

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 5, No. 3, Desember 2017



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Mulai edisi ini redaksi memandang perlu untuk meningkatkan nomor penerbitan dari dua menjadi tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember berisi 12 naskah untuk setiap nomornya. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (online submission) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaan (me-review) Naskah pada penerbitan Vol. 5 No. 3 Desember 2017. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. I Made Supartha, MS.,PhD (Fakultas Teknologi Pertanian, Udayana), Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Hj, Nurpilihan Bafdal, MSc (Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Ida Ayu Dwi Giriantari, PhD (Fakultas Teknik, Universitas Udayana), Prof.Dr.Ir. Kamaruddin Abdullah, MSA (Universitas Darma Persada), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Andri Prima Nugroho, STP.,M.Sc (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr. Akhiruddin Maddu, MSi (Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor), Dr. Diding Suhandy, STP.,M.Agr (Fakultas Pertanian, Universitas Lampung), Dr.Ir. Chusnul Arief, STP.,M.Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Universitas Sriwijaya), Dr.Ir. Abdul Rozaq, DAA (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Muhammad Faiz Syaib, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Roh Santoso, BW.,MT (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Rokhani Hasbullah, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Rudiati Evi Masitoh, STP.,M.Dev.Tech, (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Sri Rahayoe, STP.,MP (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada).

Technical Paper

**Analisis Alternatif Solusi Penyediaan Sumber Energi Listrik
Studi Kasus: Kabupaten Kupang**

*Analysis on Alternative Solutions for Electrical Energy Sources
Case Study: Kupang District*

Rusman Sinaga, Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor dan Dosen pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Kupang, Jl. Adisucipto Kampus Penfui Kupang-NTT 85361 Email: aganis02@yahoo.com

Armansyah Halomoan Tambunan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email: ahtambun@ipb.ac.id

Prastowo, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Email: prast_58@yahoo.com

Bintang Charles Hamonangan Simangunsong, Departemen Hasil Hutan. Email: bintangcsimangunsong@gmail.com

Abstract

Kupang is one of the districts in Indonesia which has low electrification ratio that is about 60%. There are still 32 out of 177 villages having no access to Electrical Energy Sources (EES) supply. It means that there are 30,910 out of 78,011 households without access to electricity supply. The barriers for supplying the electricity were the difficulties to reach the location due to its geographical conditions. This research was aimed to analyze and select the appropriate electrical power system for using the available primary energy resources in the rural area of Kupang district, bounded with three criteria, namely environmentally friendly, efficient, and effective. The results of Analytical Hierarchy Process of the alternative solutions to the provision of EER in Kupang district found that the first option is the solar photovoltaic power system/PLTS (41%), the second option is wind power system/PLTB (27.5%), the third option is microgrid power system/MG (20.8%) and the fourth is hybrids power system/PLTH (10.8%).

Keywords: Kupang Districts, electrification ratio, Analytical Hierarchy Process, resources

Abstrak

Kupang merupakan salah satu Kabupaten di Indonesia yang memiliki rasio elektrifikasi yang rendah yaitu sekitar 60%. Di Kabupaten Kupang masih terdapat 32 dari 177 desa yang belum mendapatkan pasokan Sumber Energi Listrik (SEL). Hal ini berarti bahwa 30,910 dari 78,011 rumah tangga belum mendapatkan pasokan listrik. Kendala utama pemasokan SEL adalah kondisi geografis yang sulit dijangkau. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan memilih sistem tenaga listrik untuk penyediaan SEL sesuai dengan sumberdaya energi primer yang dimiliki perdesaan dengan tiga kriteria antara lain ramah lingkungan, efisien dan efektif. Hasil Proses Hirarki Analitik solusi alternatif untuk penyediaan SEL di Kabupaten Kupang ditemukan bahwa pilihan pertama adalah sistem tenaga surya fotovoltaik/PLTS (41%), pilihan kedua adalah sistem tenaga angin/PLTB (27.5%), opsi ketiga adalah sistem microgrid/MG (20.8%) dan yang keempat adalah sistem tenaga hibrida/PLTH (10.8%).

Kata Kunci: Kabupaten Kupang, rasio elektrifikasi, Proses Hirarki Analitik, energi listrik

Diterima: 29 Nopember 2016; Disetujui: 30 Nopember 2017

Pendahuluan

Sampai saat ini masih terdapat 11,944,675 dari 65,254,000 rumah tangga di Indonesia yang belum mendapatkan pasokan SEL dengan rasio elektrifikasi 81.70 %. Beberapa propinsi bahkan memiliki rasio elektrifikasi dibawah 60% seperti Jambi, Sulawesi Barat, Papua Barat dan Nusa Tenggara Timur

(NTT) karena ketimpangan aksesibilitas sarana prasarana ketenagalistrikan. PLN mencatat masih terdapat 532,204 dari 1,104,500 rumah tangga di Propinsi NTT yang belum mendapatkan pasokan SEL dengan rasio elektrifikasi 51.81 % (PLN, 2015). Sementara itu dari hasil olahan data (BPS, 2015) ditemukan bahwa masih terdapat 30,910 dari 78,011 rumah tangga yang tersebar di 32 dari

177 desa di Kabupaten Kupang Propinsi NTT yang belum mendapatkan pasokan SEL (rasio elektrifikasi sebesar 60%).

