

Analisis Kebutuhan Energi di Universitas Nusa Cendana Tahun 2018-2050 Menggunakan Perangkat Lunak *Long-range Energy Alternative Planning system (LEAP)*

Yorim A. Masus¹, Ben V. Tarigan¹, Jefri S. Bale¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597
E-mail: yorimariyantomasus08@gmail.com

ABSTRAK

Pengelolaan energi yang di sebuah instansi, khususnya di Universitas Nusa Cendana adalah ketergantungan terhadap energi fosil masih sangat tinggi. Pertumbuhan konsumsi kebutuhan energi listrik dan bahan bakar minyak terus meningkat dengan rata-rata 20% pertahun. Perubahan konsumsi energi semakin meningkat disebabkan oleh karena adanya perubahan tariff daya dari 13,2 kilovolt ampere (kVa) menjadi 650 kilovolt ampere (kVa). Dalam proyeksi kebutuhan energi, penulis menggunakan Software LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning system*) versi 2017.011.0 dari tahun 2018-2050. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa dan mengetahui perlakuan variabel *dependent* dan *independent* terhadap besarnya hasil kebutuhan energi di Universitas Nusa Cendana. Hasil proyeksi yang diperoleh dari total kebutuhan energi final sektor Undana yang diperkirakan sampai tahun 2050 mencapai 1,685 kilowatt atau setara 1,7 megawatt dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 30%. Sedangkan untuk sektor transportasi kebutuhan energi final BBM (solar dan premium) untuk operasional kendaraan diperkirakan sampai tahun 2050 mencapai 150,8 ribu barell dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 38%. Elastisitas energi terpakai di menunjukkan peningkatan sebesar 1% setelah tahun 2018. Konservasi energi sektor pengguna menunjukkan potensi efisiensi sebesar 716,7 kilowatt atau setara 0,717 megawatt di tahun 2050, dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 37% terhadap skenario *Business As Usual (BAU)*.

ABSTRACT

Energy management in an agency, especially at the University of Nusa Cendana, is still very high dependence on fossil energy. The growth in consumption of electricity and fuel oil continues to increase by an average of 20% per year. Changes in energy consumption are increasing due to changes in power tariffs from 13.2 kilovolt amperes (kVa) to 650 kilovolt amperes (kVa). In projecting energy demand, the author uses LEAP Software (Long-range Energy Alternative Planning system) version 2017.011.0 from 2018-2050. The purpose of this study was to analyze and determine the treatment of the dependent and independent variables on the magnitude of the results of energy needs at the University of Nusa Cendana. The projection results obtained from the total final energy demand of the Undana sector which is estimated to reach 1,685 kilowatts by 2050 or equivalent to 1.7 megawatts with an average growth of 30%. Meanwhile, for the transportation sector, the final energy demand for fuel (diesel and premium) for vehicle operations is estimated to reach 150.8 thousand barrels by 2050 with an average growth of 38%. The elasticity of energy used shows an increase of 1% after 2018. Energy conservation in the user sector shows potential efficiency of 716.7 kilowatts or equivalent to 0.717 megawatts in 2050, with an average growth of 37% against the Business As Usual (BAU) scenario.

Keywords: Energy projection, LEAP, University of Nusa Cendana

PENDAHULUAN

Sumber daya alam yang ada di bumi sangat terbatas sedangkan kebutuhan manusia tidak terbatas, pemenuhan kebutuhan manusia terus meningkat secara umum baik dalam kualitas

maupun kuantitas. Meskipun demikian, sektor energi di Indonesia masih mengalami berbagai persoalan. Besarnya ketergantungan terhadap energi fosil terutama minyak bumi serta rendahnya pemanfaatan energi baru terbarukan dan diperarah dengan keterbatasan

infrastruktur merupakan kendala utama bagi daerah atau instansi dalam pengembangan energi .

Permasalahan implementasi dan koordinasi serta regulasi yang tepat dan strategis, pada penggunaan energi masih menjadi tantangan tersendiri bagi sektor energi. Secara lebih spesifik, permasalahan pengelolaan energi yang ada di daerah khususnya di Universitas Nusa Cendana kupang, antara lain: (1) Ketergantungan terhadap energi fosil masih sangat tinggi masih bergantung pada suplai dari PLTN dan PLTU, (2) Akses dan infrastruktur pengelolaan energi terbatas, (3) Keterbatasan sumberdaya untuk riset dan inovasi dalam bidang dan pengembangan energi, (4) Belum optimalnya pengelolaan EBT, dan (5) Pemanfaatan energi yang belum memperhatikan isu keberlanjutan lingkungan dan dampaknya terhadap perubahan iklim global. Semakin pentingnya peran sektor energi dalam pembangunan daerah sehingga memerlukan adanya perencanaan tata kelola sumber daya energi yang baik.

Universitas Nusa Cendana merupakan salah satu universitas negeri di Nusa Tenggara Timur dengan populasi civitas akademika saat ini berjumlah 91,130 orang, sesuai data *student body* tahun 2017. Seiring dengan peningkatan jumlah populasi civitas akademika setiap tahunnya maka kebutuhan konsumsi energi pun semakin besar, dalam pelaksanaan dasar Tri Dharma Perguruan Tinggi, mengingat sebagian besar pembangkit listrik di Universitas Nusa Cendana masih menggunakan suplai daya dari PLTN dan PLTD.

Menurut (Benu, 2016), hasil pembayaran tagihan daya listrik dari PT. PLN Persero di tahun 2015 hingga 2017, pertumbuhan kebutuhan energi listrik meningkat dengan rata-rata 20% pertahun, dimana konsumsi energi listrik di Universitas Nusa Cendana mengalami peningkatan dari pemakaian daya 82,603 kilowatt hour (kWh) pada tahun 2015 menjadi 2,188,147 kilowatt hour (kWh) atau setara 2,3 megawatt pada tahun 2017. Pembayaran tagihan daya listrik meningkat disebabkan oleh karena adanya perubahan

tarif daya dari 13,2 kilovolt ampere (kVa) menjadi 650 kilovolt ampere (kVa).

Dalam penelitian ini dilakukan proyeksi kebutuhan energi di Universitas Nusa Cendana dari tahun 2018-2050, menggunakan software *Long-range Energy Alternative Planning system* (LEAP), dengan skenario yang digunakan yaitu *Business As Usual* (BAU) dimana kecenderungan pola pemakaian energi untuk tahun berjalan masih sama di tahun dasar sebelumnya.

LANDASAN TEORI

Proyeksi permintaan energi merupakan dasar bagi penyusunan strategi penyediaan energi. Faktor utama yang menentukan tingkat permintaan energi adalah pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, harga energi dan pola konsumsi energi di masa lampau. Proyeksi permintaan dan strategi penyediaan energi merupakan dasar bagi perencanaan energi. Rencana kebijakan bidang ketenagalistrikan dituangkan dalam Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) dan Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah (RUKD). Dalam melakukan penyusunan RUKD harus mempertimbangkan RUKN dan disusun sesuai pedoman yang dikeluarkan oleh Pemerintah.

Menurut (Muchlis & Permana Darma, 2003), perencanaan energi di suatu wilayah harus berpedoman pada asas biaya terendah (least cost), perencanaan ketenagalistrikan konvensional hanya mencakup perencanaan sisi penyediaan energi listrik (supply side), namun dalam perencanaan yang lebih maju, juga mencakup sisi pemakaian energi listrik dan berlangsung secara terintegrasi. Tujuan dari perencanaan ketenagalistrikan, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan kapasitas dan tenaga listrik setiap tahun, mengatasi krisis kelistrikan yang sering terjadi, tercapainya angka rugi jaringan transmisi dan distribusi lebih kecil dari 10 persen, dan tercapainya kualitas suplai energi listrik yang semakin membaik.

Penggunaan daya energi di suatu wilayah

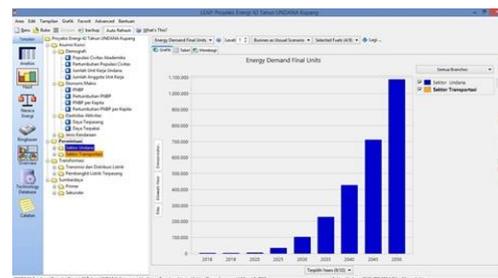
selalu meningkat setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan oleh semakin berkembangnya kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi (Purnomo, 2008). Menurut tingkat kebutuhan energi pada Universitas Nusa Cendana, dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini:

- Pertumbuhan jumlah civitas akademika, populasi civitas akademika di Undana saat ini naik rata-rata 20% pertahun (data tahun 2017) dan akan naik setiap tahunnya sampai pada suatu saat akan berada pada kondisi yang stabil. Hal tersebut menyebabkan adanya kebutuhan akan energi listrik mengalami peningkatan yang signifikan, sehingga penyediaan dan penyaluran energi listrik yang memadai baik dari segi teknis maupun ekonomisnya.
- Pertumbuhan ekonomi, Faktor ekonomi yang mempengaruhi tingkat kebutuhan energi listrik adalah pertumbuhan PNB (Pendapatan Nasional Bruto Perkapita). Pertumbuhan ekonomi secara singkat dapat didefinisikan sebagai proses kenaikan *output* per kapita dalam jangka panjang.
- Perencanaan pembangunan berkelanjutan, pimpinan instansi sebagai pelaksana untuk semua civitas akademika di tingkat universitas akan mengambil peran penting dalam perencanaan pengembangan gedung baru, termasuk di dalamnya adalah perencanaan tentang tata guna lahan, pengembangan industri, pemukiman dan faktor geografis.

Perkiraan Kebutuhan Energi menggunakan Software

Perkiraan permintaan kebutuhan energi dihitung berdasarkan besarnya aktivitas pemakaian energi dan besarnya pemakaian energi per aktivitas (intensitas pemakaian energi). Untuk mengestimasi atau memperkirakan permintaan kebutuhan energi dalam jangka waktu yang panjang, maka dalam penelitian ini digunakan software *Long-range Energy Altrnatives Planning system* (LEAP).

Perangkat lunak LEAP dikembangkan oleh Stockholm Environment Institute (SEI), Boston Center, Tellus Institute, Boston, USA. Indonesia melalui Pusat Informasi Energi (PIE) dan Yayasan Pertambangan dan Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2002 menerbitkan buku Prakiraan Energi Indonesia yang menggunakan LEAP sebagai alat bantu analisis perencanaan permintaan dan penyediaan energi di Indonesia dari tahun 2000 hingga 2010 (Heaps & Lazarus, 2000).



Gambar 1. Tampilan layar LEAP

Keunggulan software LEAP adalah tersedianya sistem antar muka (*interface*) yang menarik dan memberikan kemudahan dalam penggunaan serta tersedia secara cuma-cuma (*freeware*) bagi masyarakat. Dengan menggunakan LEAP, pengguna dapat melakukan analisa secara tepat dari sebuah ide kebijakan energi ke sebuah analisa hasil kebijakan tersebut, hal ini karena LEAP mampu berfungsi sebagai database, sebagai alat perkiraan atau *forecasting tool* dan sebagai alat analisa terhadap kebijakan energi. LEAP sebagai alat perkiraan atau peramalan mampu membuat permintaan dan penyediaan energi dalam jangka waktu tertentu sesuai keinginan pengguna.

LEAP memiliki beberapa terminologi umum, di antaranya sebagai berikut:

- *Area*: sistem yang sedang dikaji (contoh: negara atau wilayah).
- *Current Accounts*: data yang menggambarkan tahun dasar (tahun awal) dari jangka waktu kajian.
- *Scenario*: sekumpulan asumsi mengenai kondisi masa depan

- *Tree*: diagram yang merepresentasikan struktur model yang disusun seperti tampilan dalam *windows explorer*. Tree terdiri atas empat branch utama, yaitu driver variable, *demand*, transformation, dan *resources*. Masing-masing branch utama dapat dibagi lagi menjadi beberapa branch tambahan (anak cabang).
 - *Branch*: cabang atau bagian dari Tree, Branch utama ada empat, yaitu modul variabel penggerak (*driver variable*), modul permintaan(*demand*), modul transformasi (transformation) dan modul sumberdaya energi(*resources*).
 - *Expression*: formula matematis untuk menghitung perubahan nilai suatu variabel.
 - *Saturation*: perilaku suatu variabel yang digambarkan mencapai suatu kejenuhan tertentu. Persentase kejenuhan adalah $0\% \leq x \leq 100\%$. Nilai dari total persen dalam suatu branch dengan saturasi tidak perlu berjumlah 100%.
 - *Share*: perilaku suatu variabel yang digambarkan mencapai suatu kejenuhan 100%. Nilai dari total persen dalam suatu branch dengan share harus berjumlah 100%.
- Pendekatan yang digunakan untuk melakukan analisis permintaan energi dalam penelitian ini adalah analisis aktivitas (*activity level analysis*). Pada metode ini jumlah permintaan energi dihitung sebagai hasil perkalian antara aktivitas energi dengan intensitas energi (jumlah energi yang digunakan per unit aktivitas). Metode ini terdiri atas dua model analisis yaitu:
- Analisis permintaan energi final (*final energy demand analysis*), pada metode ini, permintaan energi dihitung sebagai hasil perkalian antara aktifitas total pemakaian energi dengan intensitas energi pada setiap cabang teknologi (*technology branch*). Dalam bentuk persamaan matematika perhitungan permintaan energi menggunakan final energi demand analisis (12) adalah:

$$D_{b,s,t} = TA_{b,s,t} \times EI_{b,s,t} \quad (1)$$

Dimana:

- D : Permintaan (*demand*)
 - TA : Aktivitas total (*total activity*)
 - EI : Intensitas energi (*energy intensity*)
 - b : Cabang (*branch*)
 - s : Tipe skenario (*scenario*)
 - t : Tahun perhitungan (tahun dasar $\leq t \leq$ tahun akhir).
- Analisis permintaan energi terpakai (*useful energy demand analysis*), pada metode ini, intensitas energi ditentukan pada cabang intensitas energi gabungan (*aggregate energy intensity branch*), bukan pada cabang teknologi (*technology branch*). Pada tahun dasar, digunakan 2 metode utama yakni (*final energy demand dan useful energy demand*) (12), maka intensitas energi untuk tiap cabang teknologi dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$UE_{b,0} = EI_{AG,0} \times FS_{b,0} \times EFF_{b,0} \quad (2)$$

Dimana:

- UE_{b,0} : *Useful energy intensity* cabang b pada tahun dasar.
- EI_{AG,0} : *Final energy intensity* gabungan pada tahun dasar.
- FS_{b,0} : *Fuel share* cabang b pada tahun dasar.
- EFF_{b,0} : Efisiensi cabang b pada tahun dasar
- b : ...B (b salah satu cabang dari cabang teknologi B).

Intensitas energi terpakai dari cabang intensitas energi gabungan adalah penjumlahan dari intensitas energi terpakai pada setiap cabang teknologi. Dalam persamaan matematika ditulis seperti berikut:

$$UE_{AG,0} = \sum_{b=1}^B UE_{b,0} \quad (3)$$

Bagian aktivitas (*activity share*) yakni bagian aktivitas suatu teknologi pada suatu cabang teknologi terhadap aktivitas teknologi cabang intensitas enegi gabungan, dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$AS_{b,0} = UE_{b,0} / UE_{AG,0} \quad (4)$$

Dimana:

ASb,0 : Activity share cabang b pada tahun dasar.

Selain itu disediakan pula pilihan untuk menyusun ekspresi sendiri yaitu menggunakan *time series wizard* dan *ekspresion builder*. Data yang digunakan dapat diambil dari *spreadsheet Excel*. Beberapa fungsi pemodelan ekspresi dalam LEAP adalah sebagai berikut:

- *BYExpression Forecast* yaitu untuk memperkirakan nilai suatu variabel masa depan dengan regresi eksponensial berdasarkan data historis, persamaan matematis yang digunakan adalah:

$$Y = m + X^c \quad (5)$$

Dimana:

Y : Variabel yang diramalkan

m : Kemiringan atau tahun berjalan

X : Waktu/periode peramalan

c : Koefisien yang nilainya ditentukan dari data historis.

- *Interp* yaitu untuk memperkirakan nilai suatu variabel dengan interpolasi linear dari suatu pasangan data. Nilai suatu variabel diantara 2 periode waktu adalah:

$$\begin{aligned} & Value_{iy} \\ & = Value_{fy} \\ & + [Value_{ey} - Value_{fy}] \left[\frac{Year_{iy} - Year_{fy}}{Year_{ey} - Year_{fy}} \right] \quad (6) \end{aligned}$$

Dimana:

iy : (*Intermediate period*) waktu antara

fy : (*First period*) waktu awal

ey : (*End year*) waktu akhir.

- *ExpInterp* yaitu untuk memperkirakan nilai suatu variabel menggunakan interpolasi eksponensial antara deret atau pasangan data.

$$\begin{aligned} & Value = a + b \cdot Year^a, \\ & \text{sehingga : } Value_{iy} \\ & = Exp(k + \alpha \cdot \ln(Year_{iy})) \quad (7) \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \alpha & = \ln \left[\frac{Value_{ey} - Value_{fy}}{Year_{ey} - Year_{fy}} \right] k \\ & = \frac{\ln(Value_{ey})}{\alpha \cdot \ln(Year_{ey})} \quad (8) \end{aligned}$$

Time series wizard terdiri atas enam bentuk kurva, yaitu: interpolasi, grafik tangga (*step function*), grafik *smooth* (penghalusan dari ekspresi interpolasi), grafik fungsi linear, grafik fungsi eksponensial dan grafik fungsi logistik (kurva S).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam tugasakhir ini adalah metode eksperimental yaitu melakukan simulasi untuk mengetahui permintaankebutuhan energi listrik dan bahan bakar transportasi di Universitas Nusa Cendana. Sebelum melakukan analisis data, maka terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data yang tersedia di instansi terkait, untuk digunakan sebagai data penunjang dalam penelitian permintaan kebutuhanenergi listrik dari tahun 2018-2050.

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan yaitu (variabel *independent* dan variabel *dependent*), yang menjadi perhatian utama untuk memprediksi kebutuhan energi listrik dan bahan bakar transportasi di wilayah Universitas Nusa Cendana. Variabel *independent* yaitu variabel yang mempengaruhi tingkat kebutuhan energi listrik dan bahan bakar transportasi. Data digunakan untuk analisis variabel independent yaitu peningkatan populasi civitas akademika dan pendapatan ekonomi (PNBP) di Universitas NusaCendana setiap tahun, yang menyebabkan adanya pembangunan gedung baru. Hal ini akan berpengaruh pada tingkat pemakaian daya listrik dan BBM, dalam menentukan hubungan antara parameter hasil perkiraan terhadap periode peramalan kebutuhan energi.

Sedangkan variabel *dependent* atau variabel terpengaruh adalah variabel yang diteliti apakah menunjukkan adanya pengaruh

dari perlakuan variabel *independent*, terhadap perkiraan peramalan permintaan kebutuhan energi final (kilowatt hour untuk daya listrik dan *barel of equivalent* untuk BBM) di Universitas Nusa Cendana Kupang.

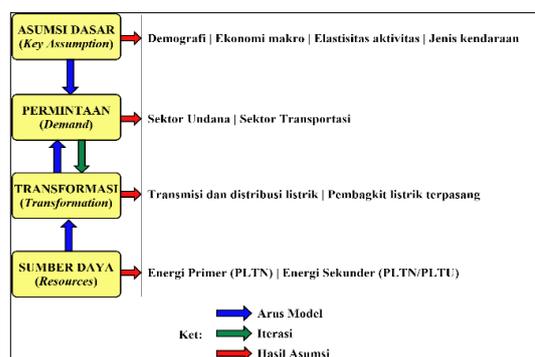
Pemodelan dan Asumsi Data

Pemodelan asumsi data dalam LEAP dilakukan untuk mengetahui hasil kebutuhan energi di daerah atau instansi yang diproyeksikan. Hasil asumsi data yang

dimodelkan yaitu: Pendapatan Nasional Bruto (PNB), pertumbuhan PNB, PNB perkapita, pertumbuhan PNBperkapita, populasi civitas akademika, pertumbuhan populasi, jumlah unit kerja, jumlah anggota unit kerja, elastisitas aktivitas (daya terpasang dan terpakai), dan jumlah kendaraan (roda 2, 4, dan 6) di Universitas Nusa Cendana Kupang. Hasil pemodelan asumsi data dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Asumsi Dasar	Indikator	Satuan	Tahun								
			2018	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Demografi	Populasi	Ribu Jiwa	26	28	30	40	50	60	70	80	90
	Pertumbuhan	%	10	11	11	15	18	22	25	29	32
	Jumlah Unit Kerja	Gedung	50	51	51	54	58	61	64	67	70
	Jumlah Anggota	Jiwa	500	509	519	566	613	659	706	753	800
Ekonomi Makro	PNBP	Milyar Rp	121	133	145	204	263	322	382	441	500
	Pertumbuhan	%	2	2	2	3	4	6	8	10	14
	PNBP per Kapita	Juta Rp	211	219	226	264	301	338	375	413	450
	Pertumbuhan	%	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Elastisitas	Daya Terpasang	kVa	650	658	666	705	744	783	822	861	900
	Daya Terpakai	kWh	520	526	533	564	595	626	658	689	720
Kendaraan	Roda 6	Unit	9	10	12	18	24	31	37	44	50
	Roda 4	Unit	52	55	58	73	89	104	119	135	150
	Roda 2	Unit	32	47	61	134	208	281	354	427	500

Gambar 2. Pemodelan asumsi data



Gambar 3. Struktur pemodelan kebutuhan energi di wilayah Undana.

Asumsi data yang digunakan di kembangkan dengan skenario BAU (*Business As Usual*) sehingga dapat disimulasikan berdasarkan kebutuhan dan kondisi pada daerah tersebut. Struktur model yang

digunakan dalam perangkat lunak *Long-range Energy Alternative Planning System* (LEAP) terdiri dari asumsi dasar, kebutuhan, transformasi, dan sumber daya. Secara lebih ringkas, struktur pemodelan kebutuhan energi di Universitas Nusa Cendana tahun 2018-2050 dapat dilihat pada Gambar 3.

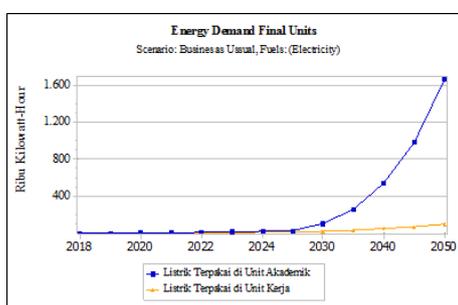
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil proyeksi permintaan energi listrik di Wilayah Undana

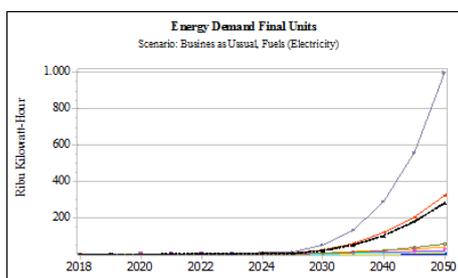
Hasil permintaan kebutuhan energi listrik di Universitas Nusa Cendana, menunjukkan peningkatan seiring dengan laju pertumbuhan civitas akademika setiap tahunnya. Proyeksi permintaan energi dihitung berdasarkan besarnya aktivitas pemakaian energi listrik dan besarnya pemakaian energi per aktivitas atau intensitas energi pada setiap unit di semua sektor pemakai. Dalam software LEAP yang

diprojeksikan adalah intensitas dan elastisitas penggunaan energi di Universitas Nusa Cendana dari tahun 2018-2050. Proyeksi kebutuhan energi yang dihasilkan dalam software LEAP merupakan hasil olah yang diasumsikan dari pemodelan permintaan energi listrik dan BBM sesuai data yang digunakan.

Pada sektor Undana, energy consumption (EC) berpengaruh terhadap Pendapatan Nasional Bruto Perkapita (PNBP), jika dilihat dari pendekatan pengeluaran dimana PNBP merupakan penjumlahan dari semua komponen permintaan akhir, maka konsumsi sektor Undana dalam hal ini adalah konsumsi energi merupakan permintaan akhir yang sangat berpengaruh terhadap pendapatan ekonomi nasional.



Gambar 4. Grafik permintaan energi listrik di wilayah Undana.



Gambar 5. Grafik kebutuhan energi final di wilayah Undana.

Hasil dari grafik menunjukkan adanya peningkatan permintaan kebutuhan energi listrik pada sektor Undana dari tahun 2018 sampai dengan tahun 2050, skenario BAU memperlihatkan total kebutuhan energi listrik yaitu tahun 2018 sebesar 1,131 kWh, tahun

2019 sebesar 2,357 kWh, tahun 2020 sebesar 4,273 kWh, tahun 2030 sebesar 104,68 kWh, tahun 2040 sebesar 540,4 kWh, dan tahun 2050 sebesar 1,664,3 kWh atau setara 1,7 megawatt dengan pertumbuhan rata-rata masing-masing untuk listrik terpakai di unit akademik sebesar 19% dan listrik terpakai pada unit kerja sebesar 4%. Sehingga total kebutuhan energi listrik selama 42 tahun adalah 1,684,6 kWh dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 21%.

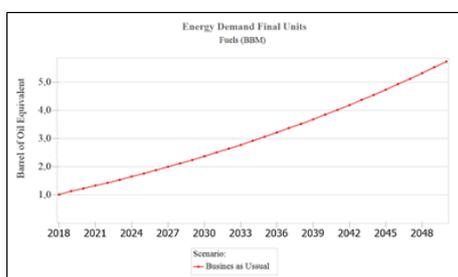
Tampak juga pada Gambar grafik 4, bahwa proporsi penggunaan listrik baik untuk unit civitas akademik dan unit kerja cenderung mengalami peningkatan setiap tahun dibandingkan dengan total konsumsi listrik tahun sebelumnya, padahal seperti yang telah diketahui bahwa cadangan minyak bumi Indonesia semakin menipis dan diperkirakan akan segera habis pada tahun 2025, sedangkan cadangan gas bumi masih mencukupi hingga tahun 2030. Maka untuk ke depannya konsumsi energi sektor Undana perlu diarahkan pada penggunaan energi baru dan terbarukan yang penggunaannya lebih efisien dan ramah lingkungan.

Hasil proyeksi permintaan bahan bakar Transportasi di Wilayah Undana

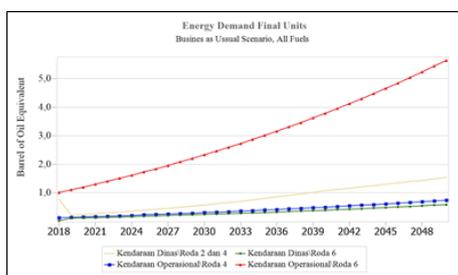
Proyeksi permintaan energi bahan bakar transportasi yang di bahas dalam penelitian ini adalah transportasi darat pada Universitas Nusa Cendana Penfui-Kupang. Dalam sektor transportasi, jenis permintaan kebutuhan energi BBM yang dimodelkan berupa kendaraan dinas dan kendaraan operasional. Kendaraan dinas maupun kendaraan operasional yang diproyeksikan adalah kendaraan roda 2, roda 4, dan roda 6. Kombinasi pendekatan yang digunakan berupa jumlah populasi kendaraan dengan faktor koreksi dan rasio kepemilikan. Rasio kepemilikan kendaraan perlu untuk diperhitungkan kebutuhan penggunaan bahan bakar karena mengingat usia kendaraan tidak dibatasi dalam model pendekatan sedangkan pertumbuhan populasi kendaraan semakin cenderung meningkat berdasarkan pertumbuhan jumlah populasi

civitas akademika setiap tahun.

Hasil pada pada grafik di atas menunjukkan bahwa kendaraan operasional paling banyak mengkonsumsi energi diikuti oleh kendaraan dinas. Berdasarkan pemodelan permintaan dari grafik menunjukkan pada tahun 2018 kendaraan dinas roda 2 dan 4 mengkonsumsi energi BBM sebesar 0,82 ribu BOE dan tahun 2050 sebesar 2,13 ribu BOE dengan pertumbuhan rata-rata adalah 2%, sedangkan kendaraan operasional roda 6 pada tahun 2018 mengkonsumsi energi BBM sebesar 1,15 BOE dan tahun 2050 sebesar 6,39 ribu BOE dengan pertumbuhan rata-rata adalah 7%. Total konsumsi kebutuhan energi BBM baik kendaraan dinas dan kendaraan operasional untuk sektor transportasi adalah tahun 2018 sebesar 1,97 BOE dan tahun 2050 sebesar 8,52 BOE dengan pertumbuhan rata-rata 17%.



Gambar 6. Grafik permintaan energi bahan bakar minyak di wilayah Undana



Gambar 7. Grafik kebutuhan bahan bakar minyak final di wilayah Undana.

Selanjutnya, untuk moda angkutan roda 4 dan roda 6, perhitungan konsumsi BBM menggunakan pendekatan penumpang (km), yaitu perhitungan kebutuhan konsumsi energi BBM berdasarkan panjang perjalanan rata-rata yang ditempuh selama satu tahun untuk

setiap mode kendaraan. Pertumbuhan Penyebab konsumsi daya semakin tinggi pada kedua unit tersebut adalah pada penggunaan alat-alat listrik yang memiliki perilaku konsumsi yang cukup besar saat dioperasikan, serta waktu aktifitas pada jam kerja yang tidak proporsional. konsumsi energi BBM pada mode kendaraan angkutan roda 4 dan roda 6 akan mengacu pada pertumbuhan ekonomi (PNBP) dengan menggunakan data asumsi kendaraan yang diperoleh dari Undana, sehingga dapat diperkirakan kebutuhan energi BBM mode kendaraan yang ada di wilayah Universitas Nusa Cendana Penfui-Kupang selama periode tahun 2018 sampai dengan tahun 2050. Sarana transportasi sangat diperlukan dalam rangka memobilisasi barang maupun orang dari suatu tempat ke tempat lain. Sehubungan dengan konsumsi energi, sektor transportasi yang dimaksud mencakup sarana transportasi yang digerakkan oleh mesin atau kendaraan bermotor

PEMBAHASAN

Hasil proyeksi kebutuhan energi listrik di wilayah undana yang memiliki proporsi terbesar dalam konsumsi energi listrik pada unit akademik untuk suplai daya di laboratorium dengan komposisi tahun 2018 sebesar 0,5 ribu kWh dan pada tahun 2050 mencapai 999,7 kWh dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 15%, suplai daya di fakultas dengan komposisi tahun 2018 sebesar 0,3ribu kWh dan pada tahun 2050 mencapai 283,5 kWh dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 7%, supali daya di pusat komputer dengan komposisi tahun 2018 sebesar 0,3 ribu kWh dan pada tahun 2050 mencapai 323,3 kWh dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 10%, dan suplai daya di jurusan dengan komposisi tahun 2018 sebesar 0,1ribu kWh dan pada tahun 2050 mencapai 58,0 kWh dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 5%.

Sedangkan pada unit kerja untuk kebutuhan suplai daya listrik masing-masing memiliki proporsi pada tahun akhir peramalan dengan komposisi diantaranya adalah untuk suplai daya direktorat baru pada

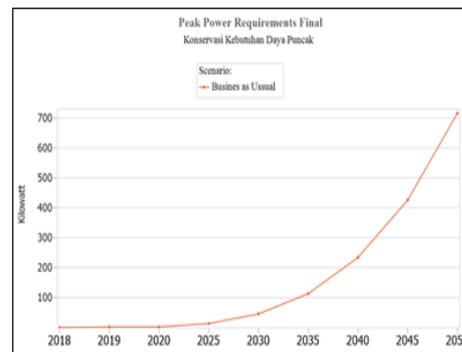
tahun 2050 mencapai 10,4 ribu kWh dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 3%, suplai daya di rektorat lama pada tahun 2050 mencapai 2,5 ribu kWh dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 1%, dan suplai daya di pusat komputer 7,4 ribu kWh dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 2%. Perilaku penggunaan energi tersebut akan berpengaruh pada proporsi konsumsi daya yang semakin meningkat hingga pada akhirnya harus dilakukan penambahan tarif daya pada sektor pemakai tersebut, sehingga dapat mensuplai unit-unit yang memerlukan daya listrik yang cukup besar.

Kebutuhan jenis energi final berbasis cair dalam bentuk BBM (premium dan solar) mendominasi konsumsi energi di sektor transportasi. Total kebutuhan kedua jenis energi ini pada tahun 2050 mencapai 150,8 ribu BOE atau sekitar 38% dari total konsumsi energi BBM yang dibutuhkan pada mode transportasi. Energi BBM yang paling banyak dibutuhkan untuk kendaraan dinas dan kendaraan operasional roda 6, 4, dan 2 adalah BBM solar dan premium. Pada tahun 2018 kendaraan dinas roda 2 dan roda 4 mengkonsumsi BBM premium sebesar 0,5 ribu BOE dan mencapai 23,6 ribu BOE pada tahun 2050 dengan rata-rata pertumbuhan 12%, sedangkan untuk kendaraan operasional roda 6 pada tahun 2018 mengkonsumsi BBM solar sebesar 1,0 BOE dan mencapai 100,1 BOE pada tahun 2050 dengan rata-rata pertumbuhan 25%. Pemodelan permintaan kebutuhan energi listrik sektor transportasi dengan skenario BAU, pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kendaraan roda 6 paling banyak mengkonsumsi energi BBM untuk tahun 2018 diikuti oleh kendaraan roda 4 dan roda 2. Kondisi ini akan menjadi rentan dari sisi ketahanan energi mengingat produksi minyak nasional yang terus menurun dan impor minyak yang tinggi. Peningkatan permintaan energi bahan bakar minyak disebabkan oleh peningkatan jumlah kendaraan terutama jenis kendaraan sepeda motor roda 2 dan mobil roda 4. Peningkatan kebutuhan BBM premium dan solar yang semakin meningkat disebabkan oleh jumlah

jam kerja yang lebih panjang serta harga BBM sering berubah setiap tahun.

Konservasi kebutuhan daya puncak

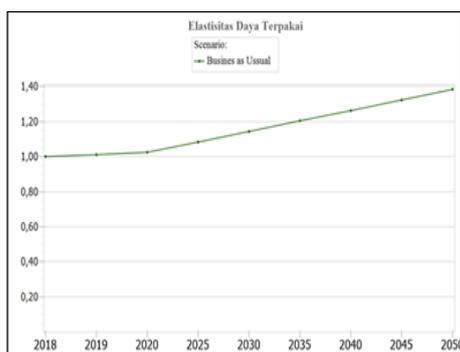
Proyeksi konservasi energi puncak dilakukan pada semua sektor pengguna di Undana yang mengacu pada kebijakan melalui: pertama, implementasi manajemen energi; kedua, penghematan bahan bakar; ketiga, efisiensi peralatan; dan keempat, rehabilitasi serta penggantian peralatan pada sektor tersebut. