



BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
KABUPATEN TAPIN

PENGEMBANGAN LIMBAH BIOMASSA PERTANIAN SEBAGAI BIOENERGI DAN *SUSTAINABLE AGRICULTURE* DI KABUPATEN TAPIN



@estarlitbang_tapin



bappelitbang.tapinkab.go.id



BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
KABUPATEN TAPIN TAHUN 2021



**PENGEMBANGAN LIMBAH BIOMASSA PERTANIAN
SEBAGAI BIOENERGI DAN *SUSTAINABLE*
AGRICULTURE DI KABUPATEN TAPIN**

**Meldayanoor, S.Hut., M.S.
Nina Hairiyah, S.T.P., M.Si.
Raden Rizki Amalia, S.T., M.Si.
Nuryati, S.T., M.Eng.**

**BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
TAHUN ANGGARAN 2021**



RINGKASAN EKSEKUTIF

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi biomassa yang tersedia di Kabupaten Tapin, menganalisis lokasi strategis untuk pengembangan bioenergi dan *sustainable agriculture*, menganalisis biomassa yang berpotensi untuk dikembangkan, mendesain alat bioenergi serta mengaplikasikan bioenergi yang dihasilkan untuk masyarakat sekitar lokasi pengolahan biomassa dan mengintegrasikan dengan konsep *sustainable agriculture* di Kabupaten Tapin. Data yang digunakan adalah data terkait produksi pertanian, perkebunan, peternakan, dan produksi pertanian per wilayah yang ada di Kabupaten Tapin. Sumber data diambil dari Dinas Pertanian, Tanaman Pangan, dan Hortikultura, Dinas Peternakan dan Perkebunan, Dinas Kehutanan serta Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Tapin. Teknis analisis data dilakukan dengan studi literatur, *survey*/observasi langsung, wawancara, studi komparasi secara deskriptif, perancangan alat menggunakan *tools* Autocad, dan pengamatan langsung serta perhitungan untuk kajian efisiensi biogas yang dihasilkan.

Biomassa yang terdapat di Kabupaten Tapin adalah jerami padi, sekam padi, kotoran sapi, daun, batang dan tandan kosong kelapa sawit. Berdasarkan hasil studi komparasi kelbihan dan kekurangan masing-masing sumber biomassa, didapatkan bahwa biomassa jerami padi dan kotoran sapi yang berpotensi untuk dikembangkan. Kajian mengenai lokasi strategis untuk pengembangan bioenergi untuk menunjang *sustainable agriculture* adalah di wilayah Kecamatan Tapin Tengah, Desa Sungai Bahalang karena memiliki potensi besar untuk produksi padi, sapi, kelapa sawit, dan tanaman cabai rawit. Desain alat dilakukan dengan menggunakan reaktor berbahan *fiber glass* yang memiliki bagian berupa lubang inlet, lubang outlet, lubang pembuangan, dan bak peluapan. Umpan limbah biomassa (kotoran sapi dan jerami padi) dan air yang dimasukkan adalah dengan perbandingan 1:2. Setelah proses fermentasi awal selama 21 hari, dilakukan pengukuran tekanan, perhitungan volume yang dihasilkan serta uji nyala api. Tekanan yang dihasilkan adalah sebesar 12,43 atm. Adapun volume gas yang dihasilkan sebesar 0,2826 m³ untuk sekali penampungan dan dalam 1 hari bisa mengisi 3 balon penampung, sehingga bisa menghasilkan sebesar 0,8478m³ dalam sehari. Hasil uji nyala yang dilakukan untuk merebus air sebanyak 600ml adalah selama 6 menit, sehingga tingkat efisiensi cukup tinggi dimana dalam waktu 1 menit dapat memanaskan air sebanyak 100 ml. Limbah hasil fermentasi kotoran sapi dan jerami padi yang telah difermentasi (*slurry*) ini berbentuk campuran padat cair tidak berbau dan tidak mengundang serangga. Limbah ini dapat diaplikasikan untuk memperbaiki permukaan tanah dan sebagai pupuk kompos untuk menyuburkan tanaman seperti cabai rawit dan sebagainya sehingga dapat menunjang penerapan *sustainable agriculture*.

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan maka beberapa rekomendasi yang bisa diberikan adalah dengan melakukan pengkajian optimalisasi limbah biomassa jerami padi, sekam padi, daun, batang dan tandan kosong kelapa sawit untuk pemanfaatannya sebagai sumber bioenergi berupa biogas atau bioetanol dengan proses fermentasi terlebih dahulu. Kemudian Biomassa yang akan dijadikan umpan/input ke dalam digester biogas sebaiknya dilakukan pengecilan ukuran terlebih dahulu agar tidak terjadi penyumbatan pada alat dan proses fermentasi dapat berjalan secara optimal, perlu ada kajian lebih terkait volume gas yang dihasilkan jika umpan/input berasal dari berbagai macam jenis biomassa terutama jenis bahan yang memerlukan tahap perlakuan awal (fermentasi) terlebih dahulu. Kemudian perlu ada kajian lebih untuk pemanfaatan limbah padat sisa proses pembuatan biogas untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi terhadap unsur hara tanah sebagai perbaikan struktur dan tekstur tanah atau menyuburkan tanaman sehingga lebih terlihat konsep *sustainable agriculture*.



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmatNya, penulisan Laporan Akhir ini dapat kami selesaikan tepat pada waktunya, sesuai perencanaan. Terima kasih kami ucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu penyelesaian Laporan Akhir, terutama:

1. Bupati Kabupaten Tapin
2. Sekretaris Daerah Kabupaten Tapin
3. Kepala Bappelitbang Kabupaten Tapin beserta jajarannya
4. Kepala Dinas Pertanian Kabupaten Tapin beserta jajarannya
5. Kepala Dinas Ketahanan Pangan Kabupaten Tapin beserta jajarannya
6. Kepala Dinas LH Kabupaten Tapin beserta jajarannya
7. Camat Tapin Tengah
8. Kepala BPP Kecamatan Tapin Tengah
9. Kepala Desa Sungai Bahalang Kec. Tapin Tengah beserta jajarannya
10. Berbagai pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

Laporan Akhir ini tentunya mungkin masih ada jauh kekurangannya, sehingga segala saran dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan laporan ini dari berbagai pihak tentunya sangat kami hargai. Semoga Laporan Akhir ini bermanfaat untuk semua pihak yang konsen dengan pembangunan daerah Kabupaten Tapin.

Rantau, November 2021

Tim Kajian





DAFTAR ISI

RINGKASAN EKSEKUTIF	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Keluaran/Output Kegiatan	2
1.3. Ruang Lingkup	3
BAB 2 LANDASAN TEORI	4
2.1. Biomassa	4
2.2. Bioenergi	4
2.3. Biogas	5
2.4. <i>Sustainable Agriculture</i> (Sistem Pertanian Berkelanjutan)	7
BAB 3 METODE PENELITIAN	9
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	9
3.2. Alat dan Bahan	9
3.3. Jenis, Sumber, dan Teknik Analisis Data	9
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1. Identifikasi Biomassa	11
4.2. Identifikasi Lokasi Strategis	14
4.3. Analisis Biomassa yang Berpotensi untuk Dikembangkan	16
4.4. Desain dan Rancangan Alat Bioenergi dan <i>Sustainable Agriculture</i>	18
4.5. Aplikasi Bioenergi dan <i>Sustainable Agriculture</i>	22
BAB 5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	30
5.1. Kesimpulan	30
5.2. Rekomendasi	30
DAFTAR PUSTAKA	32





DAFTAR TABEL

Tabel 1. Matrik hubungan antara tujuan, jenis data, teknik analisis dan keluaran.....	9
Tabel 2. Perhitungan persentase potensi sumber biomassa dan penerapan	14
Tabel 3. Analisis Kelebihan dan Kekurangan jenis-jenis biomassa.....	16
Tabel 4. Rincian Biaya Pembuatan Alat	28





DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jerami Padi	12
Gambar 2. Sekam padi	13
Gambar 3. Biomassa tanaman kelapa sawit	13
Gambar 4. Desain alat biogas	21
Gambar 5. Lubang inlet	24
Gambar 6. Lubang outlet	25
Gambar 7. Plastik penampung gas	26
Gambar 8. Kompor gas	26
Gambar 9. Pipa pembuangan /pengurasan	27
Gambar 10. Bak/Lubang Pembuangan	28



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Biomassa adalah material yang berasal dari organisme hidup yang meliputi tumbuh-tumbuhan, hewan dan produk sampingnya seperti sampah kebun, hasil panen dan sebagainya. Biomassa sendiri dikelompokkan dalam berbagai macam golongan, diantaranya adalah bioetanol (tanaman), biodiesel (minyak sawit dan kedelai), biogas, biobriket serta biokerosene (minyak nabati). Hal itu dikarenakan sumber bahan bakunya yang berbeda dan juga pengolahan yang dilakukan. Potensi sumber daya biomassa di Indonesia salah satu yang terbesar dibandingkan negara lain, menurut laman Kementerian ESDM, potensinya apabila dikembangkan adalah 50 Giga Watt (GW). Selain itu, data dari (ZREU, 2000) menyebutkan bahwa Indonesia memproduksi 146,7 Juta ton atau setara 470 Giga Joule (GJ) biomassa per tahun yang mana sumber utamanya berasal dari residu pertanian yaitu sebesar 150 GJ per tahun dan karet kayu 120 GJ per tahun.