Salah satu sumber penghasilan utama di perdesaan Kabupaten Kupang adalah dari hasil pertanian, selain untuk penerangan di malam hari para petani sangat berharap dapat mengoperasikan pompa air listrik untuk mendapatkan air dari sumur-sumur karena curah hujan di Kabupaten tersebut relatif kecil sepanjang tahun. Rendahnya rasio elektrifikasi di Kabupaten Kupang ini perlu mendapatkan perhatian yang serius dari pemerintah. Kelistrikan desa merupakan upaya yang mahal tetapi menjadi bagian yang penting dari pembangunan daerah perdesaan. Kegiatan untuk pemasokan SEL ke desa-desa terutama daerah tertinggal merupakan upaya yang patut didukung, selain karena listrik memang betul-betul dibutuhkan, juga karena upaya ini merupakan bagian dari pengembangan daerah tertinggal dan mengatasi kemiskinan (Nugroho, 2012).

Pengertian sumber energi dijelaskan dalam Pasal 1, Undang Undang Republik Indonesia Nomor 30 tahun 2007 tentang Energi sebagai berikut: "*Sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi*". Beberapa peneliti telah melakukan kajian potensi Sumber Energi Listrik di Kabupaten Kupang Nusa Tenggara Timur antara lain untuk potensi sumberdaya energi angin BMKG telah membuat kajian pemanfaatan energi angin dan telah melakukan pengukuran potensi angin berkisar 376 sd 3,154 Wattday/tahun (BMKG, 2010). Untuk kajian potensi sumberdaya energi matahari (surya) BPPT telah melakukan kajian dengan menyimpulkan bahwa intensitas radiasi sinar matahari rata-rata di seluruh wilayah Indonesia sekitar 4.8 kWh/m²/hari dan di Nusa Tenggara Timur intensitas radiasi sinar matahari sebesar 5,117 Wh/m²/hari, yang berpotensi untuk membangkitkan energi listrik (Rahardjo and Fitriana, 2015). Dengan adanya potensi angin dan potensi surya sebagai sumberdaya energi listrik maka dapat direncanakan pembangkit listrik tenaga hibrid yang merupakan kombinasi pembangkit dari sumberdaya energi angin, surya dan atau diesel. Sedangkan pilihan mikrogrid adalah merupakan pilihan dari penyimpanan dan atau penyaluran energi dari sisa energi listrik yang dibangkitkan oleh masing-masing pembangkit listrik yang tidak terdistribusikan.

Pengambilan keputusan penyediaan SEL yang tepat terutama di perdesaan Kabupaten Kupang berdasarkan kriteria efisien, efektif dan ramah lingkungan, sangat perlu dilakukan analisis alternatif untuk memilih SEL yang sesuai dengan potensi sumberdaya yang dimiliki perdesaan tersebut. Kebijakan Energi Nasional yang mengamanatkan bahwa peran energi baru dan terbarukan (EBT) pada tahun 2025 sebesar 23% dari target bauran

energi nasional (PP79, 2014). Dengan demikian untuk menjamin tersedianya SEL berkelanjutan dengan mempertimbangkan pengurangan emisi CO₂ ke depan pilihan penyediaan SEL daerah perdesaan yang ditawarkan pada analisis solusi penyediaan SEL ini adalah PLTS, PLTB, PLTH dan Microgrid. Untuk menilai solusi yang tepat dalam pengembangan penyediaan SEL ke depan sangat diperlukan pendapat para pakar yang akan disatukan dan dianalisis melalui metode Proses Hirarki Analitik (*Analitycal Hierarchy Process/AHP*), sehingga akan ditemukan alternatif solusi yang paling tepat untuk digunakan pada perdesaan yang belum mendapatkan pasokan SEL tersebut terutama di Kabupaten Kupang-Nusa Tenggara Timur.

Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan sejumlah data primer dari responden pakar berdasarkan lembaran (*sheet*) yang telah disusun dengan sejumlah pertanyaan dan dikemas dalam bentuk buku kuesioner. Hasil dari pengambilan data baik primer dari responden pakar maupun data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) diolah dengan komputer menggunakan *Microsoft word* dan *Microsoft excel* untuk penulisan dan tabulasi data, sedangkan hasil data primer dari responden pakar diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Expert Choice 11*.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pendekatan Proses Hirarki Analitik (*Analytical Hierarchy Process-AHP*). Metode AHP dikembangkan oleh Saaty pada tahun 1970 dan digunakan untuk memecahkan masalah dengan menggunakan kerangka yang terorganisir. Prinsip dasar dari AHP adalah penyederhanaan masalah yang kompleks yang tidak terstruktur, strategis dan dinamis untuk menjadi suatu bagian dan disusun dalam hirarki. Menggunakan metode AHP secara grafis dapat dibangun sebagai diagram bertingkat (hierarki) yang dimulai dengan fokus atau tujuan dilanjutkan dengan kriteria tingkat pertama, sub kriteria, dan akhirnya alternatif solusi. AHP dapat mengukur konsistensi putusan dalam kasus yang memiliki penyimpangan terlalu jauh dari nilai konsistensi, sehingga penilaian perlu diperbaiki. Melalui penggunaan AHP, keputusan yang kompleks dapat dipecah menjadi keputusan yang lebih kecil yang dapat ditangani dengan mudah (Marimin et al., 2014). AHP merupakan salah satu pemodelan pengambilan keputusan dengan multi kriteria (*Multiple Criteria Decision Modeling IMCDM*) yang paling populer dan alat untuk merumuskan dan menganalisis keputusan terhadap permasalahan yang kompleks berdasarkan matematika dan psikologi manusia. Hal ini dapat didefinisikan sebagai sebuah pendekatan untuk pengambilan keputusan yang melibatkan kriteria penataan

menjadi sebuah hirarki (Gupta *et al.*, 2015).

