

Jurnal Ilmiah

ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

PRAKIRAAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK WILAYAH JAWA - BALI TAHUN 2017 - 2036 DENGAN GABUNGAN METODE ANALITIS, EKONOMETRI, DAN KECENDERUNGAN

Soetjipto Soewono; John Pantouw; Septianissa Azzahra

IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY UNTUK SISTEM OTOMATISASI PENGATURAN PENGISIAN BATERE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Tri Joko Pramono; Dhami Johar Damiri; Supriadi Legino

STUDI PENYIMPANAN ENERGI PADA BATERAI PLTS

Retno Aita Diantari; Erlina; Christine Widyastuti

POTENSI PEMANFAATAN BIOMASSA SEKAM PADI UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK MELALUI TEKNOLOGI GASIFIKASI

Isworo Pujotomo

KONTROL PENERANGAN TENAGA SURYA SEBAGAI IMPLEMENTASI DARI LISTRIK KERAKYATAN

Muchamad Nur Qosim; Isworo Pujotomo; Heri Suyanto

ANALISIS PENGGUNAAN LISTRIK ARUS SEARAH UNTUK MENINGKATKAN LAJU PRODUKSI MINYAK BUMI JENIS MINYAK BERAT

M. Hafidz; Martin Choirul Fatah; Sandy Suryakusuma

STUDI KELAYAKAN PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP 2X50 MW DENGAN MENGGUNAKAN *BOILER CIRCULATING FLUIDIZED BED COMBUSTION* DI KENDARI, SULSELBAR

Harun Al Rasyid; Haqimul Batih; Raden Edi Sewandono

STUDI METODE PENGANTIAN RELAI MEKANIS MENJADI ELEKTRIS PANEL TEGANGAN MENENGAH PLTU UNIT 4 MUARA KARANG

Zainal Arifin; Santoso Januwarsono; Ryan Farieztya

KAJIAN PEMASANGAN *LIGHTNING ARRESTER* PADA SISI HV TRANSFORMATOR DAYA UNIT SATU GARDU INDUK TELUK BETUNG

Ibnu Hajar; Eko Rahman

ISSN 1979-0783



9 771979 078352

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

ENERGI & KELISTRIKAN

VOL. 9

NO. 2

HAL. 101 - 179

JUNI - DESEMBER 2017

ISSN 1979-0783

POTENSI PEMANFAATAN BIOMASSA SEKAM PADI UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK MELALUI TEKNOLOGI GASIFIKASI

Isworo Pujotomo

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN
E-mail : isworop@yahoo.com

Abstract : *Energy consumption in Indonesia from year to year has increased significantly and this must be realized by the whole community. While the national energy reserves will be increasingly thinner so must be found new energy reserves. One of the most potential energy in Indonesia is biomass. Therefore, it is necessary to make various breakthrough in utilizing biomass, one of potency of biomass utilization is gasification. Therefore, it is necessary to make various breakthrough in utilizing biomass, one of potency of biomass utilization is gasification. As an agricultural country, Indonesia produces large quantities of biomass.*

One of the agricultural waste is rice husk, the weight of husk produced is 22% from the weight of dry milled grain. The availability of rural biomass has the potential to be used in power generation in areas not covered by electricity services.

Keywords : *biomass, gasification, rice husk, power plant*

Abstrak : *Konsumsi energi di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang signifikan dan hal ini harus disadari oleh seluruh masyarakat. Sementara cadangan energi nasional akan semakin menipis sehingga harus ditemukan cadangan energi baru. Salah satu energi terbarukan yang mempunyai potensi besar di Indonesia adalah biomassa. Oleh karena itu, perlu dilakukan berbagai terobosan dalam memanfaatkan biomassa, salah satu potensi pemanfaatan biomassa adalah gasifikasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan berbagai terobosan dalam memanfaatkan biomassa, salah satu potensi pemanfaatan biomassa adalah gasifikasi.*

Sebagai negara agraris, Indonesia memproduksi biomassa dalam jumlah besar. Salah satu limbah pertanian adalah sekam padi, berat sekam yang dihasilkan adalah 22% dari berat gabah kering giling. Ketersediaan biomassa di pedesaan berpotensi untuk digunakan dalam pembangkit listrik di wilayah yang belum terjangkau layanan listrik.

Kata kunci : *biomassa, gasifikasi, sekam padi, pembangkit listrik*

I. PENDAHULUAN

Isu kenaikan harga BBM menyadarkan kita bahwa konsumsi energi yang semakin meningkat dari tahun ke tahun tidak seimbang dengan ketersediaan sumber energi tersebut. Kelangkaan dan kenaikan harga minyak akan terus terjadi karena sifatnya yang non-renewable. Kebutuhan dan ketergantungan energi di Indonesia yang sangat tinggi diakibatkan karena populasi penduduk, jumlah pabrik, perkantoran, dan industri yang sangat besar Energi yang berasal dari pertambangan fosil seperti jenis bahan bakar minyak, gasoline dan gas sudah tidak mencukupi karena jumlah di alamnya sudah menipis tersisa

kurang lebih 3×10^{24} J atau setara dengan cahaya matahari kurang lebih 4×10^{24} J (Miyake, 1998) sehingga kebutuhan akan energi baru tidak dapat ditunda lagi. Sudah saatnya ketergantungan kebutuhan energi fosil yang non-renewable digantikan dengan energi yang renewable, walaupun hal ini memerlukan revolusi terbalik dari sistem industri energi sekarang. Selama ini kita tinggal menggali kemudian memproses hasil tambangan menjadi berbagai kebutuhan, sedangkan sekarang sudah saatnya mempersiapkan sumber energi yang berkelanjutan dan dapat diperbaharui baru diolah menjadi energi yang dibutuhkan. Berbagai macam pendekatan proses dapat digunakan baik secara fisik kimiawi dan biologis. Salah

satu pendekatan adalah menggunakan aplikasi bioteknologi yang dapat menggabungkan aspek fisik dan kimiawi menggunakan agen biologi. Secara umum bioteknologi adalah teknik pendayagunaan organisme hidup atau bagiannya untuk membuat atau memodifikasi suatu produk dan meningkatkan/ memperbaiki sifat organisme untuk penggunaan dan tujuan khusus seperti untuk pangan, farmasi dan energi (Miyamoto, 1997)