Potensi biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah. Limbah yang berasal dari hewan maupun tumbuhan semuanya potensial untuk dikembangkan. Tanaman pangan dan perkebunan menghasilkan limbah yang cukup besar, yang dapat dipergunakan untuk keperluan lain seperti bahan bakar nabati. Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar nabati memberi tiga keuntungan langsung. Pertama, peningkatan efisiensi energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan akan terbuang percuma jika tidak dimanfaatkan. Kedua, penghematan biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal dari pada memanfaatkannya. Ketiga, mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan.

Saat ini diperkirakan sekitar 145 M ton biomassa pertanian diproduksi di Indonesia setiap tahunnya. Potensi biomassa untuk listrik atau bahan bakar dapat bersumber antara

lain dari kelapa sawit, tebu, karet, kelapa, sekam padi, jagung, singkong, kayu, limbah ternak dan sampah kota/pasar, dengan total potensi di seluruh wilayah Indonesia sebesar 31.654 Mwe.

Kabupaten Tapin merupakan salah satu wilayah di Kalimantan Selatan yang memiliki berbagai *biomassa* yang sangat berpotensi untuk dikembangkan dan dimanfaatkan yang berasal dari sektor pertanian, perkebunan maupun peternakan. Hal ini dapat dilihat berdasarkan data, Kabupaten Tapin merupakan salah satu daerah penyangga tanaman pangan (khususnya padi). Pada tahun 2020 mampu menghasilkan padi sawah sebanyak 417.448 ton dan padi ladang 13.494 ton. Selain itu, di Kabupaten Tapin juga terdapat potensi tanaman perkebunan dengan data tahun 2020 yaitu kelapa sawit sebesar 463.735,48 ton, kelapa 419 ton, karet 9.105,46 ton. Adapun potensi untuk ternak sapi pada tahun 2020, untuk sapi jantan sebanyak 3.668 ekor, sapi betina 3.818 ekor, dan kerbau sebanyak 395 ekor (BPS Tapin, 2021).

Berdasarkan uraian latar belakang dan potensi yang ada, maka pada studi ini akan dilakukan pengkajian untuk mengembangkan limbah *biomassa* pertanian yang ada di Kabupaten Tapin sebagai bioenergi dan mengintegrasikannya sebagai sebuah konsep *sustainable agriculture*.

1.2. Tujuan dan Keluaran/Output Kegiatan

Tujuan dari pengembangan limbah *biomassa* pertanian sebagai bioenergi dan *sustainable agriculture* di Kabupaten Tapin adalah:

- 1) Mengidentifikasi *biomassa* yang dapat dikembangkan menjadi bioenergi dan *sustainable agriculture* di Kabupaten Tapin.
- 2) Mengidentifikasi lokasi strategis untuk pengembangan bioenergi dan *sustainable agriculture* di Kabupaten Tapin.

- 3) Menganalisis biomassa yang berpotensi untuk pengembangan bioenergi dan menunjang *sustainable agriculture* di Kabupaten Tapin.
- 4) Mendesain alat untuk pengolahan bioenergi dan menunjang *sustainable agriculture* di Kabupaten Tapin.
- 5) Mengaplikasikan bioenergi yang dihasilkan untuk masyarakat sekitar lokasi pengolahan biomassa dan mengintegrasikan dengan konsep *sustainable agriculture* di Kabupaten Tapin.

Adapun keluaran/output kegiatan ini adalah:

- 1) Teridentifikasinya berbagai jenis biomassa potensial dan berbagai wilayah/daerah potensial penghasil biomassa di Kabupaten Tapin.
- 2) Didapatkan lokasi strategis untuk pengembangan biomassa menjadi bioenergi di Kabupaten Tapin.
- 3) Didapatkan jenis bioenergi potensial yang akan dikembangkan dan diintegrasikan dengan *sustainable agriculture* di Kabupaten Tapin.
- 4) Didapatkan desain dan alat untuk pengolahan bioenergi dan penunjang *sustainable agriculture* di Kabupaten Tapin.
- 5) Hasil evaluasi efisiensi bioenergi yang dihasilkan.

1.3. Ruang Lingkup

- 1) Biomassa yang menjadi subjek yang akan dikembangkan adalah biomassa potensial yang ada di Kabupaten Tapin, Kal-Sel yang ditentukan dengan menggunakan metode *linier programming* dan AHP.
- 2) Metode penentuan lokasi strategis untuk pengembangan bioenergi dan *sustainable agriculture* menggunakan *LQ* dan *SSA*.
- 3) Desain alat untuk pengolahan bioenergi dilakukan dengan skala *pilot plant*.
- 4) Aplikasi hasil bioenergi dan integrasi dengan konsep *sustainable agriculture* dilakukan pada lokasi terpilih di Kabupaten Tapin, Kal-Sel dan dilakukan kajian efisiensi

BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1. Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya.

Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (renewable) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (sustainable). Di Indonesia, biomassa merupakan sumber daya alam yang sangat penting dengan berbagai produk primer sebagai serat, kayu, minyak, bahan pangan dan lain-lain yang selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik juga diekspor dan menjadi tulang punggung penghasil devisa negara.

Sektor pertanian merupakan penghasil limbah paling banyak kemudian diikuti oleh sektor peternakan. Dari sektor pertanian berasal tanah dan pembakaran biomassa (sisa pertanian/jerami), sementara limbah peternakan berupa feses dan urine. Dalam jumlah yang banyak limbah akan menimbulkan masalah lingkungan, serta berdampak negatif.

2.2. Bioenergi

Bioenergi adalah energi yang didapat dari organisme biologis atau bahan organik. Secara umum, bioenergi menghasilkan tiga jenis sumber energi, yaitu : biofuel (biodiesel, bioethanol), biogas, dan biomassa padat (serpihan kayu, biobriket serta residu pertanian). Bioenergi dapat menghasilkan tiga bentuk energi yaitu: listrik, bahan bakar transportasi, dan panas. Bioenergi diharapkan dapat menggantikan peran penting sumber energi fosil yang merupakan sumber energi yang tidak terbarukan (Bappenas, 2015).

Dalam satu dekade terakhir, bioenergi menjadi satu topik penting di Indonesia. Paling tidak, terdapat empat faktor yang mendorong perkembangan sektor bioenergi. Pertama, bioenergi dilihat sebagai salah satu solusi mengatasi permasalahan ketahanan energi (energy security) (ADB 2009). Produksi minyak bumi nasional mencapai angka tertinggi pada dekade 2000-an, tetapi diperkirakan akan mengalami penurunan hingga tahun 2025. Keadaan ini mengindikasikan ancaman terhadap ketahanan energi nasional. Untuk mengatasi permasalahan ketahanan energi, Indonesia melakukan impor minyak

bumi yang semakin tinggi mulai tahun 2007 dan diperkirakan akan terus meningkat hingga tahun 2025 (BPPT 2016). Dalam hal ini, energi alternatif berupa bioenergi sebagai energi baru terbarukan menjadi salah satu solusi untuk mengurangi tekanan impor dan mengatasi ancaman keamanan energi (Dutu 2016).

Kedua, upaya Indonesia untuk memproduksi bioenergi didorong oleh motivasi untuk mendayagunakan energi bersih untuk menanggapi kekhawatiran dari dampak buruk emisi gas rumah kaca (GRK) dari penggunaan energi fosil. Bioenergi belum dapat dikatakan sebagai energi bersih karena terkait dengan proses produksi yang masih belum sepenuhnya lestari. Namun bioenergi tetap dipandang sebagai energi yang lebih ramah lingkungan daripada energi fosil karena energi ini dihasilkan oleh aktivitas produksi pertanian. Pada gilirannya, emisi karbon yang dihasilkan oleh pembakaran bioenergi dapat diserap kembali ke dalam sistem siklus karbon aktivitas pertanian (Mc Bride dkk. 2011, Sedjo 2011, Araujo 2014).

Ketiga, pengembangan bioenergi dapat dijadikan instrumen pengendalian harga komoditas, termasuk komoditas pertanian (Agustian dkk. 2015). Dalam hal ini, pengembangan biodiesel berbasis sawit di Indonesia menjadi salah satu tindakan untuk mengendalikan pasokan minyak sawit ke pasar global, yang diharapkan akan mendorong harga minyak sawit internasional naik dan menggairahkan kembali sektor kelapa sawit di Indonesia.

Keempat, bioenergi juga hadir sebagai salah satu solusi untuk mendorong perekonomian lokal, regional, dan nasional melalui pembangunan pertanian. Permintaan atas bahan baku bioenergi akan mendorong peningkatan produksi biomassa dari sumber daya domestik yang pada gilirannya akan mendorong tumbuhnya industri bioenergi, perluasan kesempatan kerja, peningkatan penerimaan negara, dan pertumbuhan ekonomi.