Metode AHP digunakan dalam penelitian ini agar alternatif pemecahan dalam pemilihan penyediaan SEL di Kabupaten Kupang Nusa Tenggara Timur dapat lebih tepat. Sasaran prioritas penelitian ini adalah wilayah perdesaan Kabupaten Kupang yang belum mendapatkan pasokan SEL dengan kriteria utama ramah lingkungan, efisien dan efektif. Bagan alir analisis alternatif solusi penyediaan SEL perdesaan digambarkan pada gambar 1.

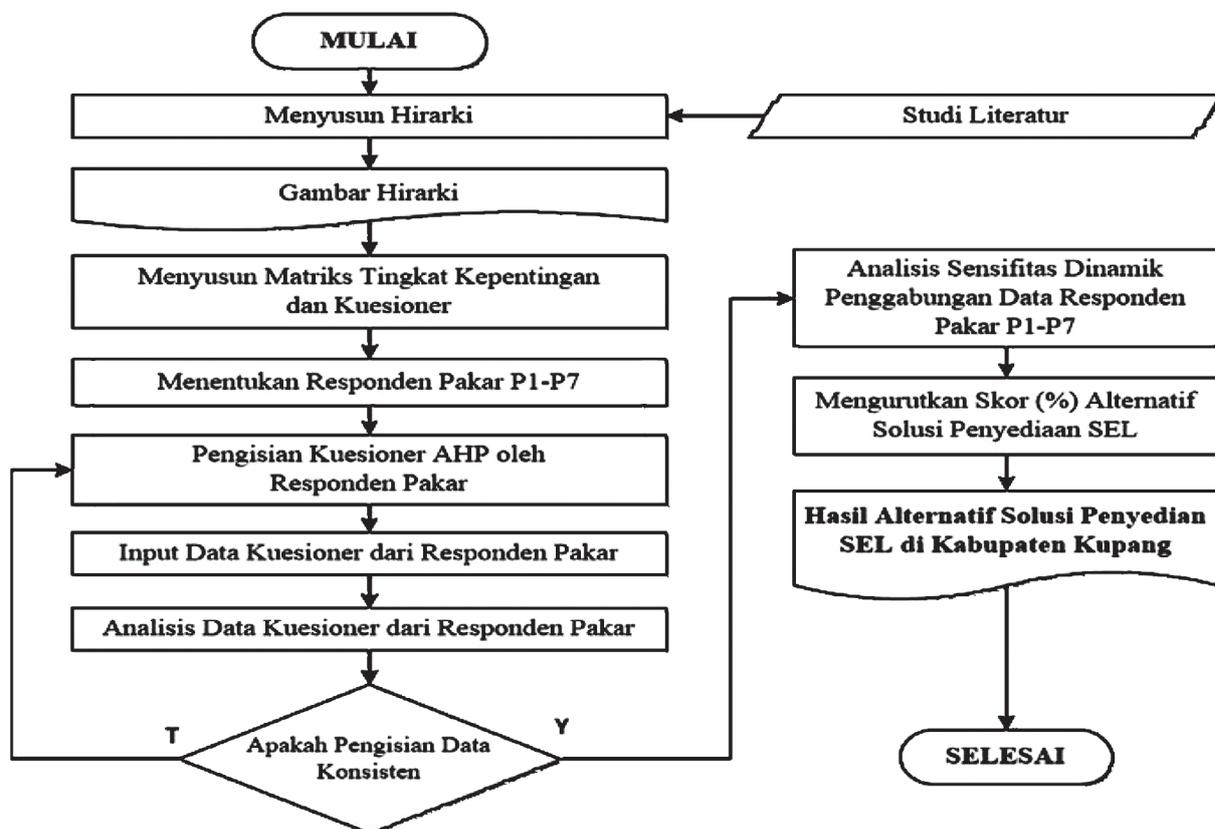
Dalam penelitian ini hirarki disusun dengan 4 level yaitu level-1 (Fokus) Pemilihan alternatif solusi penyediaan SEL di Kabupaten Kupang, level-2 (Kriteria): Efisien Biaya, Ramah Lingkungan dan Efektifitas, level-3 (Sub Kriteria): Biaya Investasi (BI), Biaya Operasional (BO), Biaya Perawatan dan Perbaikan (BPP), Emisi Gas CO₂ (EG), Pencemaran Air/Tanah (Pc), Kebisingan (Kb), Ketrandalan (Kt), Ketersediaan Bahan baku (BB) dan Luaran Energi Listrik (LE) dan level-4 (Alternatif) adalah merupakan pilihan penyediaan SEL antara lain PLTS, PLTB, PLTH dan Mikrogrid. Hirarki tersebut digambarkan pada gambar 2.

Fokus dan Alternatif Solusi

Fokus permasalahan dalam penelitian ini adalah pemilihan alaternatif solusi penyediaan SEL di Kabupaten Kupang. Berdasarkan kajian potensi Sumber Energi Listrik yang telah dilakukan peneliti sebelumnya, pilihan penyediaan SEL yang ditawarkan pada analisis alternatif solusi

penyediaan SEL ini adalah PLTS, PLTB, PLTH dan Microgrid.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari (surya) sebagai sumber energi primer dan diubah menjadi energi listrik menggunakan modul sel surya (fotovoltaik) (PMESDM 17, 2013). Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau yang sering disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), adalah pembangkit listrik menggunakan energi angin sebagai penggerak turbin angin yang digunakan. Kincir angin telah digunakan selama 3000 tahun dari awal abad ketiga belas (Burton, 2014). Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH), merupakan suatu sistem pembangkit tenaga listrik (PTL) yang memadukan beberapa jenis PTL, seperti kombinasi antara PLTS, PLTB dan PLTD atau disebut Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTHSBD). PLTH yang memanfaatkan suberdaya Energi Terbarukan merupakan salah satu langkah untuk memperkuat ketahanan energi nasional (Nurrohimi, 2012). Microgrid adalah merupakan Sumber Energi Listrik yang menggabungkan sejumlah pembangkit tenaga listrik yang saling terintegrasi melalui jaringan setempat yang dapat didistribusikan kepada beban lokal secara elastis dan dapat beroperasi secara paralel dengan jaringan listrik untuk melayani satu lokasi beban atau satu pulau dan memberikan tingkat keandalan yang tinggi serta tahan terhadap gangguan jaringan. Sistem distribusi yang terintegrasi ini memenuhi



Gambar 1. Bagan alir analisis alternatif solusi penyediaan SEL.

