

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi dunia diperkirakan akan terus meningkat akibat dari adanya pertumbuhan populasi manusia dan perkembangan ekonomi secara global, apabila tidak ada implementasi kebijakan baru maka akan terjadi lonjakan sebesar 45% terhadap kebutuhan energi dibanding tahun 2011 (Song et al., 2012). Saat ini sumber energi yang paling banyak diminati dan menjadi penting sebagai penunjang kehidupan di Indonesia adalah minyak dan gas (Budiyono et al., 2018). Kedua jenis sumber energi tersebut terus meningkat namun akan mengalami penurunan tahun 2020, apabila standar lingkungan yang tinggi diterapkan maka kebutuhan energi tersebut hanya tumbuh sebesar 11% (KESDM, 2006). Kebutuhan energi pada sektor industri akan terjadi peningkatan sekitar 55% dari total kebutuhan energinya pada tahun 2025. Pada tahun yang sama, sektor industri akan membutuhkan batubara sebesar 53,71 juta ton dan gas alam sebesar 1.553 juta mmbtu (BPPT, 2014).

Dalam menghadapi isu krisis energi, pemerintah memiliki target dengan mengeluarkan Undang-Undang No 5 Tahun 2006 tentang penggunaan energi baru dan terbarukan. UU ini membahas upaya pemerintah dalam hal pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan. Pada tahun 2025 ditetapkan jumlah energi baru dan energi terbarukan sebesar 17% dari bauran energi nasional dimana saat ini hanya sebesar 5%. Pada visi baru yaitu visi 25/25, pemerintah meningkatkan target menjadi sebesar 25% akibat dari adanya teknologi yang terus berkembang dan ditemukannya potensi sumber daya alam (KESDM, 2006). Kegiatan ini merupakan bagian dari diversifikasi energi serta intensifikasi energi. Diversifikasi energi artinya mengeksplorasi sumber-sumber energi baru dan terbarukan sehingga memperoleh energi dengan jenis yang beraneka ragam dan salah satunya berupa energi biogas yang bersumber atau memanfaatkan biomassa, selanjutnya

untuk intensifikasi energi adalah kegiatan melakukan pemanfaatan energi baru secara terus menerus semaksimal mungkin.

Biogas merupakan energi yang dihasilkan oleh bahan organik yang difermentasi pada kondisi anaerob (Budiyono et al., 2013). Biogas diproduksi dari sumber energi yang dapat diperbarui (Seadi et al., 2008). Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan serta untuk pembangkit listrik dan panas (Radjaram & Saravanane, 2011). Biogas terdiri atas beberapa macam gas diantaranya adalah metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), dan karbon monoksida (CO), serta beberapa gas lain seperti N_2 , H_2 , NH_3 . Komposisi gas gas tersebut secara berurutan adalah 54–70%, 27–35%, 0–0,5%, <0,2%, dan 0–1% (Hilkiah Igoni et al., 2008).

Teknologi biogas sebenarnya bukan merupakan teknologi yang baru dan teknologi ini sudah dikembangkan di Indonesia beberapa puluh tahun yang lalu dan dinamakan dengan biogas generasi pertama. Implementasi teknologi produksi biogas dari limbah peternakan juga sudah dilakukan banyak peneliti dalam beberapa dekade ini. Namun produksi biogas dengan biodigester anaerobik berbahan baku limbah pertanian dengan kandungan lignoselulosa tinggi berbasis metode *Solid State Anaerobic Digestion* (SS-AD) atau dinamakan biogas generasi kedua dengan perlakuan awal metode fisika, kimiawi dan biologis dengan biokatalis bakteri rumen merupakan terobosan dan kebaruan dari penelitian ini.

Prospek pengembangan teknologi biogas ini sangat besar terutama di daerah pedesaan dimana sebagian besar masyarakat bekerja di bidang peternakan dan pertanian (Seadi et al., 2008). Teknologi produksi biogas, termasuk di dalamnya SS-AD dari biomassa limbah sekam padi harus memperhatikan beberapa parameter dan perlakuan pendahuluan yang tepat agar dapat dihasilkan biogas yang optimal. Dalam proses produksinya, biogas dari sekam padi menghasilkan zat samping berupa lumpur yang harus dianalisa lebih lanjut agar dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Penelitian terkait pengembangan teknologi biogas dengan judul “Model Penerapan Teknologi Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Limbah Sekam Padi” sangat diperlukan.

