

INTEGRASI ENERGI SURYA DAN *MUNICIPAL SOLID WASTE* (MSW) UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIFITAS PEMBANGKIT LISTRIK DI BANGLI

Adi Pratama Putra, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma dan I Wayan Bandem Adnyana

Program Magister Teknik Mesin, Universitas Udayana

Jl. PB Sudirman Denpasar Bali

e-mail: tama.adie@yahoo.com

Abstrak : Pemerintah pusat mencanangkan pentingnya hemat energi serta berusaha untuk mengembangkan pembangkit listrik dengan menggunakan energi alternatif. Namun pemakaian energi alternatif secara keekonomian sangatlah kurang. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka diperlukan integrasi beberapa energi alternatif, salah satunya adalah *Municipal Solid Waste* (MSW) yang diintegrasikan dengan energi surya (PLTS), sehingga dapat memberikan peningkatan nilai keekonomian dan meningkatkan produktifitas pembangkit di Bangli yang sekarang ini telah ada PLTS. Limbah MSW kabupaten Bangli terdiri atas 54 m³ berupa plastik, 36 m³ berupa kertas/kardus yang dapat digunakan sebagai bahan baku briket, 72 m³ berupa limbah organik, pertanian dan sisa makanan dan limbah bambu sebesar 36,1 ton. Berdasarkan integrasi tersebut dihasilkan total energi aktual sebesar 163,35 MWh atau 6,80 MW dimana PLTS menghasilkan 0,64 MW sehingga Energi yang didapat dari integrasi adalah sebesar 7,44 MW.

Kata Kunci : Integrasi Energi, Manajemen Integrasi, MSW, Pembangkit

INTEGRATION OF SOLAR ENERGY AND MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW) TO INCREASE ELECTRICAL POWER PRODUCTIVITY IN BANGLI

Abstract: The central government declared the importance of energy saving and trying to develop power plants that use alternative energy. However, the use of alternative energy economically is lacking. To anticipate this can be done by using the integration of several energy alternatives, such as Municipal Solid Waste (MSW) that integrates with solar energy (PLTS) to provide the increase on economic value and increase the productivity of plants in Bangli currently has no solar power. MSW waste Bangli district consists of 54 m³ in the form of plastic, 36 m³ in the form of paper / cardboard that can be used as raw material briquettes, 72 m³ in the form of organic waste, agricultural and food waste and waste amounted to 36.1 tons bamboo. The integration is based on actual energy generated total amounted to 163.35 MWh or 6.80 MW to 0.64 MW which generate solar power so that the energy gained from the integration amounted to 7.44 MW.

Keywords: Energy Integration, Integration Management, MSW, Power Plant

I. PENDAHULUAN

Energi listrik sangat dibutuhkan oleh penduduk dunia begitu juga oleh rakyat di Indonesia, terlebih di Bali, yang tidak memiliki sumber energi yang cukup untuk memenuhi kebutuhannya sendiri. Dengan pertumbuhan kebutuhan listrik yang pesat itu dimana pasokan listrik berasal dari kabel bawah laut dari Jawa yang sudah tidak mencukupi, maka perlu ditingkatkan daya dari energi pembangkit di Bali. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka diperlukan integrasi beberapa energi alternatif dalam pemanfaatan dengan menggunakan kembali potensi energi non fosil khususnya *Municipal Solid Waste* (MSW) atau limbah perkotaan dengan energi alternatif lainnya, yakni energi surya (PLTS).

Bangli juga memiliki potensi energi lain yang cukup besar selain limbah MSW yang belum dimanfaatkan sebagai energi secara optimal, limbah bambu juga berpotensi sebagai bahan baku (*raw material*) energi listrik.

Dengan melihat kondisi saat ini Kabupaten Bangli memiliki Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebesar 1 MW dan MSW yang bisa dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm), maka diperlukan manajemen untuk mengintegrasikan sistem energi tersebut dengan manajemen pembangkit PLTBm dengan menggunakan pola sistem *close loop* mampu memberikan produktifitas *output* yang lebih tinggi.