Tabel 1. Kondisi kelistrikan di Kabupaten Kupang-Nusa Tenggara Timur.

No.	Kecamatan	JD	DB	LPLN	LNPLN	NL	Jumlah KK	REL (%)	Sumber
1	Amabi Oefeto	7	-	1,591	81	314	1,986	80	BPSKK, 2015a
2	Amabi Oefeto Timur	10	-	2,784	11	999	3,794	73	BPSKK, 2015b
3	Amarasi	9	-	3,720	-	237	3,957	94	BPSKK, 2015c
4	Amarasi Barat	8	-	3,132	162	975	4,269	73	BPSKK, 2015d
5	Amarasi Selatan	5	-	2,372	-	180	2,552	93	BPSKK, 2015e
6	Amarasi Timur	4	-	1,635	42	291	1,968	83	BPSKK, 2015f
7	Amfoang Barat Daya	4	1	202	796	15	1,013	20	BPSKK, 2015g
8	Amfoang Barat Laut	6	5	32	750	1,215	1,997	2	BPSKK, 2015h
9	Amfoang Selatan	7	4	274	86	1,972	2,332	12	BPSKK, 2015i
10	Amfoang Tengah	4	2	98	123	778	999	10	BPSKK, 2015j
11	Amfoang Timur	5	4	65	340	629	1,034	6	BPSKK, 2015k
12	Amfoang Utara	6	2	556	140	974	1,670	33	BPSKK, 2015l
13	Fatuleu	10	3	1,897	551	3,776	6,224	30	BPSKK, 2015m
14	Fatuleu Barat	5	5	-	414	1,657	2,071	-	BPSKK, 2015n
15	Fatuleu Tengah	4	-	517	74	671	1,262	41	BPSKK, 2015o
16	Kupang Barat	12	-	3,432	1	412	3,845	89	BPSKK, 2015p
17	Kupang Tengah	8	-	7,448	667	856	8,971	83	BPSKK, 2015q
18	Kupang Timur	13	-	7,326	556	1,426	9,308	79	BPSKK, 2015r
19	Nekamese	11	-	1,966	55	381	2,402	82	BPSKK, 2015s
20	Semau	8	-	1,503	-	278	1,781	84	BPSKK, 2015t
21	Semau Selatan	6	-	1,189	10	188	1,387	86	BPSKK, 2015u
22	Sulamu	7	-	1,708	-	1,988	3,696	46	BPSKK, 2015v
23	Taebenu	8	-	2,919	201	546	3,666	80	BPSKK, 2015w
24	Takari	10	6	735	472	4,620	5,827	13	BPSKK, 2015x
JUMLAH TOTAL		177	32	47,101	5,532	25,378	78,011	60	

Keterangan : JD: Jumlah Desa, DB: Desa Belum Berlistrik PLN, LPLN: Listrik PLN, LNPLN: Listrik Non PLN, NL: Non Listrik, REL : Rasio Elektrifikasi

kebutuhan untuk aplikasi di lokasi dengan kendala pengiriman pasokan listrik terutama di lokasi terpencil dan untuk perlindungan dari beban kritis (Myles et al., 2011).

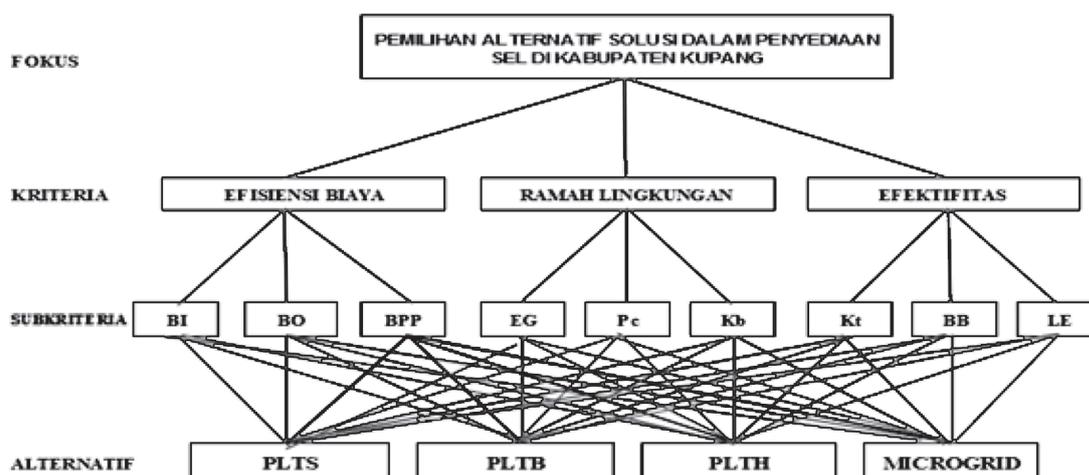
Responden Pakar

Responden pakar dipilih secara sengaja (*purposive sampling*) dengan kriteria memiliki kepakaran sesuai dengan bidang yang dikaji. Beberapa pertimbangan dalam menentukan pakar yang dijadikan responden memiliki kriteria profesional, berpengalaman sesuai dengan bidang kajian dan ber-integritas yang tinggi. (Paulus, 2012). Dalam pengisian kuesioner analisis alternatif solusi penediaan SEL ini peneliti telah memilih 7