1.2. Identifikasi Masalah

Kegiatan pertanian tidak hanya sangat penting dari sudut pandang ekonomi tetapi juga menghasilkan limbah yang sangat potensial sebagai energi yang berkelanjutan seperti biogas (Chandra, Takeuchi, & Hasegawa, 2012). Ketersediaan bahan baku lignoselulosa yang melimpah di dunia membuat lignoselulosa menjadi bahan baku yang paling banyak diminati untuk produksi *biofuel* (Teghammar et al., 2012). Selain faktor ketersediaan lignoselulosa di alam, kandungan karbon yang banyak terdapat di dalam lignoselulosa menjadikan lignoselulosa sebagai sumber bahan baku yang tepat untuk produksi biogas (Kabir et al., 2013).

Lignoselulosa terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin (Zhu et al., 2010). Selulosa dan hemiselulosa memiliki rantai monomer-monomer gula yang panjang dan dapat dikonversi menjadi *bioenergy* melalui *pretreatment* dan hidrolisis (Petersson et al., 2007). Salah satu bahan baku biomassa lignoselulosa adalah limbah hasil pertanian seperti jerami, kulit kacang, kulit buah, sekam, daun, dan molasses (Zhong et al., 2011). Sekam padi merupakan limbah hasil pertanian yang melimpah di Indonesia. Hal ini terlihat dari produksi padi di Indonesia yang mencapai 55,6 juta ton Gabah Kering Giling (GKG) pada tahun 2022. Jumlah tersebut merupakan produksi yang terbesar dibandingkan jenis tanaman pertanian lainnya seperti jagung dengan total produksi 22,5 juta ton dan kedelai sebanyak 424,19 ribu ton pada tahun 2019 (Pertanian, 2020b, 2020a; Statistik, 2022). Berdasarkan data yang dihimpun dari Badan Pusat Statistik (BPS), dokumen dengan judul Berita Resmi Statistik No. 74/10/Th. Terbitan XXV pada 17 Oktober 2022, luas panen tanaman padi mencapai 10,6 juta hektar dengan produksi berupa GKG sebesar 55,6 juta ton (Statistik, 2022). Jika dikonversi menjadi beras, produksi beras diperkirakan mencapai 32,07 juta ton. Tentu menjadi kabar baik Indonesia memiliki makanan pokok berupa beras sehingga kebutuhannya dapat terpenuhi dengan baik. Namun perlu dipahami bahwa GKG tidak sepenuhnya berubah menjadi nasi siap masak. Beras yang diperoleh dari GKG sebesar 57,6% dan sisanya 42,4% merupakan limbah berupa

sekam padi. Jika dihitung, pada tahun 2022 diperkirakan timbunan limbah sekam padi sebesar 23,5 juta ton atau 2,2 ton/ha.

Lignoselulosa yang dikandung limbah pertanian sukar didegradasi oleh bakteri anaerobik. Lignoselulosa sering mengandung lignin dengan konsentrasi tinggi. Dalam rangka meningkatkan degradasi bahan-bahan lignoselulosa tersebut dalam digester anaerobik, struktur lignoselulosa harus dibuka dan atau lignin harus terdegradasi atau dihilangkan (Teghammar et al., 2012). Berbagai upaya untuk meningkatkan laju produksi biogas dari limbah pertanian dengan kandungan lignoselulosa tinggi antara lain dengan perlakuan pendahuluan (Budiyono et al., 2014; Hendriks & Zeeman, 2009; Krátký et al., 2012; Schimpf et al., 2013) dan dengan cara digestion anaerobic fase padat atau *solid-state anaerobic digestion* (SS-AD) (Brown & Li, 2013; Cheng & Hu, 2010; Liew et al., 2011; Zhu et al., 2010). *Pretreatment* pada bahan baku lignoselulosa juga bertujuan untuk memudahkan konversi *biopolymer* yang terdapat di selulosa. *Pretreatment* yang dilakukan dapat meningkatkan *yield* total metana (Hendriks & Zeeman, 2009). *Pretreatment* yang dilakukan dapat berupa *pretreatment* fisika, kimia dan biologi (Schimpf et al., 2013). *Pretreatment* fisika dengan cara melakukan *size reduction* untuk mengurangi ukuran partikel dan derajat kristalinitas selulosa. Proses *size reduction* dapat meningkatkan *yield* total hidrolisis sebanyak 5-25% dan mengurangi waktu *digestion* sekitar 23-59% (Krátký et al., 2012).