2.3. Biogas

Salah satu energi alternatif yang cocok dan dapat diproduksi di Indonesia adalah biogas. Biogas merupakan gas mudah terbakar yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob. Prinsip pembuatan biogas adalah adanya dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan gas yang sebagian besar berupa gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri penghasil metan. Serangkaian proses yang terjadi pada pembentukan biogas meliputi hidrolisis, acidogenesis, acetogenesis, dan metanogenesis. Berikut adalah tahap-tahap pembentukan biogas dalam anaerobic digestion (Al Saedi dkk, 2008):

Hydrolysis

Hidrolisis Secara teoritis, langkah pertama dalam proses pembentukan biogas adalah hidrolisis. Pada tahap hidrolisis ini, kompleks bahan organik (polimer) didekomposisi menjadi unit yang lebih kecil (mono dan oligo). Selama proses tersebut, polimer seperti karbohidrat, lipid, asam nukleat dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol, purin dan pirimidin. Mikroorganisme hidrolitik akan mensekresi enzim hidrolitik, mengubah polimer menjadi senyawa sederhana.

Proses hidrolisis membutuhkan mediasi *exo-enzim* yang diekskresi oleh bakteri fermentatif. Produk yang dihasilkan dari proses hidrolisis lebih lanjut diuraikan oleh mikroorganisme yang terlibat dan digunakan untuk proses metabolisme mereka sendiri. Walaupun demikian proses penguraian anaerobik sangat lambat dan menjadi terbatas dalam penguraian limbah selulolitik yang mengandung lignin. Pada proses ini, bakteri pengurai asam menguraikan senyawa glukosa Manurung (2004).

Acidogenesis

Selama proses acidogenesis, produk hidrolisis dikonversi oleh bakteri asidogenik menjadi substrat metanogen. Gula sederhana, asam amino, dan asam lemak terdegradasi menjadi asetat, karbondioksida dan hidrogen (70%) serta menjadi Volatile Fatty Acid (VFA) dan alkohol (30%).

Acetogenesis

Selama proses acetogenesis, produk dari asidogenesis yang tidak dapat diubah secara langsung menjadi metana oleh bakteri metanogen akan diubah menjadi substrat metanogen. VFA dan alkohol dioksidasi menjadi substrat metanogen seperti asetat, hidrogen dan karbon dioksida. Produk hidrogen meningkatkan tekanan parsial hidrogen, hal ini dianggap sebagai produk limbah dari proses asetogenesis dan menghambat metabolisme bakteri asetogenik. Tahap selanjutnya adalah metanogenesis, selama proses metanogenesis hidrogen akan diubah menjadi metana. Asetogenesis dan metanogenesis biasanya sejajar, sebagai simbiosis dari dua kelompok organisme.

Produksi metana dan karbondioksida dari produk antara dilakukan oleh bakteri metanogen, 70% dari metana yang terbentuk berasal dari asetat, sedangkan 30% sisanya dihasilkan dari konversi hidrogen (H) dan karbondioksida (CO₂). Metanogenesis merupakan langkah penting dalam seluruh proses pencernaan anaerobik, karena metanogenesis merupakan reaksi biokimia paling lambat dalam proses. Proses metanogenesis sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi. Beberapa contoh yang

mempengaruhi proses metanogenesis adalah komposisi bahan baku, perbandingan makanan, temperatur, dan nilai pH. Overload digester, perubahan temperatur, dan masuknya oksigen dalam jumlah besar dapat mengakibatkan penghentian produksi metana.

Dalam suatu proses pembentukan biogas di dalam digester yang memanfaatkan bakteri sebagai sarana untuk memecah senyawa polimer (dalam hal ini adalah karbohidrat, lemak, dan protein) diperlukan media tambahan untuk membantu mempercepat proses, dan salah satu media yang dapat digunakan untuk membantu mempercepat proses tersebut adalah EM4 (Effective Microorganisme-4) (Sundari, 2012). EM4 merupakan media berupa cairan yang berisi mikroorganisme yang dapat memecah senyawa polimer (dalam hal ini adalah karbohidrat, lemak, dan protein) menjadi senyawa monomernya. Penelitian akan pengaruh EM4 terhadap proses fermentasi yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap massa, nilai kalor, dan kecepatan pembentukan biogas perlu dilakukan, mengingat semakin cepat pembentukan biogas, akan semakin banyak sumber energi yang dihasilkan, sehingga produksi biogas akan semakin tinggi. Hal tersebut akan sangat menguntungkan bagi masyarakat karena semakin tinggi produksi biogas, maka kebutuhan bahan bakar minyak sebagai sumber energi dapat diminimalisir.

2.4. Sustainable Agriculture (Sistem Pertanian Berkelanjutan)

Pengembangan suatu usaha pertanian mengandung berbagai pengertian, yaitu: (1) berkelanjutan sebagai suatu strategi pengembangan, (2) berkelanjutan sebagai suatu kemampuan untuk mencapai sasaran, dan (3) berkelanjutan sebagai suatu upaya untuk melanjutkan sesuatu kegiatan (Hansen, 1996).

Dalam konteks kemampuan untuk mencapai sasaran, sistem usaha pertanian berkelanjutan mengandung pengertian bahwa dalam jangka Panjang sistem tersebut harus mampu: (1) mempertahankan atau meningkatkan kualitas lingkungan, (2) mampu menyediakan insentif sosial ekonomi bagi semua pelaku dalam sistem produksi, (3) mampu memproduksi yang cukup dan setiap penduduk memiliki akses terhadap produk yang dihasilkan (Brklacich et al., 1991). Sedangkan dapat konteks kemampuan untuk melanjutkan suatu sistem produksi, pengembangan usaha pertanian berkelanjutan apabila sistem tersebut tetap pada domain dari penggunaan sumberdaya lahan lintas waktu dan terus menerus mampu memberi dukungan pada tingkat produksi tertentu yang memberikan keuntungan ekonomi bagi pelakunya (commercial) dan kecukupan pangan penduduk (subsistence) (Hamblin, 1992).

Pertanian berkelanjutan juga mencerminkan keberhasilan pengelolaan sumberdaya pertanian untuk memenuhi kebutuhan manusia, kelestarian sumberdaya dan lingkungan

dapat dipertahankan, produktivitas data dipertahankan sekalipun di bawah cekaman lingkungan biofisik maupun sosial-ekonomi (Conway, 1995),

Pembangunan pertanian tidak hanya ditujukan untuk meningkatkan atau mempertahankan produktivitas maupun produksi agregat lintas waktu, juga pada saat bersamaan harus mampu melindungi dan melestarikan sumberdaya pertanian untuk pertumbuhan ekonomi jangka Panjang. Dengan demikian, diperlukan teknologi tepat guna kebijakan dan pengelolaan sumberdaya yang sesuai dengan keunggulan komparatif dan kompetitif suatu wilayah.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan. Lokasi kajian merupakan salah satu penghasil berbagai produk hasil pertanian di Kalimantan Selatan. Waktu pelaksanaan kajian berlangsung dari bulan September sampai dengan Desember 2021.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan tulis, kamera, dan laptop. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tandon air ukuran 1200 liter, siku ukuran 4x4, sirip 5cm, strip 1 inch, ring 10, baut 10x2, keran $\frac{1}{4}$ stop, lem botol, regulator gas LPG, baut 12x3, ring, sok, stop kran 2'', stop kran $\frac{1}{2}$, DL 2'', DD 2'', lem pipa, keni 4'', karpet polos, plastic, selang, corong, baut, kran BB, keni sok, pipa ALM, ember dan kompor gas satu tungku.

3.3. Jenis, Sumber, dan Teknik Analisis Data

Jenis data, sumber data, teknik analisis data dan hasil yang diharapkan untuk masing-masing tujuan penelitian tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Matrik hubungan antara tujuan, jenis data, teknik analisis dan keluaran

No	Tujuan	Jenis Data	Sumber Data	Teknik Analisis	Keluaran
1	Mengidentifikasi biomassa yang dapat dikembangkan menjadi bioenergi dan <i>sustainable agriculture</i> di Kabupaten Tapin	Data produksi pertanian, perkebunan, peternakan	Dinas Pertanian dan Tanaman Pangan, BPS, Dinas Peternakan, Dinas Hutbun	Studi data sekunder, Survey/observasi langsung, wawancara	Jenis-jenis Biomassa
2	Mengidentifikasi lokasi strategis untuk pengembangan bioenergi dan <i>sustainable agriculture</i> di	Data produksi pertanian per wilayah	BPS	Deskriptif	Lokasi strategis

Kabupaten Tapin.