(tujuh) orang responden pakar yang terdiri dari dua orang praktisi dari Dinas Pertambangan Energi Kabupaten Kupang, dua orang praktisi dari PT (PLN) Persero Wilayah Nusa Tenggara Timur, satu orang akademisi dari Politeknik Negeri Kupang dan dua orang dari Asosiasi Profesi Ikatan Ahli Teknik Ketenagalistrikan Indonesia (IATKI) Komisariat Nusa Tenggara Timur yang dinilai layak dalam pengisian kuesioner ini.

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 menunjukkan kondisi kelistrikan di Kabupaten Kupang yang diolah dari data statistik



Gambar 2. Proses hirarki analitik alternatif solusi penediaan SEL di Kabupaten Kupang.

kecamatan. Tabel tersebut menunjukkan bahwa 11 dari 24 kecamatan memiliki rasio elektrifikasi kurang dari 50%. Sebanyak 30,910 rumah tangga tidak memiliki akses ke Sumber Energi Listrik, yaitu sekitar 40% dari total jumlah keluarga yang membuat rasio elektrifikasi Kabupaten Kupang menjadi 60%. 32 desa dari 9 Kecamatan tidak memiliki akses ke Sumber Energi Listrik PLN. Gambar 3 menunjukkan lokasi dari 32 desa yang belum berlistrik PLN, seperti yang diberikan tanda dengan lingkaran.

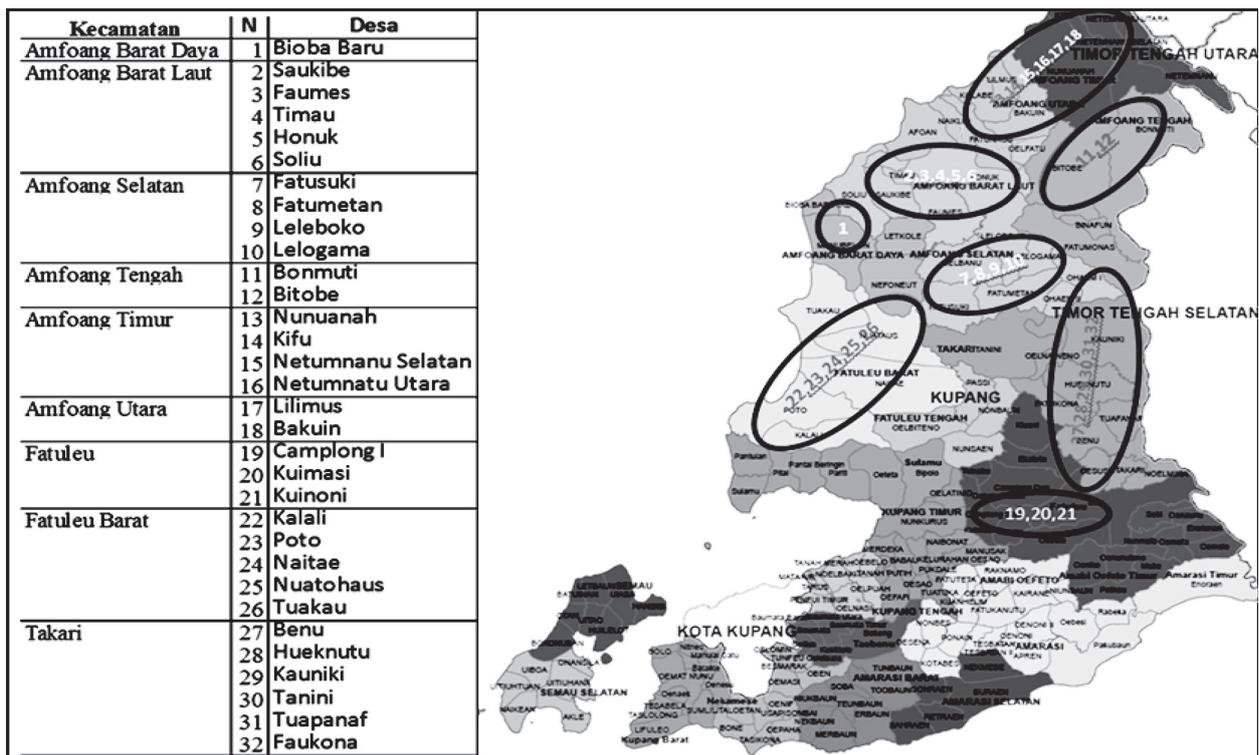
Hasil analisis alternatif solusi penyediaan Sumber Energi Listrik (SEL) di Kabupaten Kupang pada kriteria efisiensi biaya yang didasarkan atas tiga unsur yaitu biaya Investasi, biaya operasional dan biaya perawatan/perbaikan (Kanata, 2015), maka dari hasil analisis AHP, PLTS memiliki persentasi yang lebih tinggi, artinya responden pakar menilai bahwa PLTS lebih efisien dibandingkan dengan PLTB, PLTH dan Mikrogrid. Hasil persentasi menunjukkan bahwa PLTS memiliki persentasi 43.9%, Mikrogrid 30% PLTB 16.6% dan PLTH 9.5%, dengan tingkat konsistensi 98%, seperti diperlihatkan pada gambar gambar 4.