Biogas diproduksi melalui proses *anaerobic digestion* (AD). Proses *anaerobic digestion* diklasifikasikan menjadi dua berdasarkan kandungan *total solid* (TS) yaitu *liquid anaerobic digestion* (L-AD) dan *solid-state anaerobic digestion* (SS-AD) (Mirmohamadsadeghi et al., 2014). *Liquid anaerobic digestion* (L-AD) digunakan pada kandungan *total solid* antara 0,5-15%, sedangkan kandungan *total solid* >15% menggunakan proses *solid-state anaerobic digestion* (SS-AD) (Zhu et al., 2010). Biogas dari bahan baku biomassa lignoselulosa sangat tepat untuk diproduksi menggunakan SS-AD karena konsentrasi *total solid* pada biomassa lignoselulosa >15% dan memiliki kandungan *moisture* yang rendah (Brown & Li, 2013; Liew et al., 2011). Masalah yang terjadi pada L-AD seperti

substrat mengapung, stratifikasi lemak dan serat tidak ditemukan pada SS-AD (Ge et al., 2016). Volume produksi metana dari biomassa lignoselulosa yang dihasilkan pada SS-AD 2-7 kali lipat lebih besar dibandingkan dengan L-AD (Brown et al., 2012). Hal yang sama juga terjadi pada penelitian lain yang menyatakan bahwa volume produksi biogas meningkat 278-357% pada SS-AD dibandingkan dengan L-AD (Chen et al., 2014). Keuntungan lain SS-AD antara lain: volume reaktor lebih kecil, kebutuhan air lebih sedikit, tidak membutuhkan pengadukan, tidak terjadi pengendapan di dasar reaktor, residu dari SS-AD dapat digunakan sebagai pupuk karena memiliki kandungan air yang rendah sehingga lebih mudah ditangani dibandingkan limbah dari L-AD (Karthikeyan & Visvanathan, 2013; Li et al., 2011).

Faktor-faktor yang harus diperhatikan pada SS-AD antara lain perlakuan pendahuluan bahan baku, rasio *feed and inoculum* (F/I ratio), konsentrasi total padatan (*Total Solid, TS*), dan rasio karbon dan nitrogen (*C/N ratio*) (Li et al., 2011). Pengolahan kotoran sapi menjadi biogas dengan sistem L-AD dan perlakuan fisika, kimia, dan biologi mendapatkan hasil metana tertinggi diperoleh dengan perlakuan kimia mencapai mencapai 66 % dibanding tanpa perlakuan pendahuluan (Bruni et al., 2010). Penelitian lain juga mengolah jerami padi dengan sistem L-AD (5 % TS) dan perlakuan pendahuluan dengan NaOH 3 %. Perlakuan dengan NaOH meningkatkan produksi biogas 132 % (Chandra, Takeuchi, & Hasegawa, 2012).

Beberapa penelitian tentang pembuatan biogas dari biomassa lignoselulosa menggunakan metode SS-AD telah dilakukan, antara lain: penelitian produksi biogas dari bahan baku tongkol jagung yang menghasilkan *yield* biogas terbesar pada rasio F/I 2,43 dan kandungan TS 22% (Li et al., 2011). Penelitian lain dengan bahan baku limbah makanan dan rumput dengan metode SS-AD (Liu et al., 2009). Penelitian tentang biogas dengan bahan baku jerami padi juga telah dilakukan yang bertujuan untuk menentukan pengaruh jenis inokulum terhadap produksi biogas, akan tetapi pada penelitian tersebut menggunakan metode L-AD serta tidak mengevaluasi pengaruh rasio F/I, kandungan TS dan pengaruh *pretreatment* fisika terhadap produksi biogas (Gu et al., 2014).

Penelitian biogas pada kondisi SS-AD (TS 18-19%) dari tongkol jagung, jerami, gandum, alang-alang, dan daun-daunan. Bahan baku dikeringkan pada suhu 40°C selama 48 jam sampai kadar air 10%, kemudian digiling 5 mm. Campuran dimasukkan ke reaktor 1 L dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 hari. Volume biogas diukur 2-3 hari. Biogas tertinggi yang dihasilkan sebesar 131,8 L/kg VS dengan bahan baku tongkol jagung (Brown & Li, 2013).

