Potensi Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif PLTBm di Sumatra Barat

Tjatur Udjianto¹, Teguh Sasono², Bambang Puguh Manunggal³

Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung

email: ¹tjatur.udjianto@polban.ac.id, ²teguhssn@gmail.com, ³bambang_energi@hotmail.com

Abstrak

Sekam padi merupakan biomassa yang melimpah di Indonesia, salah satunya di Provinsi Sumatera Barat. Provinsi ini merupakan salah satu Provinsi penghasil beras terbesar di luar Pulau Jawa. Pada tahun 2019 Provinsi Sumatera Barat menghasilkan padi sebesar 1.482.996 ton-GKG. Sekam padi merupakan hasil sampingan dari penggilingan padi menjadi beras. Produksi sekam padi pada tahun 2019 di provinsi Sumatera Barat adalah sebesar 370.749 ton, sekitar 25%-nya dari produksi padi. Potensi energi sekam padi di Provinsi Sumatra Barat pada tahun 2019 dengan nilai kalor 13,44 MJ/kg adalah sebesar 4.982.866.594 MJ. Sekam padi sebagai bahan bakar PLTBm mempunyai manfaat mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil dan memanfaatkan limbah proses penggilingan padi. Teknologi PLTBm dengan menggunakan alat konversi energi biomassa secara thermal dapat berupa Gasifikasi, pembakaran dan pirolisis. Perhitungan kapasitas terpasang PLTBm diasumsikan menggunakan gasifikasi dengan teknologi pembangkit mesin diesel. Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas terpasang PLTBm Provinsi Sumatra Barat adalah sebesar 58,7 MW. Energi listrik gross yang diproduksi PLTBm Provinsi Sumatra Barat adalah sebesar 465.068 MWh. Setelah dikurangi Auxiliary power/house load PLTBm, produksi energi listrik net yang dijual atau dimanfaatkan adalah sebesar 444.140 MWh. Dengan dipasangnya PLTBm maka akan menghasilkan penurunan emisi gas rumah kaca dalam satu tahun sekitar 479.902 ton- CO₂ ekuivalen.

Kata Kunci: PLTBm, gasifikasi, sekam padi, gas rumah kaca.

1. PENDAHULUAN

Saat ini energi telah menjadi kebutuhan mendasar dan konsumsi energi semakin meningkat setiap tahunnya. Kebutuhan energi sebagian besar masih dipasok oleh bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara termasuk gas alam. Seiring dengan semakin menipisnya bahan bakar fosil dan terkait dengan kesadaran akan lingkungan serta komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi rumah kaca sebesar 29% dengan upaya sendiri tanpa bantuan luar negeri pada tahun 2030, maka pengembangan energi baru terbarukan terus didorong dan dimajukan salah satunya adalah biomassa sebagai sumber energi terbarukan.

Sekam padi merupakan biomassa yang melimpah di Indonesia, salah satunya di Provinsi Sumatera Barat. Provinsi ini merupakan salah satu provinsi penghasil beras terbesar di luar Pulau Jawa. Pada tahun 2019 Provinsi Sumatera Barat menghasilkan padi sebesar 1.482.996 ton-GKG. Sekam padi merupakan hasil sampingan dari penggilingan padi menjadi beras. Produksi sekam padi pada tahun 2019 di provinsi Sumatera Barat adalah sebesar 370.749 ton, sekitar 25%-nya dari produksi padi. Nilai energi yang terkandung dalam sekam padi dengan nilai kalori 13,44 MJ/kg adalah sekitar 4.982.866.594 MJ. Sekam padi sebagai bahan bakar PLTBm mempunyai manfaat

mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil dan memanfaatkan limbah proses penggilingan padi.

Pusat listrik Tenaga Biomasa (PLTBm) adalah merupakan pembangkit yang memanfaatkan sumber energi biomassa. Bahan bakar yang digunakan untuk PLTBm adalah dapat berupa sekam padi, kayu, jerami dan lain sebagainya tergantung dari teknologi dan daerah penghasil biomassa. Teknologi PLTBm dengan menggunakan alat konversi energi biomassa secara thermal dapat berupa gasifikasi, pembakaran dan pirolisis.

Penelitian ini ditujukan khusus untuk menganalisis potensi sekam padi sebagai bahan bakar PLTBm, Teknologi konversi biomassa dan estimasi listrik yang dapat dihasilkan PLTBm. Rencana tempat penelitian sekam padi adalah di Provinsi Sumatra Barat.

2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kajian potensi sekam padi sebagai bahan bakar PLTBm di Provinsi Sumatera Barat. Selain itu juga dilakukan kajian teknologi konversi energi sekam padi. Dengan pemanfaatan sekam padi ini dapat dihitung dan dianalisis potensi keuntungan serta penurunan terkait emisi gas rumah kaca. Manfaat yang didapatkan dari hasil penelitian ini adalah diharapkan dapat

memberikan pengetahuan dan referensi dalam upaya pemanfaatan biomasa khususnya sekam padi serta salah satu upaya dalam penurunan efek gas rumah kaca.

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Pendahuluan

Padi merupakan tanaman utama yang tumbuh di hampir seluruh wilayah Indonesia. Padi menghasilkan beras yang merupakan makan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia. Pengolahan padi menjadi beras melalui beberapa tahapan setelah panen yang setiap tahapannya menyisakan limbah yang cukup banyak berupa jerami dan sekam padi. Kedua Jenis limbah olahan padi tersebut memiliki kandungan energi yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut.