3	Menganalisis biomassa yang berpotensi untuk pengembangan bioenergi dan menunjang <i>sustainable agriculture</i> di Kabupaten Tapin.	Data jumlah ketersediaan biomassa	Data primer	Studi Literatur	Jenis bioenergi yang akan dikembangkan beserta lokasinya
4	Mendesain dan merancang alat untuk pengolahan bioenergi dan menunjang <i>sustainable agriculture</i> di Kabupaten Tapin	Data bahan baku biomassa yang tersedia	Data primer	Autocad	Desain dan Alat pengolahan bioenergi dan integrasi <i>sustainable agriculture</i>
5	Mengaplikasikan bioenergi yang dihasilkan untuk masyarakat sekitar lokasi pengolahan biomassa dan mengintegrasikan dengan konsep <i>sustainable agriculture</i> di Kabupaten Tapin	Data hasil perhitungan kapasitas	Hasil analisis 3,4 dan data hasil wawancara	Kajian efisiensi	Bioenergi yang bisa dimanfaatkan dan diintegrasikan dengan konsep <i>sustainable agriculture</i>

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Identifikasi Biomassa

Biomassa adalah material yang berasal dari organisme hidup yang meliputi tumbuh-tumbuhan, hewan dan produk sampingnya seperti sampah kebun, sisa hasil panen, limbah industri rumah tangga, atau sisa kotoran ternak. Identifikasi Biomassa yang tersedia di Kabupaten Tapin dapat dilihat dari data potensi produksi pertanian, perkebunan, dan peternakan. Proses identifikasi dilakukan dengan mengumpulkan data dari Dinas Pertanian, Tanaman Pangan, dan Hortikultura, Dinas Peternakan dan Perkebunan, Dinas Kehutanan dan Perkebunan serta Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Tapin.

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa hasil pertanian, perkebunan, perikanan dan peternakan terbesar di Kabupaten Tapin adalah tanaman padi dengan jumlah produksi sebesar 417.448 ton untuk padi sawah dan 13.494 ton untuk padi ladang, sapi dengan jumlah produksi sebesar 7.486 ekor dan kambing 4.850 ekor, dan tanaman kelapa sawit sebesar 57.066,55 ton (Dinas Pertanian, 2020).

Biomassa yang dapat dimanfaatkan dari tanam padi adalah jerami dan sekam. Jerami padi seperti yang terlihat pada Gambar 1 merupakan salah satu limbah pertanian di Indonesia yang pemanfaatannya belum maksimal. Jerami adalah tanaman padi yang telah diambil buahnya (gabahnya), sehingga tinggal batang dan daunnya yang merupakan limbah pertanian terbesar serta belum sepenuhnya dimanfaatkan karena adanya faktor teknis dan ekonomis. Pada sebagian petani, jerami sering digunakan sebagai penutup tanah pada saat menanam palawija. Berdasarkan kebiasaan petani di lapangan, jerami dari sisa panen padi sebagian besar dibakar langsung di lahan dengan tujuan mempercepat persiapan lahan untuk masa tanam berikutnya. Pembakaran jerami secara terus-menerus di lahan pertanian dapat menyebabkan meningkatnya suhu udara di permukaan tanah serta menyebabkan polusi udara sehingga dapat memusnahkan mikroorganisme yang berguna dalam proses biologis tanah, seperti perombak bahan organik tanah sehingga berdampak pada

menurunnya kadar bahan organik dalam tanah. Maka dari itu, solusi yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan jerami padi untuk diolah menjadi bahan pembuat bioenergy berupa biogas.



Gambar 1. Jerami Padi

Dalam proses penggilingan padi menjadi beras, ada produk-produk sampingan yang berupa limbah yang bila dibiarkan atau dikelola secara kurang bijaksana akan merugikan manusia karena terjadinya pencemaran lingkungan ekosistem tersebut dan juga pencemaran udara akibat pembakaran limbah tersebut. Limbah dalam proses penggilingan padi yang terbesar adalah sekam padi, biasanya diperoleh sekam sekitar 20 ± 30 % dari bobot gabah, hasil lainnya dedak antara 8 ± 12 %. Sekam dengan persentase yang tinggi tersebut dapat menimbulkan problem lingkungan. Agar sumber daya alam dapat bermanfaat dalam waktu yang panjang maka diperlukan kebijaksanaan dalam pemanfaatan sumber daya alam yang ada agar dapat lestari dan berkelanjutan dengan menanamkan sikap serasi dengan lingkungan.

Sekam padi seperti yang terlihat pada Gambar 2 memiliki potensi yang besar untuk dijadikan bahan baku pembuatan biogas karena memiliki kandungan air sebanyak 9% dan menjadikannya terdiri dari jaringan yang berongga, mempunyai energi yang tinggi, terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi sangat besar dalam menghasilkan produksi gas (Malik, 2006).



Gambar 2. Sekam padi

Sumber biomassa berikutnya yang berpotensi di Kabupaten Tapin adalah biomassa yang berasal dari sapi yaitu kotoran sapi. Sapi dengan berat $\pm$ 300-500 kg menghasilkan 30 – 40 kg feses per hari (Setiyo, 2012). Jumlah ini sangat banyak jika tidak dimanfaatkan secara optimal, karena kotoran sapi memiliki kandungan kimia berupa nitrogen 0.4 - 1 %, phosphor 0,2 - 0,5 %, kalium 0,1 – 1,5 %, kadar air 85 – 92 %, dan beberapa unsur-unsur lain (Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn) (Dewi et al, 2017).

Biomassa berikutnya yang ada di Kabupaten Tapin adalah biomassa yang berasal dari tanaman sawit (Gambar 3) seperti tandan buah kosong, serat buah, cangkang, batang pohon, pelepah serta *Palm Oil Mill Effluent* (POME) atau limbah cair kelapa sawit. Dari semua biomassa sawit yang ada, sebanyak 70% merupakan pelepah pohon sawit, sedangkan tandan buah kosong mencapai 10% dan batang sawit mencapai 5%.



Gambar 3. Biomassa tanaman kelapa sawit

Berdasarkan hasil uraian di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa biomassa yang ada di Kabupaten Tapin adalah yang berasal dari padi (jerami dan sekam), sapi (kotoran

sapi), kelapa sawit (pelepah sawit, tandan buah kosong, dan batang sawit).

4.2. Identifikasi Lokasi Strategis

Identifikasi lokasi strategis untuk pengembangan biomassa pertanian menjadi bioenergi dan menunjang *sustainable agriculture* dilakukan dengan analisis berdasarkan data sekunder mengenai wilayah terbanyak penghasil tanaman padi, sapi, kelapa sawit dan tanaman pertanian lainnya yang ada di Kabupaten Tapin.

Identifikasi mengenai lokasi/wilayah yang memiliki produktivitas tinggi untuk tanaman padi sawah adalah kecamatan bungur yaitu 61,74 toh/hektar, kecamatan Tapin Selatan 55,73 ton/ha, dan kecamatan Tapin Tengah 55,72 ton/ha (Dinas Pertanian Kabupaten Tapin, 2020). Penghasil sapi terbanyak di Kabupaten Tapin adalah Kecamatan Hatungan yaitu sebesar 1.792 ekor, Kecamatan Tapin Tengah sebesar 1.490 ekor dan Kecamatan Binuang sebesar 1.455 ekor. Lokasi/wilayah yang menghasilkan kelapa sawit terbesar adalah Kecamatan Candi Laras Utara sebesar 218.056,81 ton/tahun, Kecamatan Tapin Tengah sebesar 94.585,95 ton/tahun, dan Kecamatan Binuang sebesar 57.066,55 ton/tahun.

Adapun wilayah penghasil tanaman cabai rawit terbesar sebagai hasil tanaman sayuran dan buah-buahan semusim menurut jenis tanaman pada tahun 2020 yang terbesar di Kabupaten Tapin adalah wilayah Kecamatan Tapin Tengah yaitu sebesar 187,25 ton/tahun, kecamatan Piani sebesar 64,44 ton/tahun, dan Kecamatan Candi Laras Selatan sebesar 47,89 ton/tahun (Dinas Pertanian Kabupaten Tapin, 2020).

Berdasarkan data yang telah didapatkan pada tahap identifikasi penentuan lokasi strategis, maka dapat dilakukan pengolahan data perhitungan persentase potensi masing-masing wilayah kecamatan terhadap sumber potensi biomassa dan penerapan *sustainable agriculture* seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan persentase potensi sumber biomassa dan penerapan *sustainable agriculture*

No	Sumber potensi biomassa dan penerapan <i>sustainable agriculture</i>	Lokasi Kecamatan	Persentase
1.	Padi Sawah	Kec. Bungur	35,64%
		Kec. Tapin Selatan	32,18%
		Kec. Tapin Tengah	32,17%
2.	Sapi	Kec. Hatungan	37,83%
		Kec. Tapin Tengah	31,45%
		Kec. Binuang	30,71
3.	Kelapa Sawit	Kec. Candi Laras Utara	58,98%
		Kec. Tapin Tengah	25,58%
		Kec. Binuang	15,43%
4.	Cabai rawit	Kec. Tapin Tengah	62,50%
		Kec. Piani	21,51%
		Kec. Candi Laras Selatan	15,98%

Sumber: pengolahan data dari data sekunder Dinas Pertanian Kab. Tapin 2020

Berdasarkan data pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa Kecamatan yang memiliki semua potensi terbesar untuk pemanfaatan biomassa dari berbagai sumber dan menunjang *sustainable agriculture* adalah Kecamatan Tapin Tengah yang menghasilkan padi sawah sebesar 32,17%, Sapi sebesar 31,45%, kelapa sawit sebesar 25,58% dan cabai rawit sebesar 62,50% dari seluruh wilayah di Kabupaten Tapin, sehingga untuk lokasi strategis untuk pengembangan limbah biomassa menjadi bioenergi dan menunjang *sustainable agriculture* adalah Kecamatan Tapin Tengah.