Xu dan Li juga melakukan penelitian SS-AD (TS 22 %) dari tongkol jagung dan makanan anjing yang telah kadaluwarsa. Persentase makanan anjing pada feedstock 0%, 10%, 25%, 50% dan 100%. *Yield* metana tertinggi sebesar 304,4 L/kg VS pada rasio F/E 2 dengan 50% makanan anjing dan 50% tongkol jagung. Pada rasio F/E 4 dengan campuran 25% makanan anjing diperoleh *yield* metana 171,5 L/kg VS. Pada rasio F/E 6, *yield* metana 5 L/kg VS dengan campuran 0% dan 10% makanan anjing (Xu & Li, 2012). Penelitian SS-AD juga dilakukan oleh Akwaka et al., dengan bahan baku serbuk gergaji. Serbuk gergaji yang telah terkumpul dicuci dengan air, kemudian ditambahkan 0,2% H₂SO₄ (w/w) dan dipanaskan pada suhu 140°C selama 45 menit. Rasio serbuk gergaji dengan kotoran sapi 1:1,5. Penelitian dilakukan selama 23 hari. Volume kumulatif biogas yang dihasilkan sebesar 1.010 ml (Akwaka et al., 2014). Hasil penelitian dari berbagai peneliti terdahulu selengkapnya tersaji pada Tabel 1.1.

1.3. Perumusan Masalah

Poin dari penelitian ini adalah biodigester anaerobik untuk memproduksi biogas dengan cairan rumen sebagai starter berbasis sekam padi. Berdasarkan penelitian terdahulu belum ada kondisi optimum untuk produksi biogas dan rancangan model skala penuh secara kontinyu dari sekam padi. Beberapa masalah yang akan dipecahkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi operasi optimum pada variabel enzim, rasio C/N, dan TS untuk produksi biogas dari sekam padi?
2. Bagaimana laju produksi biogas optimum dari sekam padi?
3. Bagaimana sistem produksi biogas secara kontinyu dari sekam padi?

4. Bagaimana kelayakan produksi biogas dari sekam padi pada segi teknologi, lingkungan, sosial, dan ekonomi?

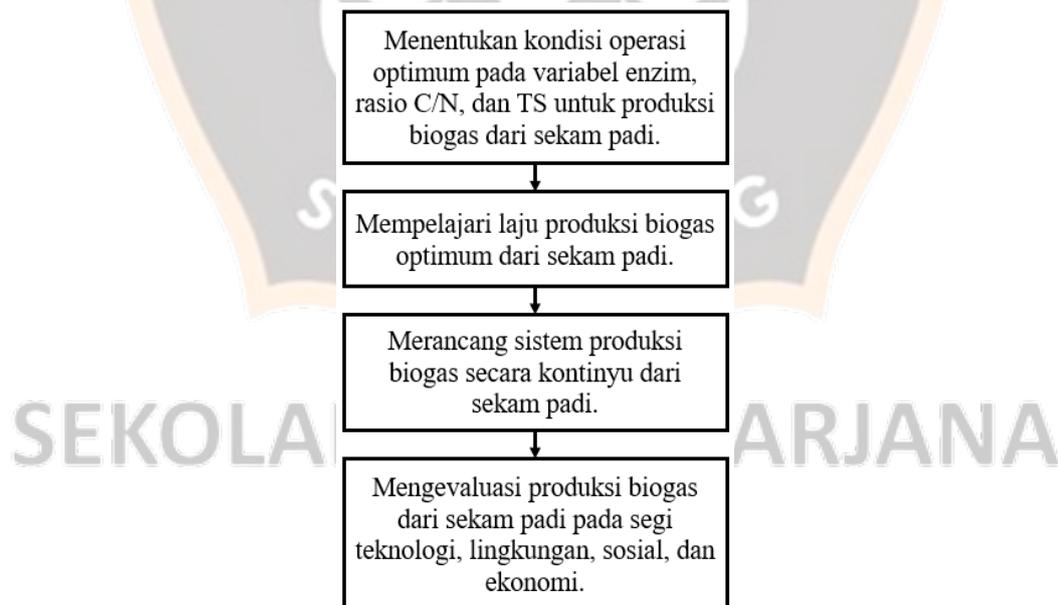
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengembangkan sistem baru untuk produksi biogas dari limbah rumah penggilingan padi. Sistem baru yang dikembangkan adalah teknologi produksi biogas secara anaerobik dengan bahan baku konsentrasi tinggi lignoselulosa berupa sekam padi secara kontinyu. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan kondisi operasi optimum pada variabel enzim, rasio C/N, dan TS untuk produksi biogas dari sekam padi.
2. Mempelajari laju produksi biogas optimum dari sekam padi.
3. Merancang sistem produksi biogas secara kontinyu dari sekam padi.
4. Mengevaluasi produksi biogas dari sekam padi pada segi teknologi, lingkungan, sosial, dan ekonomi.