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomasa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar. Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30% dari bobot gabah [5].

Jerami adalah adalah hasil samping usaha pertanian berupa tangkai dan batang tanaman sereal yang telah kering, setelah biji-bijiannya dipisahkan.

Jerami dan sekam padi merupakan biomass yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Biomasa merupakan material yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik, panas, bahan bakar bio dan produk lainnya. Dianggap sebagai pembawa netral karbon ketika diproduksi dan digunakan secara berkelanjutan, biomasa dapat berkontribusi besar untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK).

Biomasa merupakan sebuah istilah untuk semua bahan organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, termasuk limbah tanaman budidaya, alga dan juga sampah organik. Biomasa dapat dibedakan dalam tiga kelompok besar, yaitu biomasa kayu, biomasa bukan kayu, dan biomasa sekunder. Energy Europe Insitute membagi biomasa kedalam empat kategori yaitu: (i) limbah pertanian, (ii) limbah kehutanan, (iii) tanaman kebun energi, dan (iv) limbah organik [6].

3.2. Pustaka

Saat ini banyak publikasi ilmiah yang membahas mengenai pemanfaatan sekam padi sebagai bahan bakar untuk menghasilkan listrik beserta dengan teknologi konversi biomasa seperti gasifikasi, pirolisis maupun pembakaran langsung.serta energi yang dihasilkan.

Beberapa hasil penelitian terkait dengan pemanfaatan sekam padi sebagai energi terbarukan, teknologi

konversi biomasa serta potensi energi yang dapat dihasilkan dijadikan referensi oleh peneliti.

Menurut [4] berdasarkan jenis biomasa, sekam padi mempunyai potensi energi 30% dari total biomasa di Indonesia di bawah palm oil sebesar 39% serta memberikan penjelasan potensi energi yang dapat dihasilkan dari biomasa di seluruh provinsi di Indonesia. Selain itu juga menjelaskan pengembangan biomasa di Indonesia tahun 2011-2019.

Menurut [1] Indonesia memiliki potensi sumber energi biomasa terbarukan yang sangat besar berupa sekam padi. Potensi sekam padi di Indonesia meluas ke setiap provinsi tetapi belum dimanfaatkan secara optimal untuk menghasilkan energi listrik. dibuang begitu saja sebagai limbah yang mencemari lingkungan. Penelitian yang dilakukan menghasilkan gambaran tentang potensi energi listrik sekam padi tersedia di Indonesia sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik dengan menggunakan angka nilai kalor 13,44 MJ/kg. Dari beberapa penelitian kisaran nilai kalor adalah antara 12,34-14,00 MJ/kg. Sedangkan menurut [2], nilai kalor sekam padi berdasarkan contoh percobaannya adalah sebesar 2938,86 kcal/kg (12,30 MJ/kg).

Penelitian ini akan menyajikan perhitungan potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari sekam padi di provinsi Sumatra Barat. Selain itu juga akan dilakukan estimasi kapasitas daya terpasang berdasarkan skema pembangkit yang ditentukan. Terkait dengan gas rumah kaca akan dihitung potensi penghematannya dibandingkan dengan pembangkit konvensional seperti pembangkit berbahan bakar batubara.

3.3. Produksi Padi di Sumatra Barat

Produksi padi Sumatera Barat pada tahun 2019 adalah sebesar 1.482.996 ton-GKG yang disumbang dari berbagai Kabupaten/Kota yang terdapat di Provinsi Sumatra Barat. Produksi padi tiap Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatra Barat tahun 2019 dan perkiraan sementara tahun 2020 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 1 Produksi Padi di Sumatera Barat per Kabupaten/Kota Tahun 2019 (BRS, 2020)

Berdasarkan gambar tersebut di atas, pada tahun 2019 terdapat tujuh Kabupaten sebagai penghasil padi tertinggi yaitu Kabupaten Agam, Tanah Datar, Solok, Pasaman, Padang Pariaman dan Pesisir Selatan dan Lima Puluh Kota yang menyumbang sekitar 76% dari

total produksi padi Sumatera Barat. Sebaran kabupaten penghasil padi tertinggi di Sumatera Barat dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 2 Peta Sebaran Produksi Padi 2019 di Sumatera Barat

Potensi Sekam padi yang dapat dihasilkan dari 7 Kabupaten penghasil padi tertinggi tersebut adalah sekitar 281.400 ton. Dengan posisi wilayah yang tersebar tersebut dapat menjadi kriteria pertimbangan dalam penentuan kapasitas PLTBm yang akan ditentukan. Selain itu keamanan pasokan sekam padi tentunya menjadi kriteria sebagai pertimbangan dalam penentuan kapasitas. Besar kecilnya produksi sekam padi akan tergantung dari produksi padi serta konsumsi sekam padi untuk kebutuhan lain.

3.4. Pemanfaatan Sekam Padi

Sekam padi merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik serta dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Saat ini pemanfaatan sekam padi masih terbatas pada pemanfaatan secara tradisional seperti dibuat arang sekam, pupuk organik dan beberapa manfaat lainnya. Dengan produksi sekam padi yang berlimpah, Konversi sekam padi menjadi energi listrik atau bahan bakar lainnya akan sangat menguntungkan. Penggunaan sekam padi untuk sektor energi khususnya dalam menghasilkan energi listrik akan dapat mengurangi masalah lingkungan seperti menumpuknya sekam padi, pembuangan sekam padi bahkan pembakaran sekam padi serta pengurangan emisi gas rumah kaca.