Pada kriteria ramah lingkungan yang didasarkan

atas tiga unsur yaitu unsur emisi gas CO₂ yang ditimbulkan (Diab *et al.*, 2016), pencemaran air/tanah (Herlambang, 2006) dan kebisingan (Tampang, 2002), maka dari hasil analisis AHP didapatkan bahwa presentasi PLTS 41,2%, PLTB 34,3%, Mikrogrid 14,6% dan PLTH 9,9% dengan tingkat konsistensi 100%. Dengan demikian PLTS adalah merupakan penyedia Sumber Energi Listrik yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan PLTB, PLTH dan Mikrogrid. Hasil analisis responden pakar gabungan untuk kriteria ramah lingkungan diperlihatkan pada gambar gambar 5.

Pada kriteria efektifitas yang didasarkan atas tiga unsur yaitu unsur ketrandalan sistem, ketersediaan bahan baku dan luaran energi listrik (Jingchao and Kotani, 2012), maka dari hasil analisis AHP didapatkan bahwa presentasi Mikrogrid 37.9%, PLTS 34.3%, PLTH 18.2% dan PLTB 9.6% dengan tingkat konsistensi 98%. Dengan demikian Mikrogrid adalah merupakan penyediaan Sumber Energi Listrik yang lebih efektif dibandingkan dengan PLTS, PLTH dan PLTB. Hasil analisis responden pakar gabungan untuk kriteria efektifitas diperlihatkan pada gambar gambar 6.

Hasil analisis alternatif solusi penyediaan



Gambar 3. Desa yang tidak memiliki akses Listrik PLN di Kabupaten Kupang.

Combined instance – Synthesis with respect to: **EFISIENSI BIAYA**
 (Goat ALTERNATIF SOLUSI P > EFISIENSI BIAYA (L: .233))
 Overall Inconsistency = .02



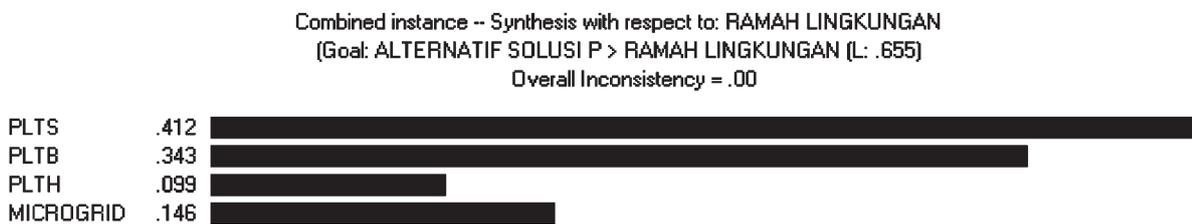
Gambar 4. Hasil analisis responden pakar gabungan untuk kriteria efisiensi biaya.

Sumber Energi Listrik (SEL) di Kabupaten Kupang dari analisis kombinasi responden pakar gabungan 1-7 dan kombinasi dari tiga kriteria yang dijadikan rujukan yaitu kriteria efisiensi biaya, ramah lingkungan dan efektifitas menunjukkan bahwa PLTS memiliki persentase 41%, lebih tinggi dibandingkan dengan PLTB 27.5%, Mikrogrid 20.8% dan PLTH 10.8% dengan tingkat konsistensi 99%, seperti yang diperlihatkan pada gambar 7.

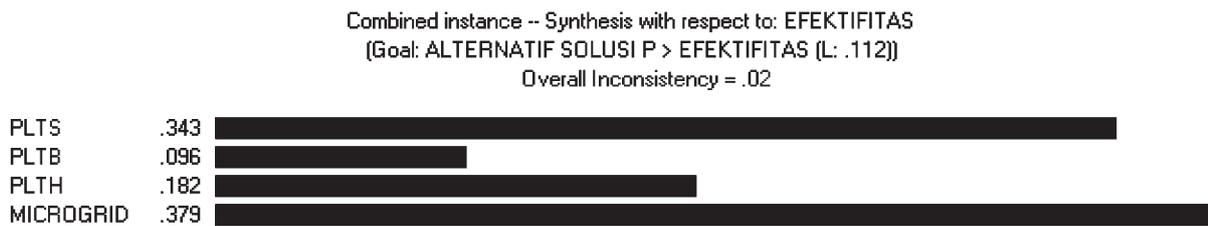
Hasil analisis sensitifitas dinamik dari gabungan responden pakar 1-7 menunjukkan bahwa perhatian para pakar untuk sistem penyediaan Sumber Energi Listrik yang sangat dibutuhkan pada saat ini terutama untuk sejumlah perdesaan di Kabupaten Kupang adalah penyediaan Sumber Energi Listrik yang ramah lingkungan dengan persentasi kriteria ramah lingkungan 65.5%, dan diikuti oleh kriteria

efisiensi biaya 23.3% dan efektifitas 11.2%. Dari hasil analisis sensitifitas dinamik ini juga diperoleh bahwa pilihan penyediaan Sumber Energi Listrik yang tepat untuk perdesaan di Kabupaten Kupang yang belum mendapatkan pasokan Sumber Energi Listrik PLN adalah PLTS dengan persentasi 41%. Hasil analisis sensitifitas diperlihatkan pada gambar 8.