Secara skematis, keterkaitan antara masing-masing tujuan penelitian disajikan pada Gambar 1.1 di bawah ini:



Gambar 1.1. Skema Keterkaitan Antar Tujuan Penelitian

1.4.2. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan solusi penanganan limbah sekam padi yang dapat dijadikan energi alternatif berupa biogas.
2. Mendapatkan kondisi operasi biodigester anaerobik yang optimum pada produksi biogas dari limbah sekam padi.
3. Mendukung upaya pemerintah untuk mengembangkan energi baru dan terbarukan sebagai pengganti bahan bakar minyak seperti yang tercantum pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional.
4. Menunjang pembangunan di bidang pertanian secara berkelanjutan.
5. Menunjang percepatan pengembangan teknologi baru untuk produksi dan pemurnian biogas.

1.5. Orisinalitas Penelitian

Kegiatan pertanian tidak hanya sangat penting dari sudut pandang ekonomi tetapi juga menghasilkan limbah yang sangat potensial sebagai energi yang berkelanjutan seperti biogas (Chandra et al., 2012). Selain faktor ketersediaan lignoselulosa di alam, kandungan karbon yang banyak terdapat di dalam lignoselulosa menjadikan lignoselulosa sebagai sumber bahan baku yang tepat untuk produksi biogas (Kabir et al., 2013). Berdasarkan semua penelitian terdahulu yang telah disajikan, belum ada kondisi operasi optimum untuk mengolah sekam padi menjadi biogas. Penelitian ini akan difokuskan untuk menentukan kondisi operasi yang optimum, merancang model secara kontinyu, dan menghitung kelayakan investasi produksi biogas dari sekam padi ditinjau dari segi teknologi, lingkungan, sosial dan ekonomi. Secara lengkap penelitian terdahulu mengenai perkembangan biogas dari limbah pertanian dengan berbagai macam kondisi tersaji pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Orisinalitas Penelitian

Peneliti	Judul	Metode	Bahan baku	Variabel	Hasil
(Bruni et al., 2010)	<i>Comparative Study of Mechanical, Hydrothermal, Chemical and Enzymatic Treatments of Digested Biofibers to Improve Biogas Production.</i>	L-AD	Biofiber pupuk kandang	Perlakuan fisika, kimia, dan biologi	Hasil metana tertinggi diperoleh dengan perlakuan kimia mencapai mencapai 66 % dibanding tanpa treatment
(Wu et al., 2010)	<i>Biogas and CH₄ productivity by co-digesting swine manure with three crop residues as an external carbon source.</i>	L-AD	Jerami gandum, jerami oat, dan batang jagung, dengan co-digestion kotoran babi	Rasio C/N yang digunakan 16/1, 20/1, dan 25/1.	Hasil biogas maksimal diperoleh pada rasio C/N 20/1 dengan bahan baku batang jagung sebesar 81,7 L
(Zhang et al., 2011)	<i>Enhancement Of Methane Production From Cassava Residues By Biological Pretreatment Using A Constructed Microbial Consortium.</i>	L-AD	Ampas tapioka	Perlakuan pendahuluan dengan mikroba konsorsium as inokulum dalam reactor batch pada 55 °C	Hasil metana maksimum 259.46 mL/g-VS dibandingkan dengan variabel control 131.95 mL/g-VS
(Aminah et al., 2011)	Potensi Hasil Samping Produksi Biogas dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Penambahan Aktivator Kotoran Sapi Potong sebagai Pupuk Organik.	-	<i>Palm oil mill effluent (POME)</i>	1) POME 70% + aktivator 30% 2) POME 80% + aktivator 20% 3) POME 90% + aktivator 10%	Hasil kualitas pupuk organik terbaik adalah pada perbandingan POME dan aktivator 9:1.