Indonesia sebagai negara agraris yang mayoritas penduduknya menjadikan beras sebagai makanan pokoknya, serta produksi berasnya merata di seluruh tanah air. Berdasarkan angka ramalan (Aram) III Badan Pusat Statistik (BPS) produksi gabah nasional tahun ini diperkirakan mencapai 57,05 juta ton gabah kering giling (GKG). Dengan produksi ini terjadi peningkatan 2,59 juta ton (4,76%) jika dibandingkan dengan angka tetap (Atap) produksi 2006. Kenaikan produksi ini didorong perluasan lahan panen seluas 379,18 ribu Ha (3,22%). Dengan pertumbuhan produksi sebesar 5%, tahun depan target produksi padi nasional akan mencapai 59,9 juta ton. Angka ini dicapai dengan peningkatan produksi sebesar 2,85 juta ton GKG. (Affendi, 2008). Selain itu, Indonesia mempunyai sekitar 60.000 mesin penggiling padi yang tersebar di seluruh daerah yang menghasilkan limbah berupa sekam padi 15 juta ton per tahun. Untuk kapasitas besar, beberapa mesin penggiling padi dapat menghasilkan limbah 10-20 ton sekam padi per hari. Limbah sering diartikan sebagai bahan buangan/bahan sisa dari proses pengolahan hasil pertanian. Proses penghancuran limbah secara alami berlangsung lambat, sehingga limbah tidak saja mengganggu lingkungan sekitarnya tetapi juga mengganggu kesehatan manusia. Pada setiap penggilingan padi akan selalu kita lihat tumpukan bahkan gunung sekam yang semakin lama semakin tinggi. Saat ini pemanfaatan sekam padi tersebut masih sangat sedikit, sehingga sekam tetap menjadi bahan limbah yang mengganggu lingkungan. Alternatif pengolahan sekam sangatlah terbatas karena massa jenisnya

yang rendah, dekomposisi secara alami sangat lambat, dapat menimbulkan penyakit pada tanaman padi maupun tanaman lain, kandungan mineral yang tinggi. Salah satu hal yang paling sering dilakukan petani terhadap sekam padi adalah dengan pembakaran., akan tetapi aktivitas ini dapat meningkatkan jumlah polutan dalam udara dan dapat mengganggu kesehatan masyarakat.

Sekam padi yang selama ini dipandang sebagai limbah yang dianggap sebagai polutan lingkungan sebenarnya adalah salah satu sumber energi biomasa yang dipandang penting untuk menanggulangi krisis energi belakangan ini khususnya di daerah pedesaan. Ketersediaan sekam padi di hampir 75 negara di dunia diperkirakan sekitar 100 juta ton dengan energi potensial berkisar $1,2 \times 10^9$ GJ/tahun dan mempunyai nilai kalor rata-rata 15 MJ/kg (Fang, 2004). Tidak seperti sumber bahan bakar fosil, ketersediaan energi sekam padi tidak hanya jumlahnya berlimpah tetapi juga merupakan energi terbarukan. Beberapa sumber energi biomasa mempunyai kendala akan besarnya biaya investasi untuk pengumpulan, transportasi dan penyimpanan. Akan tetapi untuk energi sekam padi, biaya-biaya diatas relatif lebih kecil karena lokasinya sudah terkonsentrasi pada pabrik-pabrik penggilingan padi. Jika suatu teknologi tersedia, bahan bakar sekam padi ini akan bisa dikonversi menjadi energi thermal untuk kebutuhan tenaga listrik di daerah pedesaan. Energi terbarukan yang bersumber dari sekam padi telah lama dilirik penggunaannya dan bahkan telah dikonversi menjadi listrik di beberapa negara seperti China dan India. Salah satu alasan kenapa bahan bakar sekam padi masih jarang dipakai sebagai sumber energi yaitu karena kurang-cukupan informasi tentang karakteristik dan emisi yang dihasilkannya.

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 biomassa 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. Sekam padi memiliki komponen utama seperti selulosa (31,4 – 36,3 %), hemiselulosa (2,9 – 11,8 %) , dan lignin (9,5 – 18,4 %) (*Champagne, 2004*). Selulosa dan hemiselulosa adalah suatu polisakarida yang dapat dipecah menjadi monosakarida untuk selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk produksi senyawa-senyawa yang berguna, salah satunya adalah etanol. Produksi etanol dari suatu sumber daya alam terbarukan (untuk selanjutnya disebut bio-etanol) sejalan dengan program pemerintah melalui instruksi Presiden No 1 Tahun 2006 tanggal 25 Januari 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai bahan bakar alternatif. Selain itu pemanfaatan sekam padi untuk produksi etanol berkontribusi pada penanganan limbah pertanian. Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30%, dedak antara 8- 12% dan beras giling antara 50-63,5% data bobot awal gabah. Sekam dengan persentase yang tinggi tersebut dapat menimbulkan problem lingkungan.