Berdasarkan hasil tersebut, maka dilanjutkan dengan melakukan peninjauan beberapa desa yang berada di Kecamatan Tapin Tengah untuk memilih lokasi desa strategis untuk mengembangkan biomassa pertanian menjadi bioenergi dan *sustainable agriculture*. Hasil identifikasi yang dilakukan melalui diskusi dengan pihak Petugas Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) Kecamatan Tapin Tengah menunjukkan bahwa Desa Sungai Bahalang, Kecamatan Tapin Tengah Kabupaten Tapin merupakan lokasi strategis untuk pengembangan biomassa pertanian menjadi bioenergi dan menunjang *sustainable agriculture* karena pada desa ini menghasilkan seluruh sumber biomassa seperti tanaman padi, sapi, kelapa sawit dan tanaman cabai rawit yang dapat menjadi objek dari penerapan *sustainable agriculture*.

4.3. Analisis Biomassa yang Berpotensi untuk Dikembangkan

Berdasarkan hasil identifikasi awal untuk melihat jenis-jenis biomassa yang bisa dikembangkan menjadi bioenergi dan *sustainable agriculture* di Kabupaten Tapin, didapatkan bahwa sumber biomassa bisa dari tanaman padi (jerami dan sekam), sapi (kotoran sapi), dan kelapa sawit (pelepah sawit, tandan buah kosong, dan batang sawit).

Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan terhadap kelebihan dan kekurangan jenis biomassa tersebut jika dimanfaatkan sebagai sumber bioenergi menghasilkan biogas dengan menggunakan studi literatur. Adapun analisis kelebihan dan kekurangan masing-masing jenis biomassa dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Kelebihan dan Kekurangan jenis-jenis biomassa

No	Jenis Biomassa	Kandungan	Kelebihan dan Kekurangan	Sumber
1	Jerami padi	84,22% bahan kering (BK), 4,60% protein kasar (PK), 28,86% serat kasar (SK), 1,52% lemak kasar (LK), 50,80% bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN).	Kelebihan: Potensi yang sangat besar belum termanfaatkan. Kekurangan : Perlu dilakukan perlakuan awal berupa fermentasi untuk menghasilkan bioenergi berupa biogas atau bioetanol.	Setiarto (2013)
2	Sekam padi	Kandungan kimia sekam padi terdiri atas 50 % selulosa, 25 – 30 % lignin, dan 15 – 20 % silika.	Kelebihan: Potensi yang sangat besar belum termanfaatkan. Kekurangan : memiliki kandungan silika sehingga lebih berpotensi jika dikembangkan sebagai pupuk atau bahan komposit.	Bakri (2008)
3	Kotoran sapi	Gas methan 65,7%	Kelebihan: Potensi yang sangat besar belum termanfaatkan, bisa	Dharma dan Riduan (2014)

			langsung digunakan, memiliki kandungan gas metana yang tinggi. Kekurangan: -	
4	Pelepah sawit	Bahan kering 48,78%, protein kasar 5,3%, hemiselulosa 21,1%, selulosa 27,9%, serat kasar 31,09%, abu 4,48%, BETN 51,87%, lignin 16,9% dan silika 0,6% (Imsya, 2007).	Kelebihan: Potensi yang sangat besar belum termanfaatkan Kekurangan: untuk hasil optimal perlu dilakukan perlakuan fermentasi terlebih dahulu dengan waktu yang cukup lama dan memerlukan tempat yang besar.	Imsya (2007)
5	Tandan buah kosong	Sellulosa sekitar 45.95%; hemiselulosa sekitar 16.49% dan lignin sekitar 22.84%	Kelebihan: Potensi yang sangat besar belum termanfaatkan Kekurangan: untuk hasil optimal perlu dilakukan perlakuan fermentasi terlebih dahulu dengan waktu yang cukup lama dan memerlukan tempat yang besar.	Imsya (2007)
6	Batang Sawit	Air 10,65 (%), Protein (%bk), 0,96 0,75 1,21 Lemak (%bk) 0,37 0,23 0,33 Abu (%bk) 0,68 0,1 0,18 Karbohidrat by difference (%bk), Serat(%bk), Pati (%bk), Amilosa (% total pati), Amilopektin (% total pati)	Kelebihan: Potensi yang sangat besar belum termanfaatkan Kekurangan: untuk hasil optimal perlu dilakukan perlakuan fermentasi terlebih dahulu dengan waktu yang cukup lama dan memerlukan tempat yang cukup besar.	Imsya (2007)

Berdasarkan hasil analisis kelebihan dan kekurangan potensi biomassa yang bisa dimanfaatkan sebagai bioenergi dan *sustainable agriculture* seperti yang disajikan pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa biomassa paling berpotensi untuk dikembangkan adalah biomassa kotoran sapi dan jerami padi.

4.4. Desain dan Rancangan Alat Bioenergi dan *Sustainable Agriculture*

Tahapan yang dilakukan pada desain dan rancangan alat bioenergi dan *sustainable agriculture* dilakukan berdasarkan langkah penelitian yang dilakukan oleh Putra, *et al* (2014) yaitu dimulai dari studi karakterisasi dan desain reaktor biogas kemudian analisis perancangan (rancangan fungsional, rancangan struktural, dan gambar desain alat).

Analisis Desain Rancangan Struktural

1. Perhitungan volume digester

$$\begin{aligned} V &= \pi r^2 t \\ &= 3,14 \times 0,52^2 \times 1,4 \\ &= 1,1886784 \text{ m}^3 \\ &= 1188,6784 \text{ lt} \approx 1200 \text{ lt} \end{aligned}$$

2. Banyaknya biomassa dan air yang dibutuhkan

Perbandingan bahan limbah dengan air yang dimasukkan dalam tabung reaktor adalah 1:2. Pengisian tabung reaktor hanya $\frac{3}{4}$ campuran bahan dari volume tabung tersebut. Hal ini untuk memberikan ruang untuk gas yang dihasilkan dari proses pembentukan gas tersebut. Oleh karena itu volume campuran air dan bahan limbah maksimum yang bisa diisi dalam tabung reaktor tersebut adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{tabung}} &= \frac{3}{4} \times 1188,6784 \\ &= 891,5088 \text{ lt} \approx 900 \text{ lt} \end{aligned}$$

3. Manometer

Manometer adalah alat ukur untuk mengukur tekanan. Manometer dibuat dengan prinsip pipa U dengan fluida air yang diberi zat warna untuk mengetahui tekanan biogas yang dihasilkan selama proses berlangsung dalam satuan atm. Bila manometer diberi

tekanan gas dalam salah satu kolom, maka air di kolom lainnya akan naik hingga mencapai tekanan tertentu. Perbedaan ketinggian ini di kedua kolom dinyatakan dengan nilai (h).

4. Tekanan

Tekanan dihitung dengan menggunakan Hukum Boyle seperti rumus di bawah

(Rohyami, 2012):

$$P = \frac{p \cdot g \cdot h}{A} + \text{tekanan atmosfer}$$

Keterangan :

P = Tekanan absolut (N/m²)

p = densitas zat cair (kg/m³) = 1000 kg/m³

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

h = Perbedaan ketinggian kolom zat cair yang digunakan (m)