Berdasarkan uraian di atas maka dirumuskan permasalahan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimanakah bentuk manajemen untuk mengintegrasikan sumber energi PLTS dan PLTBm (MSW) agar meningkatkan produktifitas pembangkit listrik yang optimal?
2. Bagaimanakah bentuk sistem integrasi sumber energi dapat di sinkronisasikan dari berbagai subsistem energi dalam peningkatan pemanfaatan energi non fosil.

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

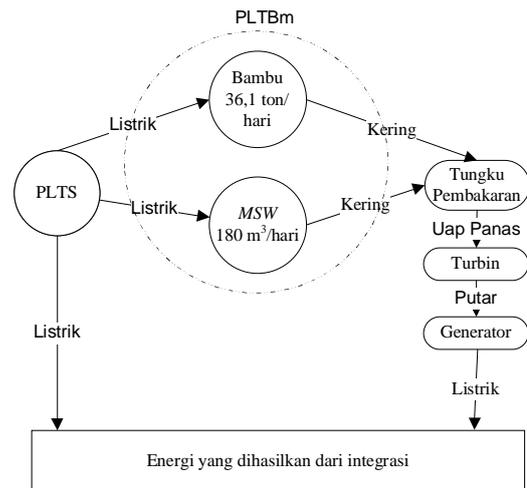
1. Menganalisis bentuk manajemen untuk mengintegrasikan sumber energi PLTS dan PLTBm (MSW) agar meningkatkan produktifitas pembangkit listrik yang optimal.
2. Menganalisis bentuk sistem integrasi sumber energi dapat di sinkronisasikan dari berbagai subsistem energi dalam peningkatan pemanfaatan energi non fosil.

II. METODE PENELITIAN

Terdapat susbsitem lingkungan dan subsistem industri energi, ditinjau dari subsistem lingkungan berupa limbah perkotaan (pertanian, manusia, peternakan) dari beberapa limbah tersebut muncul beberapa klasifikasi yaitu limbah organik dan non organik dimana kedua limbah tersebut diolah kedalam subsistem industri energi (PLTBm) dengan pengolahan proses pemisahan. Selanjutnya subsistem kedua adalah subsistem industri energi, dimana sudah terdapat PLTS dengan daya 1MW, dalam hal ini diperlukan manajemen intergasi guna peningkatan hasil energi berupa energi listrik yang dapat digunakan secara umum, serta mampu mensuplai energi yang dibutuhkan didalam integrasi dan mampu memenuhi kebutuhan listrik sosial.

Sistem integrasi dalam penelitian ini merupakan studi kasus lokasi di Kabupaten Bangli, integrasi sumber energi ditinjau dengan beberapa parameter; parameter teknik, parameter ekonomi, parameter lingkungan dan parameter sosial. Dengan mengintegrasikan subsistem PLTS dan PLTBm Dimana pengukuran parameter teknik terdiri atas aspek materi dan energi, pengukuran parameter ekonomi terkait metode nilai bersih sekarang (NPV), dan PBP.

Integrasi sumber energi ditinjau dari aspek teknik dilihat dari subsistem industri yang memerlukan energi (*fuel*) yang digunakan untuk melakukan proses produksi dan dari sistem produksi menghasilkan energi (*fuel*). Ditinjau dari aspek ekonomi dilihat dari masing – masing model yang didapatkan sebuah proses sistem dan diperlukan analisis integrasi dari setiap susbsistem untuk mengetahui jumlah produksi sebuah sistem dalam menghasilkan dan membutuhkan *fuel* dari pengembangan integrasi sistemik guna peningkatan dan efektifitas integrasi sumber energi, sehingga diperlukan sekali analisa dalam manajemen integrasi antara PLTS dan MSW dalam meningkatkan produktifitas pembangkit listrik dengan metode analisis data lapangan dari data primer sampah, dalam penelitian ini yaitu dengan penerapan metodologi campuran yakni kualitatif dan kuantitatif.