Peneliti	Judul	Metode	Bahan baku	Variabel	Hasil
(Brown et al., 2012)	<i>Comparison of Solid-State to Liquid State Anaerobic Digestion of Lignocellulosic Feedstocks for Biogas Production.</i>	L-AD dan SS-AD	Jerami Gandum dan bahan lain yang mengandung lignoselulosa	Konsentrasi TS 5% pada rasio C/N 13,5 untuk L-AD dan TS 18-19% pada rasio C/N 36 untuk SS-AD	Produksi gas metan yang dihasilkan dari metode L-AD dan SS-AD tidak berbeda signifikan. Namun, produktivitas volume biogas terbentuk lebih banyak pada metode SS-AD.
(Chandra, Takeuchi, & Hasegawa, 2012)	<i>Hydrothermal Pretreatment of Rice Straw Biomass : A Potential and Promising Method for Enhanced Methane Production.</i>	L-AD (TS 5 %)	Jerami padi	Perlakuan pendahuluan dengan NaOH 3 %	Perlakuan dengan NaOH meningkatkan produksi biogas 132 %
(Arifiantari et al., 2012)	Pengaruh Rasio C/N Terhadap Degradasi Material Organik Dalam Sampah Pasar Secara Anaerob.	L-AD	Sampah pasar organik	C/N rasio 15, 20, 30, 40	C/N optimum terletak pada rentang 20-30

Peneliti	Judul	Metode	Bahan baku	Variabel	Hasil
(Xu & Li, 2012)	<i>Solid-state co-digestion of expired dog food and corn stover for methane production.</i>	SS-AD (TS 22 %)	Tongkol jagung dan makanan anjing yang telah kadaluwarsa	Persentase makanan anjing pada feedstock 0%, 10%, 25%, 50% dan 100%	<i>yield</i> metana tertinggi sebesar 304,4 L/kg VS pada rasio F/E 2 dengan 50% makanan anjing dan 50% tongkol jagung. Pada rasio F/E 4 dengan campuran 25% makanan anjing diperoleh <i>yield</i> metana 171,5 L/kg VS. Pada rasio F/E 6, <i>yield</i> metana 5 L/kg VS dengan campuran 0% dan 10% makanan anjing
(Brown & Li, 2013)	<i>Solid state anaerobic co-digestion of yard waste and food waste for biogas production.</i>	SS-AD (TS 18-19%)	Tongkol jagung, jerami, gandum, alang-alang, daun-daunan	Bahan baku dikeringkan pada suhu 40°C selama 48 jam sampai kadar air 10%, kemudian digiling 5 mm. Campuran dimasukkan ke reaktor 1 L dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 hari. Volume biogas diukur 2-3 hari	Biogas tertinggi yang dihasilkan sebesar 131,8 L/kg VS dengan bahan baku tongkol jagung.