3.5. Teknologi Konversi Energi Sekam Padi

Biomasa dapat dikonversi menjadi energi melalui tiga alur proses yaitu termokimia, biokimia dan ekstraksi biji yang mengandung minyak. Untuk menghasilkan energi listrik, konversi biomasa biasanya menggunakan konversi thermal atau termokimia seperti pembakaran, pirolisis dan gasifikasi [5]. Alur teknologi konversi energi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 3 Konversi Biomasa [5]

Pembakaran adalah merubah energi yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi panas. Selain menghasilkan energi panas, pembakaran juga menghasilkan karbon dioksida CO_2 dan uap air H_2O . Energi panas hasil pembakaran salah satunya dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air dan menghasilkan uap di dalam boiler dan memutarakan turbin. Saat ini, khususnya di Indonesia Sebagian besar PLTBm menggunakan sistem pembakaran langsung yang membakar biomasa secara langsung untuk menghasilkan uap.

Proses gasifikasi adalah proses untuk mengubah biomasa menjadi gas sintesis, campuran antara hidrogen dan karbon monoksida. Gas sintesis, atau biasa disebut juga *syngas*, kemudian dapat diubah secara kimia menjadi bahan bakar atau produk lainnya seperti dibakar dalam boiler, atau bahan bakar untuk mesin gas.

Proses pirolisis ditujukan semula untuk mendapatkan bahan bakar padat, arang dengan kualitas lebih tinggi dari biomasa asalnya. Hasil degradasi biomasa dalam proses pirolisis juga berupa cairan senyawa organik (tar, hidrokarbon berat dan asam-asam organik), dan gas-gas seperti CO , CO_2 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 [5].

3.6. Kapasitas Pembangkit PLTBm

Ukuran atau kapasitas pembangkit PLTBm dibatasi oleh pasokan sekam padi dari penggilingan padi. Ketersediaan sekam padi sebagai sumber bahan bakar dan pembangkit listrik yang dihasilkan dihitung dengan rumus [1].

$$RH = RP \times H_{GR} \times C_E \quad (1)$$

Dengan:

RH : Potensi Sekam Padi (ton)

RP : Produksi Gabah (ton-GKG)

C_E : Efisiensi Pengumpulan Gabah (%)

Potensi energi yang dapat dihasilkan dari sekam padi dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$EP_{RH} = RH \times CV \quad (2)$$

Dengan:

EP_{RH} : Potensi energi Sekam Padi (MJ)

CV : Nilai kalor sekam padi (MJ/kg)

Sehingga untuk menghitung kapasitas daya terpasang PLTBm dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$PP_{RH} = \frac{(EP_{RH}/C_f) \times P_{eff}}{Jam\ operasi} \quad (3)$$

Dengan:

PP_{RH} : kapasitas (kW)

P_{eff} : Efisiensi total PLTBm (%)

C_f : Faktor konversi (1kWh sama dengan 3,6MJ)

3.7. Teknologi Pembangkit Listrik

Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan teknologi yang sesuai adalah ketersediaan sekam padi, rasio *heat to power* yang dibutuhkan, dan karakteristik bahan bakar. Karakteristik sekam padi merupakan salah satu faktor yang sangat penting dan menentukan teknologi yang akan digunakan, hal ini terkait dengan kandungan abu, kadar air, nilai kalor dan homogenitas yang terkandung dalam sekam padi. Berbagai jenis teknologi yang dapat digunakan untuk konversi energi sekam padi seperti jenis gasifikasi yang terdiri dari *fixed bed* dan *fluidized bed*. *Fixed bed* terdiri dari *updraft* dan *downdraft*. Sedangkan *fluidized bed* terdiri dari *bubling fluidized bed* dan *circulating fluidized bed*. Untuk teknologi pembangkit listrik dapat berupa Pembangkit listrik tenaga uap, mesin gas maupun turbin gas.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Produksi Padi

Data sekunder didapatkan dari Balai Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sumatra Barat. Data sekunder yang didapatkan adalah berupa data produksi padi per Kabupaten di Sumatra Barat dalam kurun waktu 2011-2019. Data sekunder produksi padi dalam kurun waktu 9 tahun terakhir dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1 Produksi Padi Provinsi Sumatera Barat Tahun 2011-2019