Gambar 1. Integrasi *Flow Process Electricity*

Gambar diatas menunjukkan terdapat 2 komponen subsistem utama, antara lain subsistem Pembangkit Listrik tenaga biomasa (PLTBm) dan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Dari subsistem PLTBm merupakan limbah MSW yang diolah kembali hingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku padat dan kering hingga dapat dimanfaatkan sebagai material tungku pembakaran, uap panas yang dihasilkan ditransfer ke dalam turbin - generator untuk menghasilkan listrik. *Supply* energi listrik dari PLTBm memanfaatkan energi listrik yang dihasilkan dari subsistem PLTS, hal ini dimaksudkan karena PLTS memiliki kapasitas energi 1MW, energi listrik yang dihasilkan PLTS dapat langsung dimanfaatkan oleh pengguna listrik tetapi juga dimanfaatkan didalam unit pengolahan energi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bangli berbatasan dengan Kabupaten Buleleng di sebelah utara, kabupaten Klungkung dan Karangasem di timur, dan kabupaten Klungkung, Gianyar di selatan serta Badung dan Gianyar di sebelah barat. Bangli mempunyai luas sebesar 520,81 km². Penduduknya berjumlah 213.808 jiwa. Obyek wisata di daerah ini antara lain adalah danau Batur. Ibu kotanya berada di Bangli. Bangli mempunyai 4 kecamatan, diantaranya; Kintamani, Susut, Tembuku, dan Bangli, serta memiliki 4 kelurahan dan 56 desa. Bila dilihat dari penggunaan tanahnya, dari luas wilayah yang ada sekita 2.890 Ha merupakan lahan sawah, 29.087 Ha merupakan lahan kering, 9,341 Ha merupakan hutan Negara, 7.719 Ha merupakan tanah perkebunan dan sisanya seluas 3.044 Ha merupakan lahan lain-lain (jalan, sungai dan lain-lain)[2].



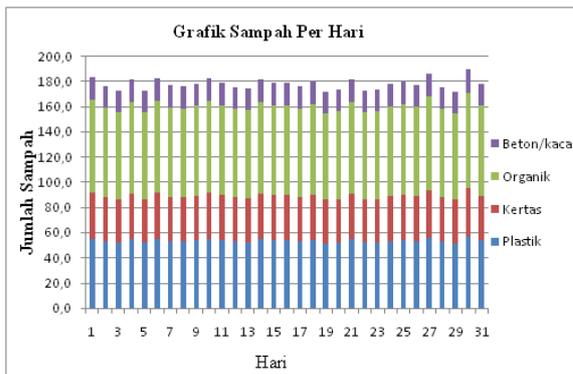
ambar 2. Kondisi limbah perkotaan TPA Bangli

Kondisi TPA Bangli saat ini belum dimanfaatkan secara optimal dalam penggunaannya. Debit sampah perkotaan yang dihasilkan di bangli saat ini sebesar 180 m³ perhari. Dalam kondisi seperti ini, jika limbah perkotaan tidak dimanfaatkan maka semakin menumpuk limbah perkotaan dan berkurangnya lahan produktif di Kabupaten Bangli. Selain itu dari jumlah sampah tersebut dapat diklasifikasikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Klasifikasi Limbah Perkotaan

Jenis Limbah	Prosentase	Volume Limbah (M ³)
Plastik, gabus	30%	54
Kertas, kardus	20%	36
Pertanian, Sisa makanan	40%	72
Kaca, Keramik, beton	10%	18
Jumlah	100%	180

Fluktuasi sampah perharinya lebih jelas terlihat pada grafik dibawah ini.



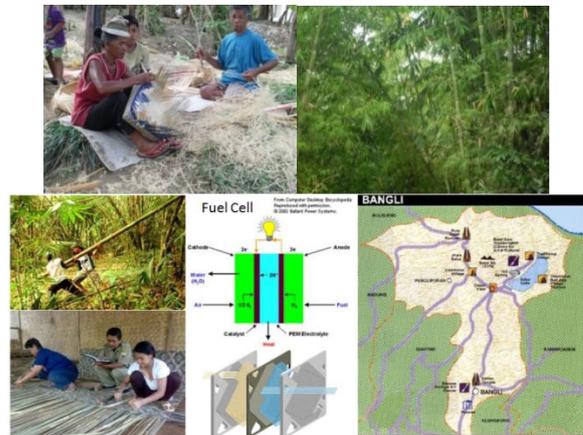
Gambar 3. Fluktuasi sampah per hari

Industri energi di Bangli terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1 Mw dengan daya yang dihasilkan sebesar 700 Kwh, namun dalam hal ini, pemanfaatan PLTS langsung mensuplai gardu induk, sehingga penggunaan PLTS hanya mampu memberikan daya disiang hari. Gambar 5.2. kondisi PLTS saat ini.