II. LANDASAN TEORI

Jerami adalah hasil samping usaha pertanian berupa tangkai dan batang tanaman sereal yang telah kering, setelah biji-bijianya dipisahkan. Massa jerami kurang lebih setara dengan massa biji-bijian yang dipanen. Jerami memiliki banyak fungsi, di antaranya sebagai bahan bakar, pakan ternak, alas atau lantai kandang, pengemas bahan pertanian (misal telur), bahan bangunan (atap, dinding, lantai), mulsa, dan kerajinan tangan. Jerami umumnya dikumpulkan dalam bentuk gulungan, diikat, maupun ditekan. Mesin baler dapat membentuk jerami menjadi gulungan maupun kotak.

2.1. Bioetanol

Bioetanol (C₂H₅OH) adalah alkohol yang dibuat dari fermentasi bahan-bahan organik, seperti jagung, tebu, jerami (padi dan gandum) dalam suatu proses yang mirip dengan pembuatan bir. Hasil akhirnya dicampur dengan bensin untuk mengurangi polutan gas buang kendaraan termasuk didalamnya CO₂.

Emisi CO₂ yang dihasilkan pembakaaraan bioetanol sama dengan pembakaran bensin, akan tetapi dengan bioetanol CO₂ akan digunakan oleh tumbuhan ketika terjadi fotosintesis. Hal tersebut menjadikan bioetanol sangat menarik untuk mencari jalan keluar dalam mengurangi emisi

2.2. Bahan Baku Bioetanol

1. Nira bergula (sukrosa): nira tebu, nira nipah, nira sorgum manis, nira kelapa, nira aren, nira siwalan, sari-buah mete
2. Bahan berpati: tepung-tepung sorgum biji (jagung cantel), sagu, singkong/gaplek, ubi jalar, ganyong, garut, umbi dahlia.
3. Bahan berselulosa (lignoselulosa) yang sekarang belum ekonomis, teknologi proses yang efektif diperkirakan akan komersial pada dekade ini. Sumber biomassa lignoselulosa dapat dikelompokkan sebagai berikut :
 1. Limbah pertanian atau industri pertanian : jerami, tongkol jagung, sisa paangkas jagung
 2. Limbah perkebunan : TKKS, bagase, sisa paaangkas tebu, kulit kakao, kulit buah kopi,dll.
 3. Limbah kayu dan kehutanan : sisa gergaajian, limbah sludge pabrik kertas, dll.
 4. Sampah organik : sampah rumah tangga, sampah pasar, dll.

2.3. Bioetanol dari Jerami

1. Jerami

Secara umum jerami dan bahan lignoselulosa lainnya tersusun dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa tersusun dari monomer-monomer gula sama seperti gula yang menyusun pati (glukosa). Selulosa ini berbentuk serat-serat yang terpilin dan diikat oleh hemiselulosa,

kemudian dilindungi oleh lignin yang sangat kuat. Akibat dari perlindungan lignin dan hemiselulosa ini, selulosa menjadi sulit untuk dipotong-potong menjadi gula (proses hidrolisis). Salah satu langkah penting untuk biokonversi jerami menjadi ethanol adalah memecah perlindungan lignin ini.

Kandungan jerami menurut Karimi (2006) sebagai berikut :

1. Komponen Kandungan (%)
2. Hemiselulosa 27 ($\pm 0,5$)
3. Selulosa 39 (± 1)
4. Lignin 12 ($\pm 0,5$)
5. Abu 11 ($\pm 0,5$)

Potensi etanol dari jerami padi menurut Kim dan Dale (2004) adalah sebesar 0,28 L/Kg jerami. Dan menurut Badger (2002) adalah sebesar 0,20 L/Kg jerami. Dari data ini, tentunya bisa diperkirakan berapa potensi etanol dari padi di Indonesia.

2. Proses Biokonversi Jerami menjadi Etanol

Jerami padi yang baru saja dipanen dikumpulkan di suatu tempat. Jerami ini kemudian di cacah-cacah dengan mesin cacah agar ukurannya menjadi kecil-kecil dan siap untuk dilakukan pretreatment. Banyak cara untuk melakukan pretreatment, misalnya dengan cara ditekan dan dipanaskan secara cepat dengan uap panas (Steam Exploded). Bisa juga dengan cara direndam dengan kapur selama waktu tertentu. Ada juga yang merendamnya dengan bahan-bahan kimia yang bisa membuka perlindungan lignin. Setelah pelindung lignin ini menjadi 'lunak', maka jerami siap untuk dihidrolisis.

Ada dua cara umum untuk hidrolisis, yaitu: hidrolisis dengan asam dan hidrolisis dengan enzyme. Hidrolisis asam biasanya menggunakan asam sulfat encer. Jerami dimasak dengan asam dalam kondisi suhu dan tekanan tinggi. Dalam kondisi ini waktu hidrolisisnya singkat. Hidrolisis bisa juga dilakukan dalam suhu dan tekanan rendah, tetapi waktunya menjadi lebih lama. Hidrolisis dilakukan dalam dua tahap. Pada tahap pertama sebagian besar hemiselulosa dan sedikit selulosa akan terpecah-pecah menjadi gula penyusunnya. Hidrolisis tahap kedua bertujuan untuk memecah

sisa selulosa yang belum terhidrolisis. Dengan dua tahap hidrolisis ini diharapkan akan diperoleh gula dalam jumlah yang banyak.