Kabupaten/ Kota	Produksi Padi (ton-GKG)								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Kab.Sijunjung	75.07 6	70.11 1	80.22 9	83.35 7	88.33 8	90.20 9	72.58 3	61.58 2	50.55 9
Kab.Tanah Datar	237.1 78	249.7 58	251.3 41	237.6 10	245.1 96	235.6 36	298.9 59	183.1 24	194.2 67
Kab.Padang Pariaman	251.0 38	251.5 09	264.8 18	268.9 80	278.1 27	287.0 46	321.3 76	148.2 30	155.4 75
Kab.Agam	276.1 12	296.8 83	306.4 10	322.6 18	326.8 91	372.4 14	405.5 78	178.5 57	160.8 88
Kab.Lima Puluh Kota	213.6 93	218.0 93	222.4 63	217.3 66	227.1 84	226.1 70	210.4 52	149.4 87	135.3 15
Kab.Pasaman	204.5 18	216.3 47	203.5 58	214.7 84	216.7 66	191.2 82	232.4 71	137.5 12	149.4 41
Kab.Solok Selatan	121.4 08	140.5 79	127.2 44	133.0 97	136.3 63	118.5 30	128.0 13	64.49 1	62.32 7
Kab.Dharmas raya	48.22 1	59.88 5	54.94 0	62.09 3	57.35 6	59.28 2	58.25 9	33.51 2	32.92 7
Kab.Pasaman Barat	109.4 31	113.0 84	122.1 28	141.8 18	147.5 28	121.2 17	136.3 85	52.17 2	42.54 6
Kota Padang	74.56 6	78.69 9	86.58 0	90.06 4	88.75 3	82.62 0	84.20 1	56.26 7	62.87 7
Kota Solok	13.07 6	12.59 0	11.22 5	12.72 5	11.75 6	13.29 0	14.27 3	12.38 6	13.73 8
Kota Sawahlunto	12.09 1	16.16 3	17.53 6	15.07 6	16.65 7	15.05 5	13.64 6	6.763 6	6.769 6
Kota Padang Panjang	8.945	9.443	8.630	8.074	9.481	10.34 7	11.60 9	3.721	4.533
Kota Bukittinggi	4.027	5.472	4.411	5.053	5.096	5.227	5.204	5.481	5.266
Kota Payakumbuh	38.88 1	35.33 4	33.12 3	33.42 7	34.41 6	37.40 2	41.15 0	21.31 3	19.95 8
Kota Pariaman	22.43 4	24.55 7	29.77 6	31.25 9	32.09 3	31.04 7	41.83 4	15.72 1	15.39 1

Berdasarkan tabel tersebut di atas, Data produksi padi pada periode 2011-2019 berfluktuatif dengan tren cenderung turun. Berdasarkan data BPS terakhir produksi padi tahun 2020 menurun lagi dibandingkan dengan tahun 2019 dengan nilai sebesar 1.387.269 ton-GKG. Data ini perlu dilihat lebih jelas lagi dengan periode antara tahun 2011-2017 dan 2018-2019 serta tahun terakhir 2020. Pada periode tahun 2011-2017 produksi padi di Provinsi Sumatra Barat cenderung naik terus dan periode tahun 2018-2020 cenderung turun. Kecenderungan turunnya produksi disebabkan salah satunya oleh luas panen padi yang menurun.

Akan tetapi pada periode tahun 2011-2017 dan 2018-2020 terjadi perbedaan data produksi padi yang sangat jauh untuk tiap tahunnya. Sebagai contoh pada tahun 2017 dan 2018 perbedaan data produksi padi adalah sekitar 47% dan hal tersebut tidak mungkin disebabkan hanya karena faktor luas panen padi yang menurun. Salah satu kemungkinan yang dapat terjadi dapat disebabkan karena perbedaan data. Hal ini dikuatkan dengan siaran berita yang menyatakan bahwa beberapa tahun terakhir ini target produksi padi di Sumbang diklaim sebesar 3 juta ton. Namun untuk tahun 2021 ini Dinas Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan Sumbang menyatakan target produksi padi hanya sebesar 1,5 juta ton. Alasan diturunkannya target produksi padi

Kabupaten/ Kota	Produksi Padi (ton-GKG)								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Sumatera Barat	2.279. 602	2.368. 390	2.430. 384	2.519. 020	2.550. 609	2.503. 452	2.824. 509	1.483. 076	1.482. 996
Kab.Kep.Men tawai	579,0	1.388	1.022	2.106	3.036	2.477	5.189	2.367	2.087
Kab.Pesisir Selatan	264.1 28	261.4 68	272.4 95	312.8 72	317.5 73	274.1 19	376.9 72	187.1 25	200.1 80
Kab.Solok	304.2 00	307.0 27	332.4 55	326.6 41	307.9 99	330.0 82	366.3 55	163.2 65	168.4 52

itu, karena ada perbedaan hitungan dasar antara Dinas Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan Sumbar dengan Badan Pusat Statistik (BPS) soal produksi padi.

4.2. Potensi Produksi Sekam Padi

Produksi sekam padi akan tergantung dari produksi padi yang dihasilkan termasuk di Provinsi Sumatra Barat. Potensi sekam padi yang dihasilkan dari gabah (GKG) adalah antara 20-30%. Dalam perhitungan potensi sekam padi pada penelitian ini digunakan angka moderat sebesar 25%. Hasil produksi sekam padi dari gabah (GKG) dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2 Potensi Sekam Padi Provinsi Sumatera Barat Tahun 2011-2019