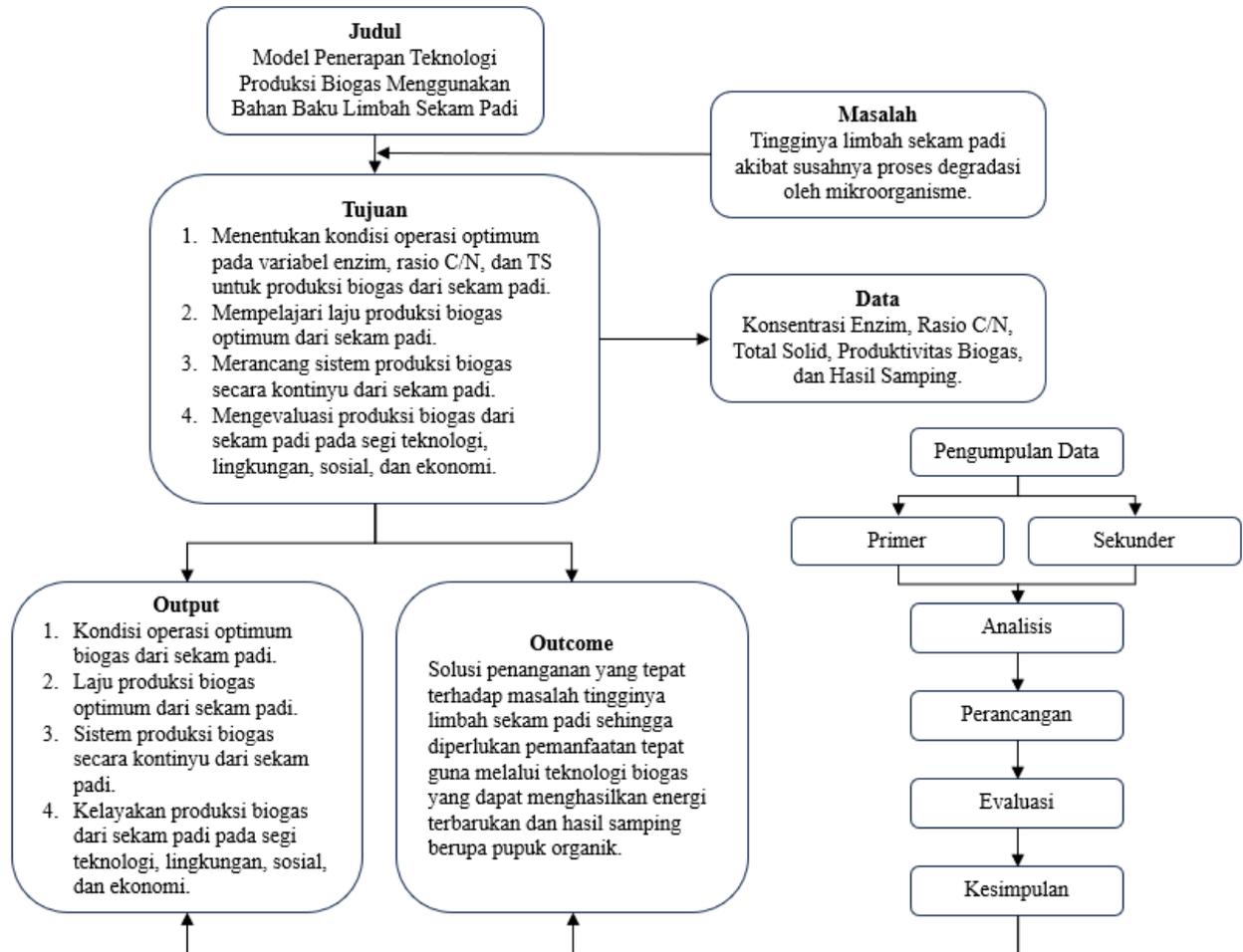
Peneliti	Judul	Metode	Bahan baku	Variabel	Hasil
(Toscano et al., 2013)	<i>Anaerobic digestion of residual lignocellulosic materials to biogas and biohydrogen.</i>	L-AD (TS 10 %)	Alang-alang	Inokulum yang digunakan adalah <i>sludge</i> dari pengolahan air limbah.	Laju fermentasi rendah
(Yuan et al., 2012)	<i>Effect of pretreatment by a microbial consortium on methane production of waste paper and cardboard.</i>	L-AD	Limbah kertas	Variasi 4 macam kertas : kertas saring, kertas koran, kardus, dan kertas kantor	Perlakuan pendahuluan dengan mikroba konsorsium meningkatkan hasil metana secara signifikan
(Budiarto et al., 2014)	Pemanfaatan Sludge Hasil Produksi Biogas Berbasis Limbah Cair Latex menjadi Pupuk Kompos Cair	-	Limbah cair latex + hasil samping biogas	Variasi limbah cair latex dengan hasil samping biogas dari 1) enceng gondok + kotoran sapi dan 2) jeraami padi + kotoran sapi.	Enceng gondok : N-total 0,026%, C-organik 0,87%, fosfor 0,033% dan kalium 0,423%. Jerami padi : N-total 0,017%, C-organik 0,186%, fosfor 0,045%, dan kalium 0,358%, pada kondisi pH 7 dan suhu 28°C.