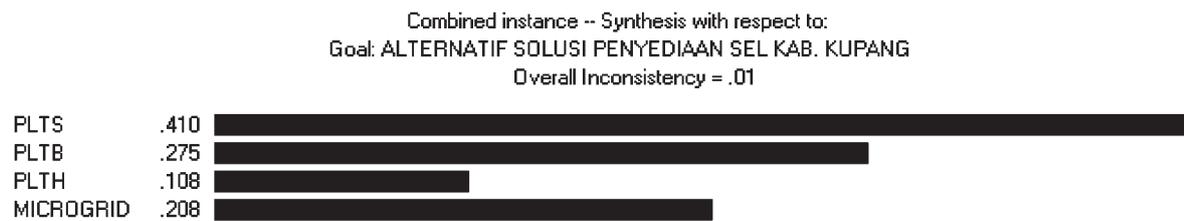
Hasil analisis performa penyediaan SEL di kabupaten kupang menunjukkan bahwa performa PLTS berada pada performa tingkat tertinggi untuk kriteria efisiensi biaya dan ramah lingkungan, sedangkan PLTH berada pada performa yang paling terendah, namun demikian PLTH masih memiliki fermorma yang lebih tinggi dari PLTB khususnya dari kriteria efektifitas. Performa Mikrogrid berada pada performa tingkat tertinggi



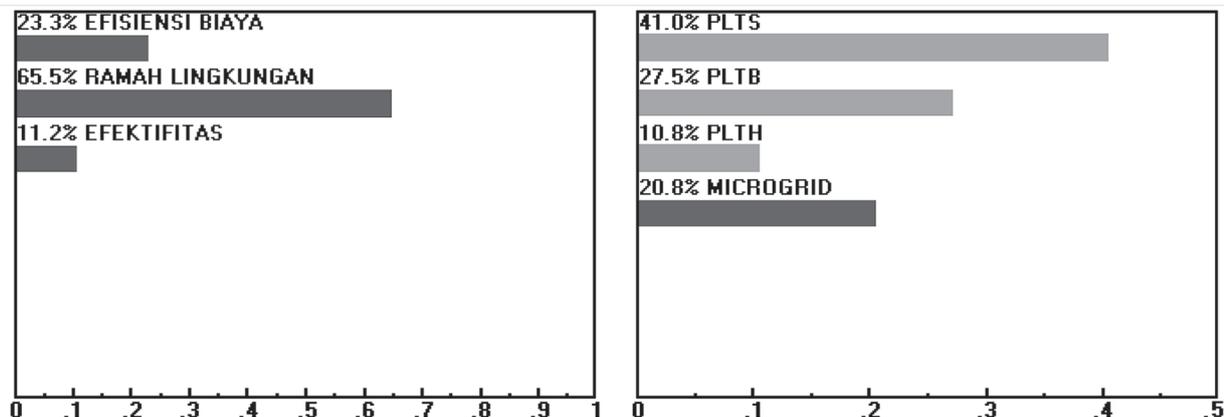
Gambar 5. Hasil analisis responden pakar gabungan untuk kriteria ramah lingkungan.



Gambar 6. Hasil analisis responden pakar gabungan untuk kriteria efektifitas.



Gambar 7. Hasil analisis alternatif solusi penyediaan SEL di Kabupaten Kupang.



Gambar 8. Sensitifitas dinamik responden pakar gabungan masing-masing kriteria.

untuk kriteria efektifitas, namun dari hasil analisis responden pakar gabungan menunjukkan bahwa mikrogrid masih berada dibawah PLTS pada kriteria ramah lingkungan dan efisiensi biaya. Performa penyediaan SEL di Kabupaten Kupang berdasarkan analisis responden pakar gabungan diperlihatkan pada gambar 9.

Simpulan

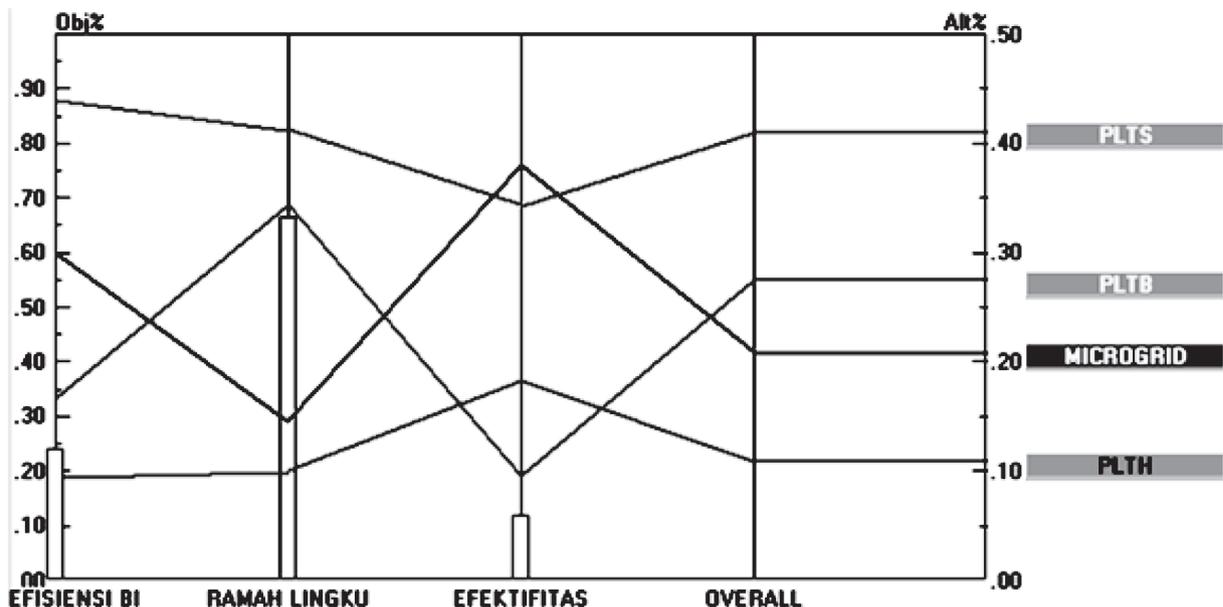
Hasil analisis sensitifitas dinamik menunjukkan bahwa perhatian para pakar untuk sistem penyediaan Sumber Energi Listrik khususnya di Kabupaten Kupang adalah penyediaan Sumber Energi Listrik yang ramah lingkungan dengan persentasi kriteria ramah lingkungan 65.5%, dan diikuti oleh kriteria efisiensi biaya 23.3% dan efektifitas 11.2%.