Kabupaten/ Kota	Potensi Sekam Padi (Ton)								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Sumatera Barat	569.901	592.098	607.596	629.755	637.652	625.863	706.127	370.769	370.749
Kab.Kep.Mentawai	145	347	256	527	759	619	1.297	592	522
Kab.Pesisir Selatan	66.032	65.367	68.124	78.218	79.393	68.530	94.243	46.781	50.045
Kab.Solok	76.050	76.757	83.114	81.660	77.000	82.521	91.589	40.816	42.113
Kab.Sijunjung	18.769	17.528	20.057	20.839	22.085	22.552	18.146	15.396	12.640
Kab.Tanah Datar	59.295	62.439	62.835	59.403	61.299	58.909	74.740	45.781	48.567
Kab.Padang Pariaman	62.760	62.877	66.205	67.245	69.532	71.762	80.344	37.058	38.869
Kab.Agam	69.028	74.221	76.603	80.655	81.723	93.104	101.395	44.639	40.222
Kab.Lima Puluh Kota	53.423	54.523	55.616	54.342	56.796	56.543	52.613	37.372	33.829
Kab.Pasaman	51.130	54.087	50.890	53.696	54.192	47.821	58.118	34.378	37.360
Kab.Solok Selatan	30.352	35.145	31.811	33.274	34.091	29.633	32.003	16.123	15.582
Kab.Dharmasraya	12.055	14.971	13.735	15.523	14.339	14.821	14.565	8.378	8.232
Kab.Pasaman Barat	27.358	28.271	30.532	35.455	36.882	30.304	34.096	13.043	10.637
Kota Padang	18.642	19.675	21.645	22.516	22.188	20.655	21.050	14.067	15.719
Kota Solok	3.269	3.148	2.806	3.181	2.939	3.323	3.568	3.096	3.434
Kota Sawahlunto	3.023	4.041	4.384	3.769	4.164	3.764	3.412	1.691	1.692
Kota Padang Panjang	2.236	2.361	2.158	2.019	2.370	2.587	2.902	930	1.133
Kota Bukittinggi	1.007	1.368	1.103	1.263	1.274	1.307	1.301	1.370	1.317
Kota Payakumbuh	9.720	8.834	8.281	8.357	8.604	9.351	10.288	5.328	4.989
Kota Pariaman	5.609	6.139	7.444	7.815	8.023	7.762	10.459	3.930	3.848

Berdasarkan tabel tersebut di atas, potensi sekam padi pada periode 2011-2019 berfluktuatif dan dengan tren cenderung turun. Pada tahun 2020 produksi sekam padi adalah sebesar 346.817,25 ton. Pada empat tahun terakhir terlihat bahwa potensi sekam padi cenderung turun. Kecenderungan turunnya produksi sekam padi

akan menjadi indikasi dan pertimbangan penentuan penentuan skema dan ukuran kapasitas PLTBm terpasang, sehingga pembangkit dapat beroperasi secara berkelanjutan.

4.3. Potensi Energi Sekam Padi

Perhitungan potensi energi yang terkandung dalam sekam padi menggunakan data produksi padi pada tahun 2019 di Provinsi Sumatra Barat. Perhitungan Potensi energi yang terkandung dalam sekam padi menggunakan persamaan (1). Asumsi dan parameter yang digunakan dalam perhitungan potensi energi yang terkandung dalam sekam padi adalah nilai kalor sekam padi 13,44 MJ/kg dan efisiensi pengumpulan 100% dengan asumsi ideal tidak ada kehilangan, sekam padi dimanfaatkan semua untuk bahan bakar PLTBm. Perhitungan potensi energi yang terkandung dalam sekam padi dilakukan per Kabupaten serta total Provinsi Sumatra Barat. Contoh perhitungan potensi energi yang terkandung dalam sekam padi di Kabupaten Mentawai tahun 2019 dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$RH = 522 \times 13,44 \times 100\% = 7013126 \text{ MJ/Tahun}$$

Hasil perhitungan untuk masing-masing Kabupaten di Provinsi Sumatra Barat dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3 Energi Potensial Sekam Padi Provinsi Sumatra Barat Tahun 2019

Kabupaten/ Kota	Produksi Padi (ton-GKG)	Sekam Padi (ton)	Potensi Energi (MJ/Tahun)
Sumatera Barat	1.482.996	370.749	4.982.866.594
Kab.Kep.Mentawai	2.087	522	7.013.126
Kab.Pesisir Selatan	200.180	50.045	672.604.262
Kab.Solok	168.452	42.113	565.998.754
Kab.Sijunjung	50.559	12.640	169.879.080
Kab.Tanah Datar	194.267	48.567	652.735.474
Kab.Padang Pariaman	155.475	38.869	522.396.437
Kab.Agam	160.888	40.222	540.584.554
Kab.Lima Puluh Kota	135.315	33.829	454.658.198
Kab.Pasaman	149.441	37.360	502.120.618
Kab.Solok Selatan	62.327	15.582	209.418.048
Kab.Dharmasraya	32.927	8.232	110.635.123
Kab.Pasaman Barat	42.546	10.637	142.955.333
Kota Padang	62.877	15.719	211.267.526
Kota Solok	13.738	3.434	46.159.176
Kota Sawahlunto	6.769	1.692	22.744.109
Kota Padang Panjang	4.533	1.133	15.230.746

Kabupaten/ Kota	Produksi Padi (ton-GKG)	Sekam Padi (ton)	Potensi Energi (MJ/Tahun)
Kota Bukittinggi	5.266	1.317	17.694.802
Kota Payakumbuh	19.958	4.989	67.057.973
Kota Pariaman	15.391	3.848	51.713.256

Berdasarkan tabel tersebut di atas, energi potensial sekam padi terbesar adalah di Kabupaten Pesisir Selatan, Kabupaten Tanah Datar dan Kabupaten Solok. Jumlah Total energi potensial Sekam padi untuk Provinsi Sumatra Barat adalah sebesar 4.982.867.594 MJ/tahun.

4.4. Skema PLTBm

Maksud skema PLTBm dalam penelitian ini adalah jenis teknologi, kapasitas serta instalasi PLTBm yang cocok untuk diaplikasikan berdasarkan pada beberapa variabel utama seperti kuantitas dan kualitas sumber biomasa, tingkat pembelian listrik lokal, dan pertimbangan geografis.