3. Hidrolisat Jerami.

Cairan hidrolisat (hasil hidrolisis) asam memiliki pH yang sangat rendah dan kemungkinan ada juga senyawa-senyawa yang beracun untuk mikroba. Hidrolisat ini harus dinetralkan dan didetoksifikasi sebelum difermentasi menjadi ethanol. Tujuan dari netralisasi dan detoksifikasi adalah untuk menetralkan pH dan menghilangkan senyawa racun tersebut. Hidrolisat yang sudah netral tersebut siap untuk difermentasi menjadi ethanol. Cara kedua hidrolisis adalah dengan menggunakan enzyme selulase. Enzyme ini memiliki kemampuan untuk memecah selulosa menjadi glukosa. Penggunaan enzyme lebih efisien dalam menghidrolisis selulosa. Keuntungan lainnya adalah bisa digabungkan dengan proses fermentasi yang dikenal dengan metode SSF (simultaneous saccharification and fermentation). Namun untuk saat ini harga enzyme masih mahal. Proses fermentasi hidrolisat selulosa sama seperti proses fermentasi etanol pada umumnya. Mikroba yang umum digunakan adalah ragi roti (yeast). Setelah hidrolisat difermentasi selama beberapa waktu, maka tahap berikutnya adalah purifikasi ethanol. Proses purifikasi ethanol ini tidak jauh berbeda dengan purifikasi ethanol dari singkong. Prosesnya meliputi distilasi dan dehidrasi. Proses distilasi akan meningkatkan kandungan ethanol hingga 95%. Sisa air yang masih ada dihilangkan dengan proses dehidrasi hingga kandungan ethanol mencapai 99.5%. Ethanol siap digunakan untuk mobil Anda.

Tabel 1. Analisis proksimat dan ultimat sekam padi

| Komponen | % Massa |
|--|---------|
| Analisis proksimat, dasar kering udara | |
| Volatil | 57,06 |
| Karbon tetap | 15,58 |
| Abu | 19,52 |

| | |
|-----------------------------------|--------|
| Air | 7,84 |
| Analisis ultimat, dasar bebas air | |
| Karbon | 34,92 |
| Hidrogen | 5,59 |
| Nitrogen | 0,34 |
| Sulfur | 0,08 |
| Oksigen | 39,55 |
| Abu | 19,52 |
| LHV, kJ/kg | 14.807 |

Pada pembakaran maupun gasifikasi sekam padi dihasilkan limbah padat berupa arang dan Abu sekam. Kedua jenis limbah ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Arang sekam dapat dimanfaatkan dalam pengolahan air limbah.

Berikut ini akan dibahas lebih detail teknologi pembakaran dan gasifikasi biomasa. Walaupun demikian masih terdapat beberapa teknologi lain pemanfaatan biomasa sebagai sumber energi seperti peletisasi, *pulverised biomass*, briket, pirolisis dan *liquification* karbonisasi, dan lainnya.

III. METODE PENELITIAN

Sebagai negara agraris, Indonesia memproduksi biomassa dalam jumlah besar. Salah satu limbah pertanian adalah sekam padi, berat sekam yang dihasilkan adalah 22% dari berat gabah kering giling.

Diharapkan potensi sekam padi yang cukup besar ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan sumber energi listrik untuk penyediaan listrik di pedesaan. Pembangunan pembangkit listrik dengan bahan bakar sekam padi di desa yang terpencil dan belum terjangkau oleh layanan listrik dapat memacu pertumbuhan ekonomi setempat.

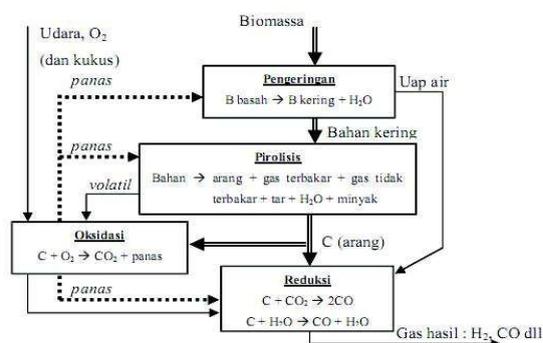
Penerapan Teknologi Gasifikasi

a). Gasifikasi

Gasifikasi merupakan proses konversi bahan bakar padat (misalnya biomassa, batubara) menjadi produk gas dengan menggunakan udara/O₂/H₂O/CO₂, atau campurannya dengan nisbah reaktan antara 20–70% dari kebutuhan

stokiometrinya. Produk gas tersebut dikenal sebagai gas produser yang terdiri dari gas-gas mempan bakar (CO, H₂, dan CH₄) dan gas-gas tidak mempan bakar (CO₂ dan N₂). Gas-gas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Selain gas-gas tersebut, gas produser juga mengandung tar dan kontaminan yang lain.

Proses gasifikasi terdiri dari beberapa tahap, yaitu proses pengeringan, pirolisis, oksidasi, dan reduksi. Tahap-tahap gasifikasi secara skematik ditampilkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Proses Gasifikasi

Pengeringan, merupakan proses penguapan uap air yang terjadi pada temperatur 100 – 250 °C.

Pirolisis, yaitu dekomposisi termal umpan padat menghasilkan gas yang dapat terbakar (H₂, CO, CH₄, hidrokarbon lain), gas yang tidak terbakar (CO₂, H₂O), tar, minyak, dan arang. Tahap ini berlangsung pada temperatur antara 250–500 °C.

Oksidasi, juga sering disebut pembakaran, adalah tahap di mana terjadi reaksi antara biomassa, arang dan hasil-hasil pirolisis dengan oksigen dari media penggasifikasi. Reaksi ini sangat eksoterm, sehingga panas yang dihasilkannya dapat memenuhi kebutuhan proses pengeringan, pirolisis, dan reduksi. Umumnya, temperatur pembakaran mencapai 1200 °C. ΔH₂₉₈ = -393,5 kJ/mol

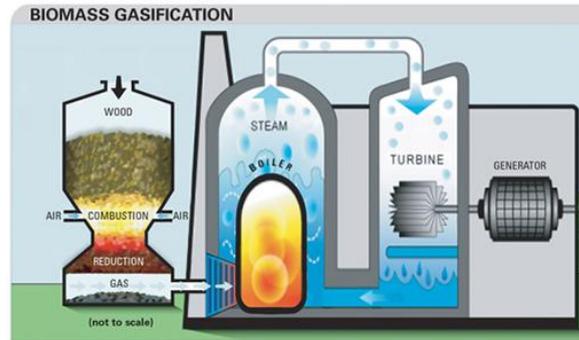
Reduksi, yaitu tahap berlangsungnya reaksi kesetimbangan antara CO₂ hasil tahap oksidasi dengan arang yang dihasilkan tahap pirolisis. Reaksi ini bersifat endoterm, dengan panas yang dibutuhkan diperoleh dari tahap oksidasi, yang dapat berlangsung pada temperatur

di atas 800 – 1000 oC. Adapun reaksi reduksi yang terjadi antara karbon dengan karbon dioksida disebut reaksi Boudouard.

Berdasarkan realita yang terjadi pada saat ini, yaitu bahwa konsumsi minyak bumi dan gas semakin meningkat dan di sisi lain tersedianya berbagai limbah khususnya pertanian yang berupa biomassa, dengan demikian sudah waktunya teknologi gasifikasi biomassa dikembangkan dan diimplementasikan di Indonesia untuk mengolah biomassa sebagai sumber energy alternative yang terbarukan.

Proses gasifikasi adalah suatu proses pembentukan bahan bakar gas (CO, H₂, dan metana (CH₄) dari reaksi kimia bahan baku padatan yang bersifat Carboneosos dan Cellulose misalnya sekam padi, kayu, batubara dan limbah pertanian dan kehutanan. Kompor gasifikasi sekam padi adalah suatu alat yang dikembangkan untuk memasak dengan memanfaatkan sekam padi sebagai bahan bakarnya, dengan proses gasifikasi yaitu mengolah biomassa (sekam padi) menjadi bahan bakar gas yang hampir serupa dengan gas LPG (Romli, 2009). Prinsip operasional, secara sederhana melalui tahapan sebagai berikut :

- Tahap pengeringan : Pada tahap ini bahan baku akan mengalami pengeringan akibat panas reaksi dari tahap oksidasi.
- Tahap pirolisa : Bahan baku yang turun lebih ke bawah akan mengalami pemanasan pada suhu yang lebih tinggi lagi yang menyebabkan bahan baku terpecah menjadi arang, tar, minyak, gas dan produk pirolisa lain.
- Tahap oksidasi : Bahan hasil tahap pirolisa akan teroksidasi oleh oksigen dari udara. Panas yang dihasilkan dari reaksi ini digunakan untuk proses pengeringan, pirolisa dan reaksi endoterm lainnya.
- Tahap reduksi : Di bawah daerah oksidasi terjadi reaksi reduksi, reaksi tukar dan metamasi gas yang bernilai kalor terutama dihasilkan di tahap ini.

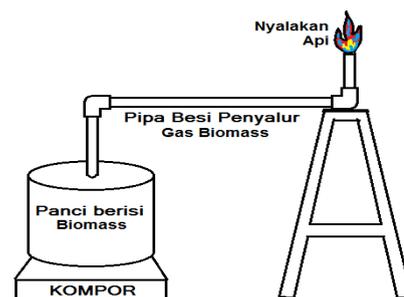


Gambar 2. Proses gasifikasi biomassa

Dengan menggunakan kompor gasifikasi sekam padi ada beberapa keuntungan yang dapat diperoleh, antara lain :

1. Mudah untuk dioperasikan.
2. Menghemat biaya pengeluaran : Hal ini dibandingkan dengan penggunaan gas LPG, penggunaan kompor sekam padi menghemat antara 50 % – 60 % dengan asumsi pemakaian lamanya memasak sama.
3. Ramah lingkungan karena hampir tidak ada asap yang keluar dari proses tersebut.
4. Terhindar dari bahaya meledak, karena kompor ini beroperasi pada tekanan udara normal.
5. Sisa pembakaran berupa arang sekam, berguna untuk media tanaman.
6. Intensitas api bisa dapat diatur dengan cara mengatur mengatur udara yang masuk ke ruang pembakaran.

Karena sangat membutuhkan jumlah udara, kompor ini membutuhkan listrik untuk menghidupkan fan (kipas), yang besarnya 12 watt.

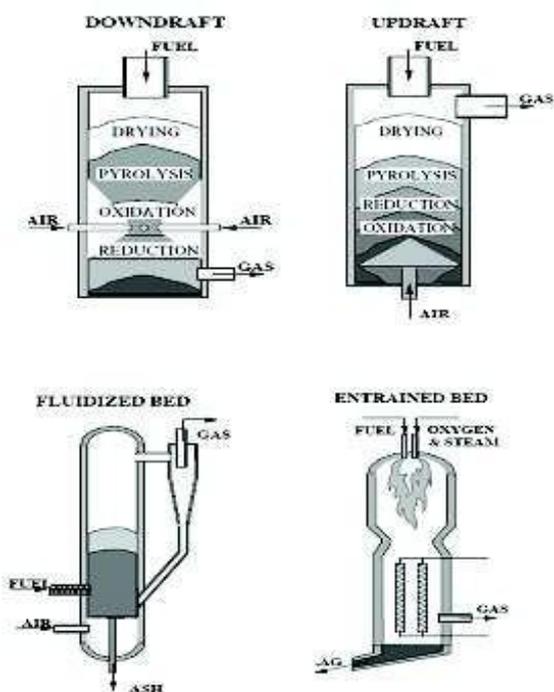


Gambar 3. Proses sederhana gasifikasi

Tipe gasifier yang digunakan berpengaruh terhadap kandungan tar dan partikulat yang dihasilkan dalam gas produser. Kandungan tar dan partikulat yang dihasilkan dari gasifikasi biomassa pada beberapa tipe gasifier ditunjukkan di Tabel 2 berikut

Tabel 2. Kandungan tar dan partikulat pada beberapa tipe gasifier (pada kapasitas yang tepat)

| Tipe gasifier | Tar (mg/Nm ³) | Partikulat (mg/Nm ³) |
|----------------------|---------------------------|----------------------------------|
| <i>Updraft</i> | 10.000 – 100.000 | 100 – 1.000 |
| <i>Downdraft</i> | 50 – 500 | 100 – 8.000 |
| <i>Fluidized Bed</i> | 2.000 – 10.000 | 100 – 8.000 |
| <i>Entrained Bed</i> | 8.000 – 30.000 | 30.000 – 100.000 |



Gambar 4. Beberapa tipe reaktor gasifikasi

b). Teknologi Pembersihan Gas Produser

Agar dapat digunakan untuk menjalankan motor, gas produser harus dibersihkan terlebih dahulu dari debu partikel padat dan tar, karena keberadaan kedua benda tersebut dapat mengganggu kinerja motor atau menyebabkan penyumbatan terhadap perpipaan. Selain itu gas produser tersebut juga harus didinginkan agar volume spesifiknya turun

sehingga menaikkan efisiensi volumetrik pada saat digunakan.

Ada beberapa teknik pembersihan dan pendinginan gas produser diantaranya adalah:

- tar dapat diturunkan konsentrasinya dengan menggunakan oksidasi terbatas, steam cracking, catalysts, dan pulse corona discharged.
- debu (partikulat) umumnya dibersihkan dengan siklon atau saringan (filter). dari pengalaman skala laboratorium, abu dengan beban 600-1500 mg/Nm³ dan jelaga (soot) atau charcoal dapat dibersihkan dengan siklon
- untuk partikel kecil (fine particle) dapat dibersihkan dengan baghouse yang dilengkapi dengan saringan (filter) dan bekerja pada temperatur 150-200 oC, untuk operasi yang kontinu, saringan perlu dibersihkan dengan sesekali mengalirkan gas nitrogen pada tekanan tinggi.

Teknologi pembersihan gas produser pada satu sistem gasifikasi, bisa melibatkan satu atau lebih teknik pembersihan tar.

Salah satu contoh pemanfaatan tersebut adalah penggunaan sekam padi pada Pembangkit Listrik.Tenaga Diesel. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) komersial pertama yang menggunakan. Bahan bakar sekam padi berada di penggilingan padi milik PT (Persero) Pertani di Desa Haurgeulis, Kecamatan Haurgaulis, Kabupaten Indramayu. PLTD berkekuatan 1 x 100 kilowatt (kw) tersebut dibangun PT Indonesia Power dan PT Pertani.

Prinsip keda PLTD berbahan bakar sekam padi itu adalah mencampurkan gas hasil gasifikasi sekam padi pada temperatur tinggi dengan bahan bakar minyak (BBM) di dalam ruang bakar motor diesel yang menggerakkan turbin untuk menghasilkan tenaga listrik. Pencampuran BBM dengan gas sekam padi dapat menghemat pemakaian BBM hingga 80 persen dari jumlah pemakaian semula, sehingga biaya operasional untuk membangkitkan listrik dengan daya yang sama dapat berkurang jauh. Sebagai gambaran, jika PLTD berkapasitas 100 kW dioperasikan penuh dengan menggunakan BBM, dibutuhkan 0,3 liter

BBM per kWh (kilowatt hour). Sementara jika ditambahkan gas sekam padi, hanya dibutuhkan 0,06 liter per kWh ditambah sekam padi sebanyak 1,5 kg per kWh.

Pemanfaatan sekam padi sebagai sumber energi alternatif perlu disesuaikan dengan potensi ketersediaan bahan yang akan diolah, serta potensi peruntukannya. Di daerah dengan lahan pertanian yang luas tentu dapat dihasilkan sekam padi dalam jumlah besar, sedangkan di daerah lain produksi sekam padi lebih kecil. Transportasi sekam padi tidak efisien karena rapat massa sekam padi yang kecil. Oleh karena itu pemanfaatan sekam padi perlu disesuaikan dengan ketersediaannya di masing-masing daerah.

Teknologi gasifikasi biomassa di Indonesia telah berkembang di beberapa institusi di Indonesia, walaupun pada umumnya masih bersifat proyek demonstrasi dan belum sepenuhnya berkembang secara komersil. Sebagai contoh aplikasi teknologi gasifikasi di Indonesia adalah proyek demonstrasi gasifikasi sekam padi untuk produksi listrik dengan daya sebesar 100 kW di PLTD-G Sekam Padi di daerah Haurgeulis, Indramayu, Jawa Barat.

Konsep energi pedesaan atau konsep desa mandiri energi di beberapa daerah sudah /sedang digalakkan pemerintah. Konsep ini harus diawali dengan pemetaan

sudah /sedang digalakkan pemerintah. Konsep ini harus diawali dengan pemetaan potensi sumber energi lokal yang dapat diperbaharui dan jenis pemakaian energi di lokasi tersebut. Berikut beberapa informasi yang penting dari budaya pemakaian energi di pedesaan.

Rata-rata konsumsi energi perkapita harian dalam rumah tangga pedesaan adalah sekitar 25 MJ.

Kegiatan utama yang menyerap banyak energi adalah untuk memasak sekitar 95% dan penerangan yaitu sekitar 5%.

Selain kebutuhan energi untuk memasak dan penerangan, energi pedesaan diperlukan untuk kegiatan ekonomi. Listrik dan bahan bakar minyak utamanya untuk menggerakkan peralatan pertanian, pertukangan, penggergajian, dan lainnya.

Selain energi pedesaan untuk sektor rumah tangga, perlu dilihat kemandirian energi pada sektor usaha kecil menengah. Pada usaha penggilingan padi skala menengah, kapasitas gabah kering giling di Kabupaten Maros rata-rata 10 ton/hari. Dari aktivitas penggilingan padi ini akan diperoleh sekitar 2.000 kg sekam/hari (1 hari = 8 jam). Dengan nilai kalor 14,8 MJ/kg, mampu diperoleh energi dari sekam padi sebanyak 29.600 MJ/8 jam. Kebutuhan solar per hari adalah 50 liter yang digunakan untuk menggerakkan Mesin Diesel Fuso PS 190 dengan konsumsi Solar 50 L/8 jam. Jika sebagian konsumsi solar disubstitusi dengan teknik gasifikasi sekam padi akan diperoleh penghematan bahan bakar solar sekitar 25– 40 L/8 jam dan panas dari proses gasifikasi dapat digunakan untuk proses pengeringan padi. Secara teknis biaya investasi yang perlu ditambahkan utamanya pada reaktor gasifikasi dan peralatan gas cleaning. Unit genset berbahan bakar solar masih dapat digunakan hanya diperlukan sedikit modifikasi supaya dapat bekerja dengan bahan bakar dari gas gasifikasi.

4.2. Keunggulan Sekam Padi

Pemanfaatan sekam padi selama ini belumlah optimal kebanyakan digunakan sebagai alas kandang peternak ayam.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Potensi Sekam Padi sebagai Sumber Energi Listrik di Pedesaan

Teknologi gasifikasi biomassa di Indonesia telah berkembang di beberapa institusi di Indonesia, walaupun pada umumnya masih bersifat proyek demonstrasi dan belum sepenuhnya berkembang secara komersil. Sebagai contoh aplikasi teknologi gasifikasi di Indonesia adalah proyek demonstrasi gasifikasi sekam padi untuk produksi listrik dengan daya sebesar 100 kW di PLTD-G Sekam Padi di daerah Haurgeulis, Indramayu, Jawa Barat.

Konsep energi pedesaan atau konsep desa mandiri energi di beberapa daerah

Tak jarang terlihat pada usaha-usaha penggilingan padi tumpukan sekam yang sudah menggunung dibakar begitu saja, untuk selanjutnya hanya digunakan sebagai material untuk timbunan. Sedangkan abu sisa pembakaran pun dibiarkan begitu saja.

Kelebihan sekam padi umumnya sudah tersedia dalam jumlah yang besar dan juga sekam padi tersebar dalam konsentrasi-konsentrasi lokasi sesuai dengan lokasi dari unit-unit penggilingan padi (*rice milling*). Pemanfaatan Sekam bag Jika produksi padi Kabupaten Maros rata-rata sebesar 202 ribu ton padi berarti dapat diperoleh sekitar 40 ribu ton sekam padi per tahun, dari data dilapangan satu ton padi dapat diperoleh sekitar 200 kg sekam padi. Nilai kalor sekam padi sekitar 14,8 MJ/kg-basis kering, sehingga dalam satu tahun potensi energi yang terkandung dalam sekam padi sebesar 592 ribu GJ. Dapat dihitung bahwa dalam satu ton padi tersimpan energi yang bersumber dari sekam sekitar 200 kg sekam padi x 14,8 MJ/kg = 2960 MJ (822,2 kWh) atau tersedia sekitar 4,11 kWh/kg sekam padi. Andaikan proses konversi energi sekam padi menjadi energi listrik sebesar 30 % maka energi listrik yang dapat dihasilkan adalah sebesar 49.500 MWh. Energi listrik sebesar ini dapat dibangun menjadi beberapa unit pembangkit listrik berbahan bakar gas produser dari sekam padi dan solar (*dual-fuel*), besar energi listrik sebaiknya disesuaikan dengan luas areal tanaman padi. Penghematan bahan bakar solar dengan teknologi gasifikasi sekam padi ini sekitar 50 – 80%.

Maka secara keseluruhan Dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia, kebutuhan akan listrik juga semakin meningkat. Sampai dengan saat ini masih ada beberapa wilayah di Indonesia yang masih belum terjangkau listrik, terutama di wilayah-wilayah terpencil dan daerah tertinggal. Dalam artikel ini akan dibahas tentang pemanfaatan limbah sekam padi yang bisa menjadi sumber energi listrik terbaharukan yang bermanfaat bagi wilayah-wilayah terpencil dan daerah tertinggal. Penulis akan lebih menghususkan penerapannya hanya

untuk wilayah Kalimantan yang memiliki potensi besar dari segi lahan pertanian, hutan dan alamnya.