Pilihan pertama alternatif solusi penyediaan Sumber Energi Listrik di Kabupaten Kupang adalah PLTS (41%), pilihan kedua adalah PLTB (27.5%), pilihan ketiga Mikrogrid (20.8%) dan pilihan ke empat adalah PLTH (10.8%). Jika ditinjau dari kriteria efisiensi biaya dan kriteria ramah lingkungan maka pilihan terbaik untuk penyediaan Sumber Energi Listrik di Kabupaten Kupang adalah PLTS (43.9% dan 41.2%) dan jika ditinjau dari kriteria efektifitas, maka pilihan terbaik untuk penyediaan Sumber Energi Listrik di Kabupaten Kupang adalah menggunakan Mikrogrid (37.9%).

Daftar Pustaka

[BMKG] [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2010. Kajian potensi energi angin di wilayah Indonesia Timur. Jakarta (ID): Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

[BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. Kabupaten Kupang Dalam Angka 2015. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
 [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015a. *Amabi Oefeto Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang
 [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015b . *Amarasi Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
 [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015c. *Amarasi Selatan Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
 [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015d. *Amarasi Barat Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
 [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015e. *Amfoang Barat Daya Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
 [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015f. *Amfoang Barat Laut Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
 [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015g. *Amfoang Selatan Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
 [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015h. *Amfoang Timur Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
 [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015i. *Amabi Oefeto Timur Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.



Gambar 9. Performa penyediaan SEL di Kabupaten Kupang

- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015j. *Amfoang Tengah Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015k. *Amarasi Timur Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015l. *Amfoang Utara Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015m. *Fatuleu Tengah Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015n. *Fatuleu Barat Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015o. *Fatuleu Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015p. *Kupang Barat Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015q. *Kapang Tengah Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015r. *Kupang Timur Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015s. *Nekamese Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015t. *Semau Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015u. *Semau Selatan Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015v. *Sulamu Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015w. *Taebenu Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- [BPSKK] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang. 2015x. *Takari Dalam Angka 2015*. Kupang (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang.
- Burton, T., D. Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi. 2001. *Wind Energy Handbook*. New York (US). John Wiley & Sons.
- Debnath, K.B., M. Mourshed. dan S.P.K. Chew. 2015. Modelling and forecasting energy demand in rural households of Bangladesh. *Energy Procedia*. 75:2731-2737.
- Gupta, S., G.S. Dangayach, A.K. Singh, dan P.N. Rao. 2015. Analytic Hierarchy Process (AHP) model for evaluating sustainable manufacturing practices in Indian electrical panel industries. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 189: 208-216.
- Herlambang, A. 2006. Pencemaran air dan strategi penggulungannya. *JAI* 2(1):16–29.
- Jingchao, Z., dan K. Kotani. 2012. The determinants of household energy demand in rural.Beijing: can environmentally friendly technologies be effective?. *Energy Economics*. 34(2):381-288.
- Kanata, S. 2015. Kajian ekonomis pembangkit hybrid renewable energi menuju desa mandiri energi di Kabupaten Bone-Bolango. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 11(3):114-122
- Marimin, M.A. Darmawan, Machfud, M.P.I.F. Putra. dan B. Wiguna. 2014. Value chain analysis for green productivity improvement in the natural rubber supply chain: a case study. *Journal of Cleaner Production*. 85:201-211.
- Myles, W.P., J. Miller, S. Knudsen, dan T. Grabowski. 2011. *Electric Power System Asset Optimization. Energy Sector Planning and Analysis (ESPA)*. Hhouston (US): United States Department of Energy's National Energy Technology Laboratory.
- Nugroho, E.P., K. Ratnasari, K.N. Ramadhani, dan L.B. Putro. 2009. *Rekayasa Perangkat Lunak*. Bandung (ID): Telkom Politeknik
- Nurrohim, A. 2012. Pembangkit listrik tenaga hibrid sebagai solusi kelistrikan di daerah terpencil. *Jurnal Sains dan teknologi Indonesia*, 14(2):96-103.
- Paulus, C.A. 2012. Model pengembangan minapolitan berbasis budidaya laut di Kabupaten Kupang. (Disertasi). Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor.
- [PLN] Perusahaan Listrik Negara. 2015. *Statistik PLN 2015*. Jakarta (ID): Sekretariat PT. PLN (PERSERO).
- [PPRI 79] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79. 2014. *Kebijakan Energi Nasional*. Jakarta (ID): Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia
- [PMESDM 17] Peraturan Meteri Energi dan Sumberdaya Mineral Nomor 17. 2013. *Pembelian Tenaga Listrik oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (PERSERO) dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik*. Jakarta (ID): Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- Rahardjo, I. dan I. Fitriana. 2014. Analisis potensi pembangkit listrik tenaga surya di Indonesia. *P3TKKE, BPPT*. 11: 43-52.
- Tampang B.L. 2002. *Pencemaran udara dan kebisingan*. B.Kimia. 2: 24–27