Pertimbangan kuantitas adalah terkait dengan ketersediaan biomasa dalam hal ini sekam padi yang akan digunakan sebagai bahan bakar PLTBm. Kuantitas sekam padi ini juga harus dipertimbangkan dengan penggunaan lainnya di wilayah ini seperti untuk pupuk dan lain sebagainya. Kualitas dan kuantitas sekam padi akan menentukan besar kecilnya kapasitas dan teknologi PLTBm yang akan digunakan.

Tingkat pembelian listrik lokal terkait dengan kemampuan PLTBm untuk memasok listrik ke lingkungan sekitar, kebutuhan listrik pabrik penggilingan padi maupun disalurkan ke grid PLN. Pilihan sistem sebagian besar tergantung pada ekonomi. Biaya bahan bakar, tingkat daya yang dapat dijual, serta berbagai faktor ekonomi.

Pertimbangan geografis terkait dengan lokasi dipasangnya PLTBm, salah satunya diusahakan mendekati sumber air baku seperti sungai. Selain itu Lokasi PLTBm diusahakan mendekati sumber bahan bakar biomasa dan beban yang akan dipasok atau apabila akan dijual ke grid PLN, mendekati titik sambung milik PLN.

Proses konversi biomasa yang biasanya digunakan untuk PLTBm adalah konversi thermal atau termokimia seperti pembakaran langsung, gasifikasi dan pirolisis. Pembakaran langsung dengan mengumpulkan sekam padi kedalam boiler, memanaskan air, menghasilkan uap untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik. Selain itu juga biomasa dapat dijadikan bahan bakar untuk *co-firing* dengan batubara untuk boiler konvensional. Gasifikasi adalah proses untuk menghasilkan *syngas* yang selanjutnya dapat diumpukan kedalam mesin gas, boiler dan gas turbin sebagai pengganti bahan bakar gas alam.

4.5. Kapasitas PLTBm

Dalam menentukan kapasitas PLTBm yang terpasang, skema PLTBm yang digunakan adalah gasifikasi dengan menggunakan mesin gas atau diesel *dual fuel*. Lokasi pembangkit dekat dengan sumber bahan bakar dan juga sumber air.

Selanjutnya dilakukan perhitungan potensi kapasitas PLTBm yang dapat dipasang untuk merubah energi yang terkandung dalam sekam padi menjadi energi listrik. Berikut ini beberapa asumsi dan parameter yang digunakan untuk perhitungan kapasitas PLTBm yang dipasang. Sebagai berikut:

Efisiensi thermal gasifikasi	: 80%
Efisiensi total mesin gas	: 42%
Efisiensi total PLTBm	: 34%
Jam operasi per hari	: 24 jam
Hari operasi/tahun	: 330 hari
jam operasi/tahun	: 7920 jam

Hasil perhitungan untuk masing-masing Kabupaten di Provinsi Sumatra Barat berdasarkan potensi energi yang terkandung dalam sekam padi dan asumsi yang ditentukan di atas, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4 Kapasitas Terpasang PLTBm Provinsi Sumatra Barat

Kabupaten/Kota	Produksi Padi (ton-GKG)	Sekam Padi (ton)	Potensi Daya Terpasang (kW)
Sumatera Barat	1.482.996	370.749	58.721
Kab.Kep.Mentawai	2.087	522	82,65
Kab.Pesisir Selatan	200.180	50.045	7.926,31
Kab.Solok	168.452	42.113	6.670,02
Kab.Sijunjung	50.559	12.640	2.001,94
Kab.Tanah Datar	194.267	48.567	7.692,17
Kab.Padang Pariaman	155.475	38.869	6.156,19
Kab.Agam	160.888	40.222	6.370,53
Kab.Lima Puluh Kota	135.315	33.829	5.357,92
Kab.Pasaman	149.441	37.360	5.917,25
Kab.Solok Selatan	62.327	15.582	2.467,89
Kab.Dharmasraya	32.927	8.232	1.303,78
Kab.Pasaman Barat	42.546	10.637	1.684,66
Kota Padang	62.877	15.719	2.489,68
Kota Solok	13.738	3.434	543,96
Kota Sawahlunto	6.769	1.692	268,03
Kota Padang Panjang	4.533	1.133	179,49
Kota Bukittinggi	5.266	1.317	208,52
Kota Payakumbuh	19.958	4.989	790,25
Kota Pariaman	15.391	3.848	609,42

Total potensi kapasitas terpasang PLTBm untuk wilayah Provinsi Sumatra Barat adalah sebesar 58.721 kW yang tersebar di 19 Kota/Kabupaten. Kapasitas

terpasang PLTBm yang paling besar adalah di Kabupaten Pesisir Selatan dan yang terendah adalah di Kabupaten Kepulauan Mentawai.

Apabila skema satu pembangkit PLTBm untuk Provinsi Sumatra Barat maka kapasitas terpasang adalah sekitar 58,7 MW. Dengan jumlah sebesar itu maka PLTBm dapat koneksi ke jaringan atau grid PLN.