Daerah-daerah di Kalimantan banyak yang belum dialiri oleh listrik karena daya mampu PLN lebih kecil daripada kapasitas yang terpasang. Dengan luasnya lahan pertanian di Kalimantan Selatan dapat dijadikan sebagai sentra Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) dari limbah pertanian berupa sekam padi yang belum digunakan secara maksimal.

Dengan belum digunakannya secara maksimal peluang pemanfaatan PLTBm dari limbah sekam padi tersebut di wilayah Kalimantan Selatan, dapat ditarik sebuah analisis dan peluang yang sangat besar dari proyek tersebut. Menurut data statistik ketenagalistrikan Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan tahun 2014, rasio elektrifikasi di Provinsi Kalimantan Selatan ditargetkan meningkat dari sekitar 86.91% pada tahun 2015 menjadi sekitar 100% pada tahun 2021. Untuk mencapainya diperlukan kenaikan jumlah rumah tangga berlistrik rata-rata sekitar 41.360 rumah tangga per tahun. Sementara itu untuk mempertahankan rasio elektrifikasi sekitar 100% sampai dengan tahun 2034 diperlukan kenaikan jumlah rumah tangga berlistrik rata-rata sekitar 12.752 rumah tangga per tahun.

Dengan data tersebut, proyek ini akan membantu masyarakat dapat memenuhi kebutuhan listriknya dari sumber energi alternatif yang aman dan ramah lingkungan. Untuk jangka pendek, proyek ini hanya bisa memenuhi kebutuhan pasokan listrik wilayah Kalimantan Selatan. Setelah mampu memenuhi kebutuhan pasokan listrik di wilayah Kalimantan Selatan, baru akan merambah ke propinsi-propinsi di Kalimantan Lainnya. Dan proyek ini ditargetkan dalam jangka panjang akan memenuhi kebutuhan pasokan listrik se-Kalimantan. Proyek ini sudah pasti akan bekerjasama dengan PT. PLN sebagai regulator pelistrikan Indonesia yang kemudian harganya juga akan ditentukan oleh PT.PLN. Diperkirakan harga yang ditawarkan untuk jaringan tegangan menengah sebesar Rp1.150 per kWh dan

untuk jaringan tegangan rendah sebesar Rp1.500 per kWh.

Dalam penerapannya, pusat pengolahan sumber energi listrik akan berada di wilayah Kalimantan Selatan tepatnya di Kecamatan Tabunganen, Kabupaten Barito Kuala. Hasil pengambilan sekam padi dari setiap kecamatan di kabupaten-kabupaten di Kalimantan Selatan akan diolah di mesin dengan Penerapan metode CHP sebagai metode terintegrasi dengan mesin yang ramah lingkungan selanjutnya listrik tersebut akan disalurkan ke generator listrik, dan barulah kemudian disalurkan ke PLN melalui SUTET. Dengan menggunakan mesin tersebut, zat-zat yang tak terpakai akan mengurangi 200,000 ton CO₂, lebih sedikit dari biasanya.

Berdasarkan hitungan NPV (Net Present Value), IRR (Internal Rate of Return), dan PI (Profitability Index), ditunjukkan bahwa proyek memberikan nilai NPV yang positif sebesar Rp 14,326,371,522 dalam jangka waktu sepuluh tahun, sehingga proyek ini layak untuk dijalankan. Dari perhitungan, Internal Rate of Return (IRR) berada antara 30% dan 25%, maka perhitungan IRR, menghasilkan nilai IRR = 28.6425 %. Bila dibandingkan dengan tingkat bunga 10%, nilai IRR ini jauh lebih tinggi, begitu juga dengan PI menghasilkan nilai 1,9543 sehingga proyek feasible untuk dijalankan. Proyek ini akan menghasilkan keuntungan sehingga membuat payback period akan terjadi pada 3,28 tahun.

V. KESIMPULAN

Pemanfaatan sekam padi dapat digunakan sebagai energy alternative yang terbarukan, untuk kebutuhan rumah tangga dengan menggunakan alat kompor sekam padi sehingga efektif dan efisien.

Perlu di sosialisasikan atau dilakukan penyuluhan kepada masyarakat untuk

menggunakan kompor gas sekam padi sebagai alat dalam proses memasak untuk kebutuhan setiap hari. Dan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Gasifikasi Biomassa sekam padi merupakan salah satu harapan untuk pemenuhan energi listrik khususnya di pedesaan
- Jika proses konversi energi sekam padi melalui teknologi gasifikasi menjadi energi listrik dicapai sebesar 30 % maka energi listrik yang dapat dihasilkan adalah sebesar 49,5 MWh

REFERENSI

- 1). Daryanto. 1995. *Ekologi dan Sumber Daya Alam*. Bandung:Tarsito
- 2). KOMPAS. 2011. *Bahan Bakar Fosil Habis 30 Tahunlagi*. (Online). <http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2011/07/27/20141288/Bahan.Bakar.Fosil.Habis.30.tahun.Lagi> diakses pada tanggal 30 November 2014
- 3). Samadi. 2010. *Geography For Senior High School Year XI*. Jakarta: Yudhistira
- 4). <http://www.kamusq.com/2014/06/biomassa-adalah-pengertian-dan-definisi.html>
- 5). <http://cozer.id/jelajah/799/apa-itu-bioetanol-mengapa-disebut-pengganti-bensin-yang-ramah-lingkungan->