyaman. Pembuatan biogas ini juga dapat mengurangi permasalahan lingkungan, seperti mengurangi polusi udara, polusi tanah, dan pemanasan global. Selain itu, biogas memiliki banyak manfaat dan dapat digunakan sebagai pengganti energi. Energi alternatif berupa biogas ini memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan energi lainnya seperti BBM dan LPG.

Biogas ini memiliki harga yang lebih murah karena mampu menghasilkan energi yang dapat diperbaharui dan mudah diperbanyak, serta biaya modal, proses, dan pemeliharaannya

yang ekonomis atau tidak terlalu mahal. Biogas dari limbah cair tahu ini dapat menghemat pengeluaran masyarakat karena memiliki harga yang lebih murah dan tentunya dengan kualitas yang tinggi, serta aman karena tidak mudah meledak.

Di sisi lain, biogas yang diproduksi akan menghasilkan energi dan hasil samping berupa pupuk yang dapat meningkatkan nilai ekonomis dari limbah cair tahu, yang pada akhirnya dapat dijual untuk meningkatkan pendapatan produsen tahu tersebut. Hal ini menyebabkan para produsen tahu dapat hidup dengan lebih sejahtera. Selain itu, pembuatan biogas ini juga dapat memberikan manfaat dalam aspek kesehatan karena dapat mengurangi bau yang akan memberikan dampak negatif bagi kesehatan manusia.

KESIMPULAN

Limbah cair dari pabrik tahu merupakan suatu bahan yang sangat berguna untuk pembuatan produk-produk berbasis energi dan agrikultur. Penggunaan limbah cair dari pabrik tahu ini dapat menurunkan efek kerusakan lingkungan yang ditimbulkan apabila limbah cair ini dibuang begitu saja. Limbah cair dari pabrik tahu dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan biogas, yaitu sebagai penghasil gas metana serta gas hidrogen yang memiliki nilai termal yang tinggi. Produksi biogas dapat memberikan berbagai dampak positif apabila ditinjau dari berbagai aspek seperti aspek ekonomi, sosial, lingkungan, dan kesehatan. Dari hasil pemaparan, pembuatan biogas memungkinkan untuk diaplikasikan oleh produsen tahu yang berada di Indonesia, termasuk yang berlokasi di desa bicorong pakong pamekasan. Selain untuk meningkatkan nilai ekonomi dari limbah cair tahu, hal ini juga dapat menjadi salah satu upaya dalam pencapaian Sustainable Development Goals, terutama pada poin energi terjangkau dan bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, F.” Uji kemampuan *chlorella* sp. sebagai bioremediator limbah cair tahu”. UIN Maulana Malik Ibrahim. 2012.
- Basuki, Sulisty. 2006. “Metode Penelitian”. Jakarta: Wedatama Widya Sastra.
- Elisabet Marian, Sumiyati Tuhuteru, “Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Putih”. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. Vol 17, No 2. 2019. hlm.135.
- Elisabet Marian, Sumiyati Tuhuteru, “Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Putih”. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. Vol 17, No 2. 2019. hlm.135.
- Hasil wawancara langsung dengan BUMDES tanggal
- Kementerian Perindustrian (2016) Perkembangan Jumlah Unit Usaha Industri Besar dan Sedang Indonesia. Tersedia pada: http://kemenperin.go.id/statistik/ibs_indikator.php?indikator=1. di akses 10 agustus 2023.
- Kusumawati, K., Muhartini, S. dan Rogomulyo, R. “Pengaruh konsentrasi dan frekuensi pemberian limbah tahu terhadap pertumbuhan dan hasil bayam (*Amaranthus tricolor* L.) pada media pasir pantai,” 2015. *Vegetalika*, 4(2), hal. 48–62.
- Kaswinarni. “Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu.” 2007. Universitas Diponegoro.
- M Lukman Baihaqi Alfakihuddin, Rita Sunartaty, Dodi Satriawan, dkk. “Pengendalian Limbah Industri”. PT Global Eksekutif Teknologi. Cetakan Pertama, Maret 2023. hlm 110-111.
- Nohong. “Limbah Tahu dan Karakteristik Limbah Tahu”. 2010.
- Richard T.G.R “366 penguat hidup”, Yogyakarta 55281, 2010, hlm 264.
- Rianti, A. et al. (2018) “Potensi Ekstrak Kulit Petai (*Parkia speciosa*) sebagai Sumber Antioksidan,” *Jurnal Dunia Gizi*, 1(1), hal. 10–19.
- Ridhuan, K. “Pengolahan Limbah Cair Tahu Sebagai Energi Alternatif Biogas yang ramah lingkungan”. *TURBO*, 1(1), hal. 1–9. 2012.
- Said, N. I. et al. (2015) Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob

- dan Aerob. Tersedia pada: <http://www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Limbahtt/limbahtt.html> (Diakses: 10 agustus 2023).
- Sugiharto, 1987. "Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah". UI Press, Jakarta.
- Sadzali, I. (2010) "Potensi limbah tahu sebagai biogas," *Jurnal UI untuk Bangsa Seri Kesehatan, Sains, dan Teknologi*, 1(2), hal. 62–69.
- Siswoyo, E. dan Hermana, J. "Pengaruh Air Limbah Industri Tahu terhadap Laju Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor*), 2017." *Journal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 9(2), hal. 105–113.
- Subekti, S. "Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif," in *rosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2*. 2011. Semarang: Universitas Wahid Hasyim, hal. 61–66.
- Subekti, S. "Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif," 2011. in *rosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2*. Semarang: Universitas Wahid Hasyim, hal. 61–66.
- Wahyuni, S. "Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah". 2011. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Wahyuningsih, S. (2016) "Konsumsi dan Neraca Penyediaan - Penggunaan Kedelai," *Buletin Konsumsi Pangan*, 7(1), hal. 31–42.
- Widyastuti, E., Sukanto, S. dan Setyaningrum, N. "Pengaruh Limbah Organik terhadap Status Tropik, Rasio N/P serta Kelimpahan Fitoplankton di Waduk Panglima Besar Soedirman Kabupaten Banjarnegara," 2015. *Biosfera*, 32(1), hal. 35–41.
- Zhu, H. et al. "Hydrogen production as a novel process of wastewater treatment — studies on tofu wastewater with entrapped *R. sphaeroides* and mutagenesis," 2002. *International Journal of Hydrogen Energy*, 27 (11–12), hal. 1349–1357.