Akan tetapi hal ini tidak mungkin secara ekonomis karena wilayah yang tersebar sangat luas, terkendala dengan transportasi sekam padi. Skema yang Lebih memungkinkan adalah tiap kabupaten atau tiap wilayah tertentu berdasarkan radius lokasi sumber bahan bakar sekam padi, sehingga dalam Provinsi Sumatra Barat akan terdapat beberapa unit PLTBm. Tidak menutup kemungkinan sumber bahan bakar akan terjadi lintas Kabupaten, seperti Kabupaten dan kota Solok, Sawahlunto, Pasaman, Payakumbuh dapat terdiri dari satu unit PLTBm, sehingga kapasitasnya dapat mencapai sekitar 8MW. Kapasitas sebesar ini dapat digunakan untuk memasok listrik ke penduduk sekitar, penggunaan penggilingan beras atau masuk ke jaringan/grid PLN.

Untuk kapasitas kecil seperti dibawah 500 kW dapat digunakan untuk memasok listrik ke penggilingan beras dan menggantikan listrik PLN atau diesel. Penentuan skema PLTBm tersebut tentunya membutuhkan pertimbangan-pertimbangan teknis dan ekonomis serta geografis terkait dengan letak sumber bahan bakar, sumber air dan juga sumber beban serta rencana titik sambung ke jaringan/grid PLN.

4.6. Perhitungan Produksi Energi

Perhitungan produksi energi tahunan didapatkan dari jumlah daya listrik terpasang dikalikan dengan jumlah jam operasi. Asumsi yang digunakan adalah dalam satu tahun PLTBm beroperasi selama 7920 jam/tahun. Produksi energi tahunan tiap kabupaten di Provinsi Sumatra Barat dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5 Produksi Energi Listrik (*gross*) PLTBm Provinsi Sumatra Barat

Kabupaten /Kota	Sekam Padi (ton)	Potensi Energi (MJ/Tahun)	Potensi Daya Terpasang (kW)	Produksi Energi Tahunan Gross (MWH)
Sumatera Barat	370.749	4.982.866.594	58.721	465.068
Kab.Kep.Mentawai	522	7.013.126	82,65	654,56
Kab.Pesisir Selatan	50.045	672.604.262	7.926,31	62.776,40
Kab.Solok	42.113	565.998.754	6.670,02	52.826,55
Kab.Sijunjung	12.640	169.879.080	2.001,94	15.855,38
Kab.Tanah Datar	48.567	652.735.474	7.692,17	60.921,98
Kab.Padang Pariaman	38.869	522.396.437	6.156,19	48.757,00
Kab.Agam	40.222	540.584.554	6.370,53	50.454,56
Kab.Lima Puluh Kota	33.829	454.658.198	5.357,92	42.434,77

Kabupaten /Kota	Sekam Padi (ton)	Potensi Energi (MJ/Tahun)	Potensi Daya Terpasang (kW)	Produksi Energi Tahunan Gross (MWH)
Kab.Pasaman	37.360	502.120.618	5.917,25	46.864,59
Kab.Solok Selatan	15.582	209.418.048	2.467,89	19.545,68
Kab.Dharmasraya	8.232	110.635.123	1.303,78	10.325,94
Kab.Pasaman Barat	10.637	142.955.333	1.684,66	13.342,50
Kota Padang	15.719	211.267.526	2.489,68	19.718,30
Kota Solok	3.434	46.159.176	543,96	4.308,19
Kota Sawahlunto	1.692	22.744.109	268,03	2.122,78
Kota Padang Panjang	1.133	15.230.746	179,49	1.421,54
Kota Bukittinggi	1.317	17.694.802	208,52	1.651,51
Kota Payakumbuh	4.989	67.057.973	790,25	6.258,74
Kota Pariaman	3.848	51.713.256	609,42	4.826,57

Perhitungan produksi energi dalam satu tahun dengan asumsi dan parameter tersebut di atas didapatkan bahwa produksi energi listrik dalam satu tahun untuk Provinsi Sumatra Barat adalah sebesar 465.068 MWh. Nilai produksi energi listrik ini masih *gross* atau output generator, belum dikurangi kebutuhan sendiri (*auxiliary power* atau *house load*). seperti pendinginan, pompa dan lain sebagainya dengan perkiraan sekitar 4,5% dari produksi energi *gross*, Konsumsi energi untuk *auxiliary power/house load* dan produksi listrik *nett* tiap Kabupaten di Provinsi Sumatra Barat dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6 Produksi Energi Listrik (*nett*) PLTBm Provinsi Sumatra Barat

Kabupaten/Kota	Potensi Daya Terpasang (kW)	Produksi Energi Tahunan Gross (MWH)	Auxiliary Power/House Load (MWH)	Produksi Energi Nett (MWH)
Sumatera Barat	58.721	465.068	20.928	444.140
Kab.Kep.Mentawai	82,65	654,56	29,46	625,10
Kab.Pesisir Selatan	7.926,31	62.776,40	2.824,94	59.951,46
Kab.Solok	6.670,02	52.826,55	2.377,19	50.449,36
Kab.Sijunjung	2.001,94	15.855,38	713,49	15.141,89
Kab.Tanah Datar	7.692,17	60.921,98	2.741,49	58.180,49
Kab.Padang Pariaman	6.156,19	48.757,00	2.194,07	46.562,94
Kab.Agam	6.370,53	50.454,56	2.270,46	48.184,10
Kab.Lima Puluh Kota	5.357,92	42.434,77	1.909,56	40.525,20
Kab.Pasaman	5.917,25	46.864,59	2.108,91	44.755,68
Kab.Solok Selatan	2.467,89	19.545,68	879,56	18.666,13
Kab.Dharmasraya	1.303,78	10.325,94	464,67	9.861,28
Kab.Pasaman Barat	1.684,66	13.342,50	600,41	12.742,09
Kota Padang	2.489,68	19.718,30	887,32	18.830,98
Kota Solok	543,96	4.308,19	193,87	4.114,32