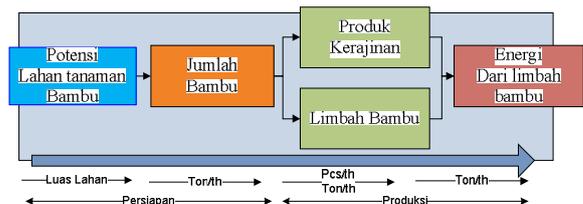


Gambar 4. Kondisi PLTS Bangli

Potensi lain pembangkit listrik juga bisa didapatkan dari limbah bambu yang dihasilkan dari industri kecil dan menengah. Luas lahan tanaman bambu 120,5 ha, yang menghasilkan limbah sebesar 36,1 ton per hari[1]. Gambar 5. menunjukkan potensi bambu sebagai pembangkit energi. Potensi energi yang dihasilkan dari limbah bambu secara ilustrasi digambarkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Potensi sebagai sumber energi



Gambar 6. Aliran produksi biomasa dari bambu

Tabel 2. Neraca Massa limbah MSW

Bahan Baku	Masuk Ke TPA (m ³)	TPA Ke Industri Energi (m ³)	Sisa Tidak Terpakai (m ³)
Plastik, Gabus	54	54	0
Kertas	36	36	0
Pertanian	72	72	0
Kaca	18	0	18
Bambu	38,3	38,3	0
Jumlah	218,3	200,3	18

Tabel 2 merupakan neraca Massa limbah MSW Dalam produksi energi dari limbah perkotaan (msw) semuanya dirubah menjadi energi listrik melalui proses pembakaran dalam sebuah pembangkit listrik ketel uap atau boiler.

Tabel 3. Hasil Uji Nilai Kalor Biomass (LHV)

No	Sampel	Nilai Kalor kJ/kg
1	Plastik dan Kertas	17655
2	Bambu	15157
3	Organik	14941

Produksi energi MSW kering Plastik Kertas

Nilai kalor bawah (LHV) = 17650 kJ/kg

Massa jenis sampah (ρ) = 0,4 kg/liter

Energi panas (Q) = m x LHV [3]

Diketahui $m = \rho \times \text{volume} = \frac{0,4 \text{ kg}}{\text{liter}} \times 90 \text{ m}^3$

$1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ liter}$

$= \frac{0,4 \text{ kg} \times 90.000 \text{ liter}}{\text{liter}}$

$= 36.000 \text{ kg}$

$Q = 36.000 \text{ kg} \times 17650 \text{ kJ/kg}$

$= 635.400.000 \text{ kJ}$

$1 \text{ kJ} = 0.000278 \text{ kWh} [4]$

Maka $635.400.000 \text{ kJ} = 176641,2 \text{ kWh}$

$= 176,6412 \text{ MWh}$

Produksi energi MSW organik, Pertanian dan sisa makanan

Dalam 100% limbah organik mampu menghasilkan 20% limbah kering. Limbah organik sebanyak 72 m³ dengan hasil uji dimana limbah organik basah menghasilkan 20% limbah organik kering atau sama dengan 14,4 m³ limbah, maka :

Produksi limbah organik = 14.400 liter

Energi panas (Q) = m x LHV [4]

Diketahui $m = \rho \times \text{volume} = \frac{0,4 \text{ kg}}{\text{liter}} \times 14,4 \text{ m}^3$

$1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ liter}$

$= \frac{0,4 \text{ kg} \times 14.400 \text{ liter}}{\text{liter}}$

$= 5.760 \text{ kg}$

$= 5.760 \text{ kg} \times 14941 \text{ kJ/kg}$

$= 86.060.160 \text{ kJ}$

Maka $86.060.160 \text{ kJ} = 23,92 \text{ MWh}$

Studi Kelayakan limbah bambu menjadi energi

Dari 100% limbah bambu basah mampu menghasilkan 50% limbah bambu kering atau sama dengan 15.150 kg limbah bambu kering.