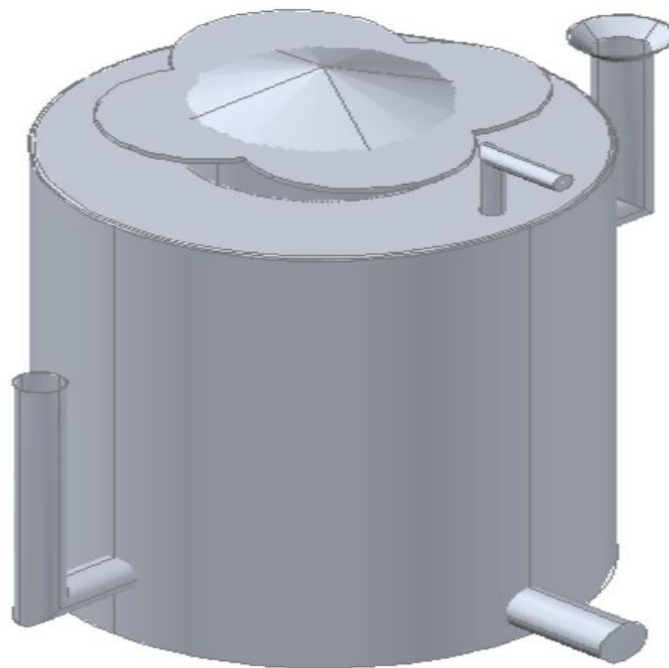
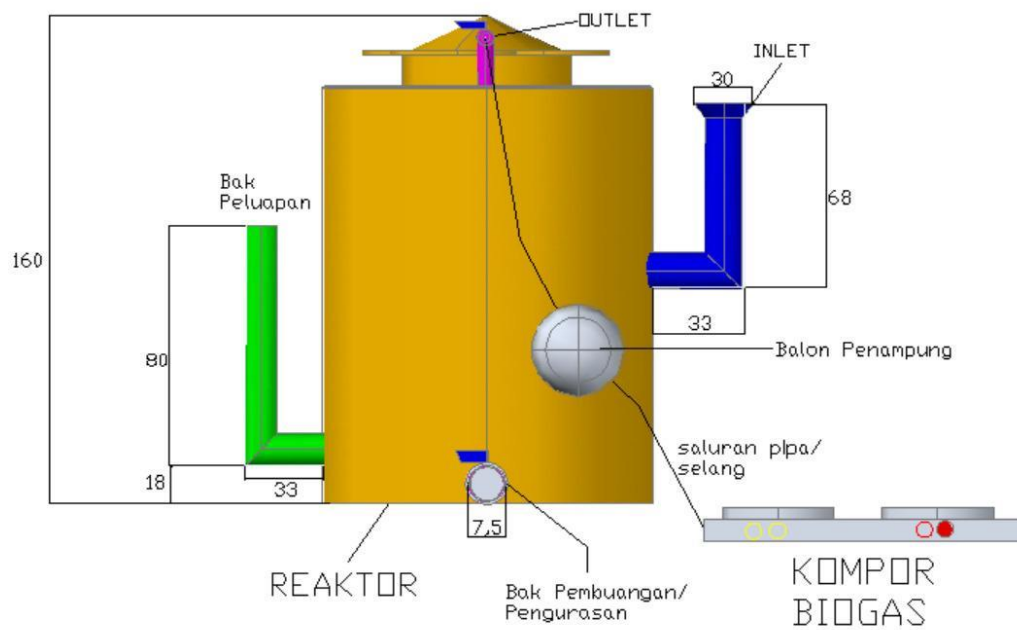
A = luas penampang (m²)

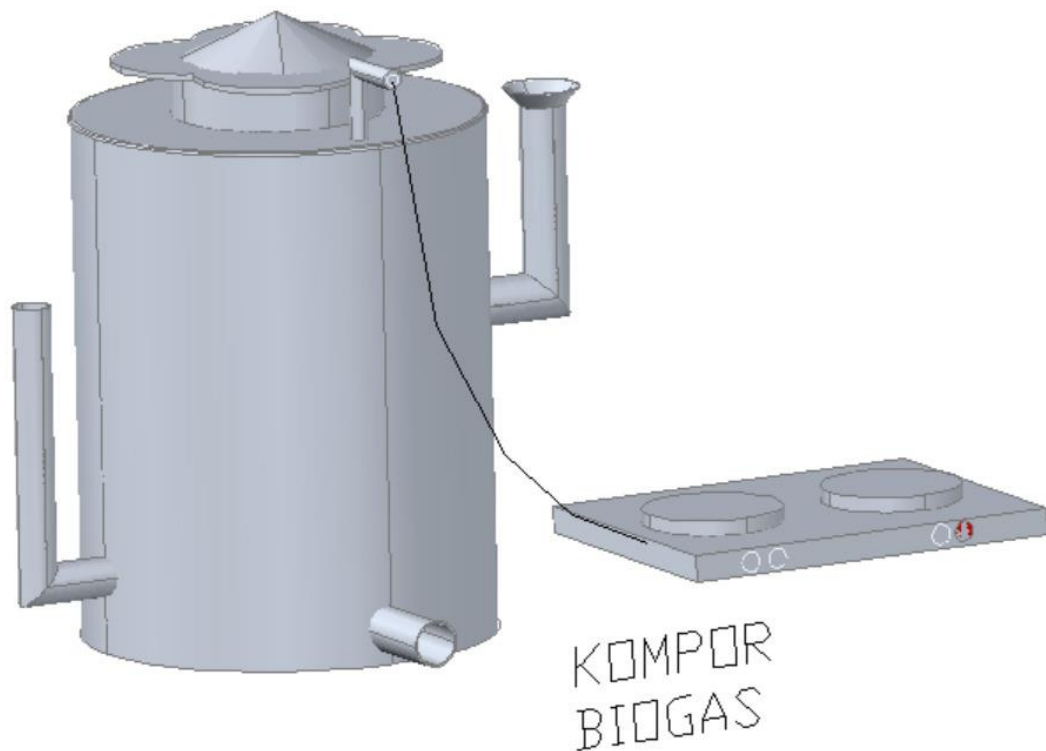
1 atm = 101.325 N/m²

1 N/m² = 9,869 x 10⁻⁶ atm

Analisis Desain Rancangan

Jenis reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor berbahan *fiber glass*. Keuntungan dari reaktor ini adalah sangat efisien karena sangat kedap, ringan dan kuat. Jika terjadi kebocoran mudah diperbaiki atau dibentuk kembali seperti semula, dan yang lebih efisiennya adalah reaktor dapat dipindahkan sewaktu-waktu jika tidak digunakan beberapa waktu. Adapun desain rancangan biogas dapat dilihat pada Gambar 4.





Gambar 4. Desain alat biogas

Tabung reaktor/digester merupakan tempat pencernaan material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana. Rancangan desain reaktor ini berbentuk drum/ tangki air dengan diameter 104 cm dengan ketinggian 140 cm.

Temperatur Biodigester

Temperatur yang tinggi umumnya akan memberikan produksi biogas yang baik. Namun suhu tersebut sebaiknya tidak boleh melebihi suhu kamar. Bakteri ini hanya dapat berkembang bila suhu disekitarnya berada pada suhu kamar. Suhu yang baik untuk proses pembentukan biogas berkisar antara 20-40°C dan suhu optimum antara 28-30°C.

Temperatur selama proses berlangsung sangat penting karena hal ini berkaitan dengan kemampuan hidup bakteri pemroses biogas, yaitu berkisar 27°C-28°C. Dengan temperatur itu, proses pembuatan biogas akan berjalan sesuai dengan waktunya. Tetapi berbeda bila temperatur terlalu rendah (dingin), maka waktu untuk membentuk biogas akan lebih lama (Paimin, 2000). Dari hasil penelitian diperoleh temperatur dalam biodigester

cenderung stabil dengan rata-rata suhu 31,15°C dengan suhu maksimal 32,11°C dan suhu minimum 29,49°C. Suhu lingkungan diperoleh berkisar 30,59°C dengan suhu maksimal 32°C dan suhu minimum 26°C.

4.5. Aplikasi Bioenergi dan *Sustainable Agriculture*

Tekanan Biogas

Tekanan biogas selama fermentasi cenderung mengalami perubahan yaitu mengalami kenaikan dan penurunan.

$$\begin{aligned} P &= \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,5 \text{ m}}{0,794 \text{ m}^2} + 101,325 \text{ N/m}^2 \\ &= 12,43 \text{ atm} \end{aligned}$$

Keterangan :

P = Tekanan absolut (N/m²)

p = densitas zat cair (kg/m³) = 1000 kg/m³

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

h = Perbedaan ketinggian kolom zat cair yang digunakan (m)

1 atm = 101.325 N/m²

1 N/m² = 9,869 x 10⁻³ atm

Tekanan biogas yang semakin besar mengindikasikan bahwa biogas yang dihasilkan juga semakin banyak (Insani, 2013). Hal ini sesuai dengan pernyataan Hadi (1981) yang menyatakan bahwa peningkatan penambahan waktu fermentasi dari 10 hari hingga 30 hari meningkatkan produksi biogas sebesar 50%. Hasil penelitian ini menunjukkan tekanan yang dihasilkan oleh biogas ini sudah mampu digunakan untuk menyalakan api dalam kompor gas.

PH

Kisaran pH optimal untuk produksi metan adalah 7,0 sampai 7,2, tetapi pada kisaran 6,8 sampai 8,0 masih diperbolehkan (Sitorus, 2011). Nilai pH dalam penelitian ini rata-rata 6,98 sehingga nilai pH dalam reaktor biogas dapat dikatakan cukup baik untuk produksi gas metan.

Dalam bioreaktor, terdapat dua bakteri yang berperan, yaitu bakteri asam dan bakteri metan. Kedua jenis bakteri ini harus eksis dalam jumlah yang seimbang. Kegagalan proses pembuatan biogas dapat dikarenakan oleh tidak seimbangnya populasi bakteri metan terhadap bakteri asam yang menyebabkan lingkungan menjadi sangat asam (pH kurang dari 7) yang selanjutnya menghambat kelangsungan hidup bakteri metan. Keasaman substrat yang dianjurkan berada pada rentang pH 6.5 sampai 8 (Sitorus, 2011).

Volume Biogas

Volume biogas yang dihasilkan dalam satu kali penampungan proses fermentasi saat awal percobaan dapat dihitung dari volume balon plastik yang digunakan dengan rincian perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Diameter} &= 60\text{cm} = 0,6 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \\ \text{Volume} &= \frac{1}{3} \cdot r^2 \cdot t \\ &= 3,14 \times 0,3\text{kuadrat} \times 1 \\ &= 0,2826 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dalam satu hari dapat dilakukan penampungan sampai dengan 3 balon, sehingga volume biogas yang dapat dihasilkan perhari adalah $3 \times 0,2826 \text{ m}^3 = 0,8478 \text{ m}^3$.

Lama Nyala Api

Lama nyala api diperoleh dari pengujian api pada kompor biogas. Pengujian dilakukan pada saat volume gas mencapai maksimum yaitu 0,2826 m³. Nyala api dalam penelitian ini diuji coba menggunakan nyala api besar. Pada nyala api besar didapatkan hasil, dimana untuk memanaskan 600 ml air sampai gas dalam drum penampung habis, dibutuhkan waktu 6 menit, dengan sisa massa air sebesar 593 ml dengan suhu 92oC. Dari hasil uji nyoba nyala api besar ternyata waktu yang diperlukan untuk memanaskan air sangat singkat, selain itu warna nyala api besar masih campuran warna biru dan kuning, hal ini disebabkan pada awal pembakaran masih banyak kandungan gas selain metana.

Aplikasi Penggunaan Alat Biogas

Alat biogas digunakan dengan memasukkan umpan (berupa limbah biomassa) dan air dengan perbandingan 1:2 pada bagian lubang inlet seperti yang terlihat pada Gambar 5 dengan volume kurang lebih 900 liter.



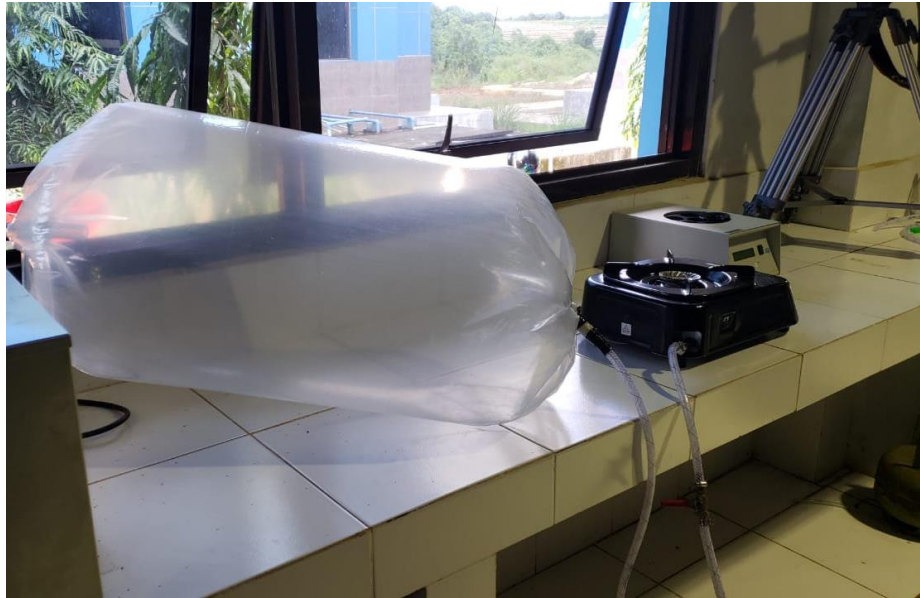
Gambar 5. Lubang inlet

Setelah umpan dimasukan, dilanjutkan dengan proses fermentasi anaerobik selama 21 hari agar mencapai hasil yang optimal. Kemudian setelah 21 hari, dilakukan pengeluaran gas melalui lubang outlet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 dengan membuka keran yang ada pada alat untuk dihubungkan melalui selang ke kantong plastik penampung gas. Setelah plastik penampung penuh seperti yang terlihat pada Gambar 7, gas yang dihasilkan bisa langsung digunakan dengan menghubungkan pada kompor gas yang telah dimodifikasi khusus untuk biogas yang ditunjukkan pada Gambar 8. Pengaturan besar kecil ukuran api dilakukan dengan buka tutup keran yang ada pada sambungan selang dari plastik penampung ke kompor gas.



Gambar 6. Lubang outlet

Lubang outlet seperti yang terlihat pada Gambar 6 merupakan tempat keluarnya gas metan yang diperlukan untuk menyalakan kompor. Pada outlet ini terdapat kran yang berfungsi untuk mengeluarkan dan menutup gas yang dihasilkan dari tabung reaktor. Selanjutnya gas yang keluar dari lubang outlet akan disalurkan ke balon penampung yang fungsinya menampung gas metan dari tabung reaktor. Balon ini akan membesar sesuai dengan besaran gas yang keluar dari tabung reaktor. Gas inilah yang akan dialirkan ke kompor biogas untuk dimanfaatkan masyarakat sebagai pengganti gas LPG.



Gambar 7. Plastik penampung gas



Gambar 8. Kompor gas

Setelah biodigester tidak menghasilkan gas, isi dari biodigester bisa dikeluarkan atau dikuras melalui lubang pembuangan/pengurasan seperti yang terlihat pada Gambar 9. Lubang pembuangan/pengurasan ini berfungsi sebagai pembuangan campuran limbah yang ada dalam tabung reaktor karena bahan tersebut sudah tidak menghasilkan gas metan. Bahan buangan ini dapat dijadikan sebagai pupuk organik. Limbah padat sangat baik untuk pupuk karena pemrosesan pupuk lebih sempurna dari pada pupuk kandang yang ditumpuk di tempat terbuka. Pupuk yang dihasilkan dari digester ini juga dapat berfungsi

memperbaiki struktur tanah sehingga menjadi gembur dan mempunyai daya pengikat air yang tinggi. Limbah cair dapat pula dimanfaatkan untuk menyiram tanaman karena mengandung unsur hara yang dibutuhkan tanaman sehingga dapat menunjang adanya *sustainable agriculture* di lokasi tempat pengolahan biogas.



Gambar 9. Pipa pembuangan /pengurasan

Kemudian sisi seberang dari lubang inlet adalah bak/ lubang peluapan yang berfungsi untuk mengetahui jumlah isi bahan yang dimasukkan dalam tabung reaktor sudah memenuhi $\frac{3}{4}$ tabung reaktor. Jika isi bahan melebihi $\frac{3}{4}$ tabung reaktor maka isi bahan akan keluar melalui bak/ lubang peluapan (Gambar 10) sehingga didalam tabung reaktor selalu ada ruang udara untuk pembentukan gas metan. Sebelum dilakukan pengisian bahan kembali, bahan yang ada dalam tabung reaktor harus dilakukan pembuangan terlebih dahulu agar isi bahan yang ada didalam tabung reaktor tidak meluap melalui bak/ lubang peluapan.



Gambar 10. Bak/Lubang Pembuangan

Rincian Biaya Pembuatan Alat Biogas

Rincian biaya untuk pembuatan 1 alat biogas yang telah dirancang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rincian Biaya Pembuatan Alat

No	Nama Alat/ Bahan	Jumlah (buah)	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Tandon air ukuran 1200L	1	1.600.000	1.600.000
2.	Siku ukuran 4x4	3	250.000	750.000
3.	Sirip 5 cm	3	275.000	825.000
4.	Strip 1 inchi	1	100.000	100.000
5.	Ring 10	60	200	12.000
6.	Baut 10x2	30	500	15.000
7.	Kran ¼ stop	1	50.000	50.000
8.	Lem botol	1	35.000	35.000
9.	Regulator gas LPG	1	85.000	85.000
10.	Baut 12x3	20	9.000	180.000
11.	Ring	40	200	8.000



12.	Sok	2	2.500	5.000
13.	Stop kran 2"	1	100.000	100.000
14.	Stop kran ½"	1	20.000	20.000
15.	DL 2"	1	10.000	10.000
16.	DD 2"	1	10.000	10.000
17.	Lem pipa	5	10.000	50.000
18.	Keni 4"	2	15.000	30.000
19.	Karpet polos	1	100.000	100.000
20.	Plastik	5	10.000	50.000
21.	Selang	5	8.000	40.000
22.	Corong	1	15.000	15.000
23.	Baut	20	2.500	50.000
24.	Kran RB	1	155.000	155.000
25.	Keni sok	1	15.000	15.000
26.	Pipa ALM	2	187.500	375.000
27.	Kompore Gas	1	215.000	215.000

BAB 5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil identifikasi sumber biomassa yang ada di Kabupaten Tapin adalah limbah tanaman padi (jerami dan sekam), sapi (kotoran sapi), dan kelapa sawit (batang, daun dan tandan kosong kelapa sawit).
2. Lokasi strategis pengembangan adalah wilayah Kecamatan Tapin Tengah, yaitu Desa Sungai Bahalang.
3. Limbah biomassa pertanian yang berpotensi dikembangkan untuk menjadi bioenergi di Kabupaten Tapin adalah limbah kotoran sapi dan jerami padi.
4. Desain dan rancangan alat pengolahan bioenergi (biogas) menggunakan drum berbahan *fiber glass*, yang dapat menampung biomassa untuk difermentasi sebesar 900 liter dengan lama waktu fermentasi optimal selama 21 hari, tekanan yang dihasilkan sebesar 12,43 atm, dan volume yang dihasilkan 0,8478m³ per hari.
5. Bioenergi yang dihasilkan berupa biogas dapat dimanfaatkan untuk menjadi bahan bakar dalam proses memasak untuk 600 ml air selama 6 menit (per 100ml = 1 menit). Limbah padat hasil fermentasi biogas dapat digunakan untuk pupuk pada tanaman seperti cabai rawit d atau memperbaiki permukaan tanah pada tanaman sehingga menunjang *sustainable agriculture*.

5.2. Rekomendasi

1. Dinas Lingkungan Hidup: memanfaatkan limbah jerami padi, sekam padi dan kotoran sapi dapat dijadikan sebagai program inovasi untuk pengendalian pencemaran tanah dan air pada khususnya dan pencemaran lingkungan pada umumnya.
2. Dinas Pertanian: kajian lebih lanjut terkait volume gas dari berbagai macam jenis biomassa limbah pertanian dan peternakan terutama jenis bahan yang memerlukan

tahap perlakuan awal (fermentasi) dan kajian pemanfaatan limbah padat sisa proses pembuatan biogas menjadi pupuk cair/organik dengan tingkat efektivitas dan efisiensi unsur hara tanah terhadap struktur dan tekstur tanah dengan konsep *sustainable agriculture*.

3. Dinas Pemberdayaan Masyarakat Desa: membuat program inovasi desa dalam pengembangan bioenergi sebagai pengganti gas elpiji dengan memanfaatkan limbah pertanian dan peternakan sesuai potensi daerah masing-masing desa di Kabupaten Tapin.
4. Kepala Badan Penanggulangan Bencana Daerah: membuat program penanggulangan bencana terutama terkait kebakaran lahan untuk tidak membakar limbah pertanian seperti jerami padi, sekam padi dan limbah pertanian lainnya lebih baik dimanfaatkan sebagai biomassa dalam pengembangan bioenergi menjadi biogas.
5. Kepala BPP Kecamatan Tapin Tengah: Mengembangkan potensi dan hasil identifikasi sumber biomassa dalam pengelolaan limbah pertanian yang ada di Kecamatan Tapin Tengah seperti jerami padi, sekam padi, batang, daun, dan tandan kosong kelapa sawit dan limbah pertanian lainnya dapat dioptimalkan pemanfaatannya sebagai sumber bioenergi berupa biogas atau bioetanol dengan proses fermentasi.
6. Kepala Desa Sungai Bahalang: memasukkan umpan/input biomassa setiap hari ke dalam digester biogas agar tekanan gas metan selalu tersedia dan dapat digunakan secara terus menerus dan biomassa yang dijadikan umpan/input sebaiknya dilakukan pengecilan ukuran terlebih dahulu agar tidak terjadi penyumbatan pada alat sehingga proses pembentukan gas metan dapat berjalan secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [ADB] Asian Development Bank (ADB). 2009. Energy outlook for Asia and the Pacific. ADB, Manila.
- [BPPT] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2016. Outlook energi Indonesia 2016: pengembangan energi untuk mendukung industri hijau. Pusat Teknologi Sumber Daya Energi dan Industri Kimia, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Agustian A, Friyatno S, Hardono GS, Askin A, Gunawan E. 2015. Kajian Kebijakan Pengembangan Bioenergi di Sektor Pertanian (Lanjutan). Laporan Akhir TA 2015. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Al Saedi, T. dkk. 2008. Biogas Handbook. Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg.
- Anonim. Biomassa untuk energi
<http://web.ipb.ac.id/~tepfeta/elearning/media/Energi%20dan%20Listrik%20Pertanian/MATERI%20WEB%20ELP/Bab%20III%20BIOMASSA/indexBIOMASSA.htm>. Diakses tanggal 28 April 2021.
- Anonim. Optimalisasi Pemanfaatan Biomassa Pengganti Batubara. 2020. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/06/11/2556/optimalisasi.pemanfaatan.biomassa.pengganti.batubara>. Diakses tanggal 28 April 2021.
- Araujo K. 2014. The emerging field of energy transitions: progress, challenges, and opportunities. Energi Res Soc Sci, <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2014.03.002>.
- Bakri. 2008. Komponen Kimia dan Fisik Abu Sekam Padi Sebagai SCM untuk Pembuatan Komposit Semen. Jurnal Perennial 5 (1), 9-14.
- BPS Kabupaten Tapin. 2021. Kabupaten Tapin Dalam Angka.
- Brklacich, M., Bryant, C.R. and Smith, B. 1991. Review and Appraisal of Concept of Sustainable Food Production System. Environment Management, 15(1), 1-14.
- Conway, G.R. 1985. Agroecosystem Analysis for Research and Development. Winrock International, Bangkok, Thailand.
- Dharma, U.S., dan Ridhuan, Kms. 2014. Kajian Potensi Sumber Energi Biogas dari Kotoran Ternak untuk Bahan Bakar Alternatif di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah. TURBO. 3 (2) 34-41.
- Dutu R. 2016. Challenges and policies in Indonesia's energy sector. Energi Policy 98:513-519.
- Ghosh, P., Shah, G., Chandra, R., Sahota, S., Kumar, H., Vijay, V. K., Thakur, I. S. (2019). Assessment of methane emissions and energy recovery potential from the municipal

- solid waste landfills of Delhi, India. *Bioresource Technology*. 272, 611–615, DOI: 10.1016/j.biortech.2018.10.069
- Ghosh, P., Kumar, M., Kapoor, R., Kumar, S. S., Singh, L., Vijay, V., Vijay, V. K., Kumar, V., Thakur, I. S. (2020). Enhanced biogas production from municipal solid waste via co-digestion with sewage sludge and metabolic pathway analysis. *Bioresource Technology*. 296, 122275. DOI: 10.1016/j.biortech.2019.122275
- Hamblin, A. 1992. How do we Know When Agriculture Systems are Sustainable? In *Environmental Indicators for Sustainable Agriculture*. Report of a National workshop, 28-28 November 1991. Grains Research Corporation, Canberra, Australia. P. 90.
- Hansen, J.W. 1996. Is Agriculture Sustainability a Useful Concept? *Agriculture System*. Elsevier Applied Science. Ed. Dent J.B and J.W. Jones.
- Ma, Y., Shen, Y., Liu, Y. 2020. Food Waste to Biofertilizer: A Potential Game Changer of Global Circular Agricultural Economy. *J. Agric. Food Chem*. 68, 5021–5023, DOI: 10.1021/acs.jafc.0c02210
- Ma, Y., Yin, Y., Liu, Y. 2017. A holistic approach for food waste management towards zero solid disposal and energy/resource recovery. *Bioresource Technology*. 228, 56–61, DOI: 10.1016/j.biortech.2016.12.090
- McBride AC, Dale VH, Baskaran LM, Downing ME, Eaton LM, Efroymsen RA, Garten Jr CT, Kline KL, Jager HI, Mulholland PJ, Parish ES, Schweizer PE, Storey JM. 2011. Indicators to support environmental sustainability of bioenergy systems. *Ecological Indicators* 11, 1277-1289.
- Paimin. 2000. *Alat Pembuat Biogas dari Batu bata*. Jakarta: Penebar Swadaya, Cetakan ke-3.
- Putra, G.M.D, et al. 2017. Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable Dari Limbah Kotoran Ternak Sapi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. 5(1), 369-374.
- Rohyami. 2012. Hukum Gas ideal, <http://rohyami.staff.uui.ac.id/2012/05/07/gas/>, diakses 1 juli 2021.
- Sitorus. 2011. *Pemanfaatan Lumpur Selokan sebagai Bahan Baku Biogas dengan Metode Batch Feeding*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sedjo R A. 2011. *Carbon Neutrality and Bioenergy: A Zero Sum Game?* Discussion Paper. Resource for The Future. Washington D.C.
- Setiarto, R.H.B. 2013. Prospek dan Potensi Pemanfaatan Lignoselulosa Jerami Padi Menjadi Kompos, Silase, dan Biogas Melalui Fermentasi Mikroba. *Jurnal Selulosa*, Vol. 3, No. 2, Desember 2013 : 51 - 66.
- Sundari E., Ellyta S., dan Riko R. 2012. Pembuatan Pupuk organik Cair Menggunakan Bioaktivator biosca dan EM4. *Prosiding SNTK TOPI*.



**POLITEKNIK NEGERI
TANAH LAUT**