Kabupaten/Kota	Potensi Daya Terpasang (kW)	Produksi Energi Tahunan Gross (MWh)	Auxiliary Power/House Load (MWh)	Produksi Energi Nett (MWh)
Kota Sawahlunto	268,03	2.122,78	95,53	2.027,26
Kota Padang Panjang	179,49	1.421,54	63,97	1.357,57
Kota Bukittinggi	208,52	1.651,51	74,32	1.577,20
Kota Payakumbuh	790,25	6.258,74	281,64	5.977,10
Kota Pariaman	609,42	4.826,57	217,20	4.609,37

Total potensi produksi energi listrik PLTBm Provinsi Sumatra Barat adalah 440.140 MWh per tahun dengan kebutuhan Auxiliary power/house load sekitar 20.928 MWh.

4.7. Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca

Salah satu keuntungan dalam penggunaan biomasa sebagai sumber energi listrik adalah sebagai pengganti bahan bakar fosil yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca. Pada PLTBm yang memanfaatkan biomasa seperti sekam padi dianggap mempunyai sifat karbon netral, yaitu karbon yang dilepaskan ke atmosfer merupakan hasil fotosintesis dan digunakan kembali untuk menumbuhkan kembali tanaman/pohon atau padi. Akan tetapi perlu dipertimbangkan emisi yang dapat ditimbulkan dari proses pengolahan lahan misalnya menggunakan traktor dan proses pasca panen seperti transportasi menuju penggilingan padi. Emisi gas rumah kaca untuk biomasa tidak termasuk emisi pemanasan global dari perubahan penggunaan lahan adalah sekitar 0,04 dan 0,2 lbs/kWh CO₂ ekuivalen. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan gas alam yang setara 0,6 dan 2 lbs/kWh CO₂ ekuivalen atau dengan batubara antara 1,4 dan 3,6 lbs/kWh CO₂ ekuivalen [3].

Berdasarkan nilai tersebut di atas, maka estimasi emisi gas rumah kaca dari PLTBm dengan produksi listrik *nett* 440.140MWh per tahun untuk Provinsi Sumatra Barat dengan mengambil nilai rata-rata tersebut di atas adalah sekitar 24.197 ton CO₂ ekuivalen. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan gas alam sebesar 262.131 ton/tahun CO₂ ekuivalen dan bahan bakar batubara sebesar 504.098 ton/tahun CO₂ ekuivalen. Penurunan emisi gas rumah kaca dengan dibangunnya PLTBm dibandingkan apabila menggunakan pembangkit konvensional dengan bahan bakar batubara adalah sebesar 479.902 ton/tahun CO₂ ekuivalen.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi sekam padi yang dihasilkan di Provinsi Sumatra Barat tahun 2019 adalah sebesar 370.749 ton. Energi yang terkandung dalam sekam padi tersebut adalah sekitar 4.982.866.594 MJ.
2. Kapasitas total terpasang PLTBm berbahan bakar sekam padi di Provinsi Sumatra Barat adalah sekitar 58,7 MW.
3. Energi listrik *gross* yang dihasilkan PLTBm dalam periode satu tahun adalah sebesar 465.068 MWh. Dengan kebutuhan *auxiliary power/house load* sebesar 20.928 MWh atau 4,5% dari energi listrik yang dihasilkan, maka produksi energi listrik *nett* adalah sekitar 444.140 MWh.
4. Estimasi penurunan emisi gas rumah kaca dipasangnya PLTBm dibandingkan dengan pembangkit konvensional berbahan bakar batubara adalah sebesar 479.902 ton/tahun CO₂ ekuivalen.

6. SARAN

Untuk penelitian yang akan datang dapat dilanjutkan dengan penelitian yang lebih dalam potensi PLTBm ini dengan melakukan peramalan produksi padi dalam 10 atau 15 tahun kedepan, metoda penentuan kapasitas terpasang PLTBm dengan mempertimbangkan kemungkinan kecenderungan penurunan produksi padi. Selain itu juga dipetakan lokasi penggilingan padi dan sumber air baku untuk menentukan teknologi dan skema PLTBm yang akan diaplikasikan.

REFERENSI

- [1] Anshar, M., Ani, F. N., & Kader, A. S. (2016). Electrical Energy Potential of Rice Husk As Fuel For Power Generation In Indonesia. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 3616-3624.
- [2] Awulu, J., Omale, P., & Ameh, J. (2018). Comparative Analysis of Calorific Values of Selected Agricultural Waste. NIJOTECH, Vol.37 No.4.
- [3] Martínez, J. F., Gómez, L. M., Guzmán, M. F., Vanegas, N. C., & Ruiz, y. D. (2020). Energy from Biomass: Alternative for the Reduction of Atmospheric Emissions. Lampaskos, 70-78.
- [4] Primadita, D., Kumara, I., & Ariastina, W. (2020). A Review on Biomass For Electricity. Journal of Electrical, Electronics and Informatics, Vol 4 no.1.
- [5] Pujotomo, I. (2017). Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi Untuk Pembangkit Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi. Jurnal Energi dan Kelistrikan, 126-135.
- [6] Susanto, H. (2018). Pengembangan Teknologi Gasifikasi untuk Mendukung Kemandirian Energi dan Industri Kimia. Bandung: Institut Teknologi Bandung.