Peneliti	Judul	Metode	Bahan baku	Variabel	Hasil
(Akwaka et al., 2014)	<i>Preliminary study on co-digestion of cow manure with pretreated sawdust for production of biogas and biofertilizer.</i>	SS-AD	Serbuk gergaji	Serbuk gergaji yang telah terkumpul dicuci dengan air, kemudian ditambahkan 0,2% H ₂ SO ₄ (w/w) dan dipanaskan pada suhu 140°C selama 45 menit. Rasio serbuk gergaji dengan kotoran sapi 1:1,5. Penelitian dilakukan selama 23 hari	Volume kumulatif biogas yang dihasilkan sebesar 1010 mL
(Syafudin, Dwi Nugraha, et al., 2017)	<i>The Effect of Enzymatic Pretreatment and C/N Ratio to Biogas Production from Rice Husk Waste during Solid State Anaerobic Digestion (SS-AD).</i>	SS-AD (TS 21%)	Sekam padi	<i>Pretreatment</i> kimia (NaOH 3%) dan biologi (Mikrobial konsorsium 5%) Variasi rasio C/N 20-35 Penelitian dilakukan selama 60 hari	<i>Pretreatment</i> kimia mampu meningkatkan produksi biogas hingga 12,6 ml.g ⁻¹ TS. <i>Pretreatment</i> biologi menghasilkan 18,2 ml.g ⁻¹ TS pada rasio C/N 35. Rasio C/N terbaik untuk biogas adalah pada rasio C/N 35

Peneliti	Judul	Metode	Bahan baku	Variabel	Hasil
(Syafrudin, Nugraha, Ardinata, Indra Hukama Kencanawardhani, et al., 2017)	<i>The Influence of Total Solid (TS) Content to Biogas Production from Rice Husk Waste during Solid State Anaerobic Digestion (SS-AD).</i>	SS-AD	Sekam padi	Variasi konsentrasi TS sebesar 17, 19, 21, 23% Pada rasio C/N 25 Penelitian dilakukan 60 hari	Produksi biogas tertinggi diperoleh pada konsentrasi TS 23%
(Dwi Nugraha et al., 2018)	<i>The Effect of Acid Pretreatment using Acetic Acid and Nitric Acid in The Production of Biogas from Rice Husk during Solid State Anaerobic Digestion (SS-AD).</i>	SS-AD (TS 21%)	Sekam padi	<i>Pretreatment</i> asam asetan 3% dan 5% <i>Pretreatment</i> asam nitrit 3% dan 5% Perendaman substrat pada asam selama 24 jam	Produksi biogas pada <i>pretreatment</i> asam asetan 3% : 45,86 ml.g ⁻¹ TS dan 5% : 43,28 ml.g ⁻¹ TS Produksi biogas pada <i>pretreatment</i> asam nitrit 3% : 21,85 ml.g ⁻¹ TS dan 5% : 12,14 ml.g ⁻¹ TS Diambil kesimpulan bahwa <i>pretreatment</i> asam 3% selama 24jam lebih baik daripada 5% selama 24jam

Peneliti	Judul	Metode	Bahan baku	Variabel	Hasil
(Syafrudin et al., 2018)	<i>Enhancement of Biogas Production from Rice Husk by NaOH and Enzyme Pretreatment.</i>	SS-AD (TS 21%)	Sekam padi	Variasi <i>pretreatment</i> NaOH 3, 6, 9% Variasi <i>pretreatment</i> enzym 5, 8, 11% Dilakukan ada kondisi rasio C/N 25 Penelitian dilakukan selama 60 hari	NaOH 3, 6, 9% menghasilkan biogas antara lain 44,70 ml.g ⁻¹ TS; 6% 50,60 ml.g ⁻¹ TS; 9% 36,81 ml.g ⁻¹ TS. Kontrol 34,46 ml.g ⁻¹ TS. Enzym 5, 8, 11% menghasilkan biogas antara lain 47, 04 ml.g ⁻¹ TS, 48,92 ml.g ⁻¹ TS, 67,96 ml.g ⁻¹ TS. Kontrol 36,81 ml.g ⁻¹ TS.
(Matin & Hadiyanto, 2018)	<i>Optimization of Biogas Production from Rice Husk Waste by Solid State Anaerobic Digestion (SSAD) Using Response Surface Methodology.</i>	SS-AD	Sekam padi	<i>Pretreatment</i> NaOH 3% Enzim 3-9% Rasio C/N 20-50 TS 15-40% Menggunakan central composite design untuk mendapatkan variable run	<i>Pretreatment</i> NaOH meningkatkan produksi biogas Operasi produksi biogas terbaik pada kondisi enzim 6%, rasio C/N 35, dan TS 27,5%

1.6. Kerangka Pikir



Gambar 1.2. Kerangka Pikir Penelitian

SEMARANG

SEKOLAH PASCASARJANA