Energi panas (Q) = m x HHV [4]

Diketahui $m = 18.050$

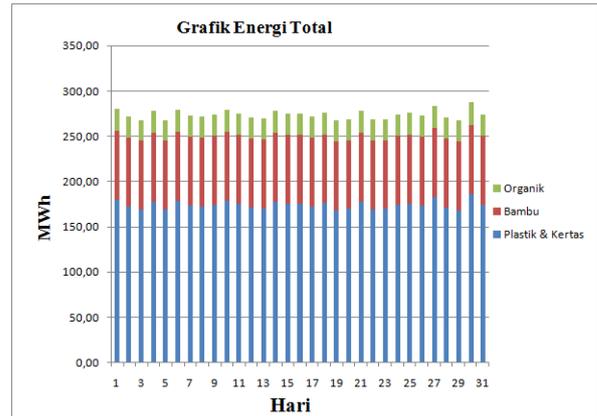
$= 18.050 \text{ kg} \times 15150 \text{ kJ/kg}$

$= 273.457.500 \text{ kJ}$

Maka $273.457.500 \text{ kJ} = 76,02 \text{ MWh}$

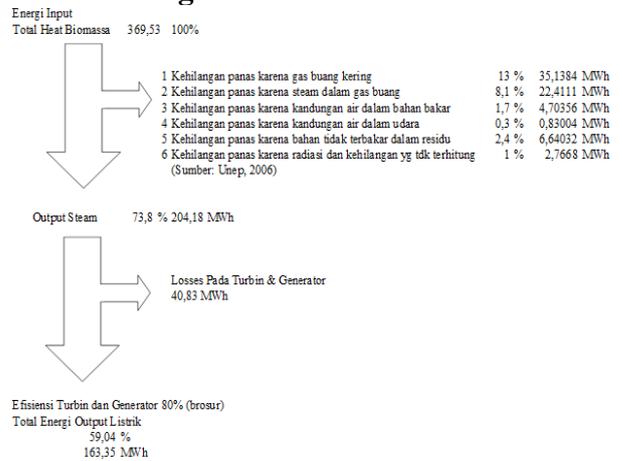
Potensi energi total msw

Energi total = 176,64 + 23,92 + 76,02 = 276,68 MWh



Gambar 7. Grafik Fluktuasi Energi total per hari

Neraca energi

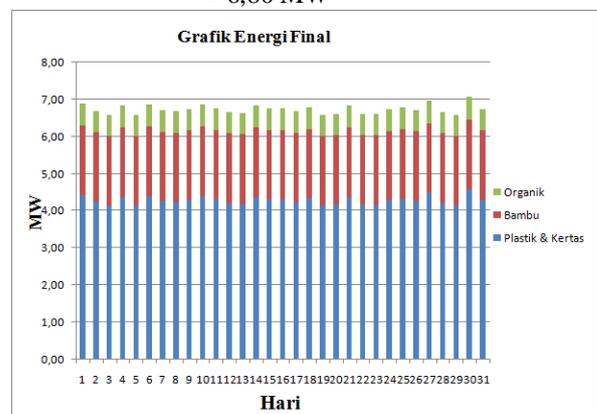


Gambar 8. Neraca Energi [5]

Energi Final

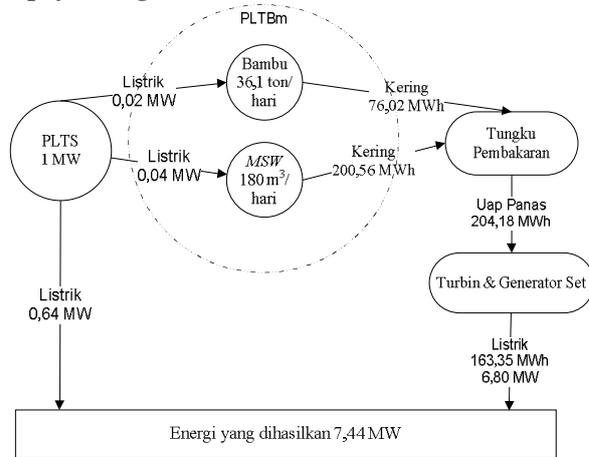
Sesuai dengan pertimbangan losses yang telah dilakukan dari neraca energi diatas, maka potensi energi output yang dapat dihasilkan dari limbah msw tersebut adalah sekitar 59,06 % dari total energi inputnya. Untuk itu jumlah potensi energi output yang dapat dihasilkan tersebut yaitu sebesar :

$Q_{ak} = \eta \times Q_{bb}$
 $= 0,5906 \times 276,68 \text{ MWh}$
 $= 163,40 \text{ MWh}$
 $= 6,80 \text{ MW}$



Gambar 8. Grafik Fluktuasi Energi Final per hari

Upaya Integrasi PLTS dan PLTBm



Gambar 7. Integrasi PLTS dan PLTBm

Terlihat pada gambar diatas bahwa potensi energi listrik dari PLTS yang sebesar 1 MW tidak seluruhnya bisa dipakai, sekitar 30% dari 1 MW atau 0,3 MW terbuang akibat rugi-rugi pada masing-masing unit PLTS tersebut, dan sebagian lagi disuplai ke PLTBm untuk kebutuhan listrik starting awalnya, yaitu sebesar 0,06 MW sehingga suplai listrik yang dapat disalurkan sebesar 0,64 MW, PLTBm sendiri dari sumber bahan bakar MSW dan limbah bambu yang ada memiliki potensi energi sebesar 276,68 MWh, namun seperti halnya pada PLTS potensi sebesar 276,68 MWh tidak seluruhnya dapat menjadi energi, hal ini dikarenakan adanya rugi-rugi kalor pada mesin-mesin yang ada di unit PLTBm. Rugi-rugi kalor tersebut terdiri dari rugi-rugi kalor pada tungku pembakaran sebesar 204,18 MWh (73,8 %), dan rugi-rugi kalor pada unit turbin dan generator set sebesar 163,35 MWh (20%). Dengan demikian suplai energi listrik yang dapat disalurkan untuk memenuhi permintaan energi tersebut hanya sebesar 163,35 MWh atau 6,80 MW.

Sehingga energi listrik total yang didapat adalah sebesar 7,44 MW (penjumlahan antara PLTS dan PLTBm).

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang didapat dalam sistem integrasi sumber energi dalam mendukung energi mandiri didapat kesimpulan dalam penelitian ini adalah :

1. Dari hasil analisa bentuk manajemen dalam integrasi sumber energi PLTS dan PLTBm (MSW) dengan jumlah MSW 180m³ dan limbah bambu 36,1 ton didapatkan energi dari MSW sebesar 276,68 MWh atau 7,80 MW dimana PLTS menghasilkan 0,64 MW sehingga energi yang didapat dari integrasi adalah sebesar 7,44 MW, jauh menghasilkan energi lebih besar jika dibandingkan dengan produktifitas pembangkit listrik sekarang (PLTS).

2. Dari beberapa subsitem integrasi dapat dilakukan dengan model *Integrated Energi System Model (IESM)* yakni dengan mengintegrasikan subsistem; PLTBm dan PLTS.

Daftar Pustaka

- [1] PT Indo Asia Energy Development, 2012. SURVEY & MAPPING The Potential of Bamboo & Bamboo-waste As Source of Supply Feedstock Community Based Biomass at Bangli Regency – Bali Province.
- [2] Pokja Sanitasi Kabupaten Bangli, 2013. Buku putih sanitasi kabupaten bangli profinsi bali
- [3] Partha, G Indra, C. 2012. PENGGUNAAN SAMPAH ORGANIK SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK DI TPA SUWUNG-DENPASAR *Jurnal Teknologi Elektro*, 9(2).
- [4] Konversisatuan.com diakses tanggal tanggal 10 Februari 2015
- [5] UNEP., 2006, *United Nations Environment Programme*, Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia.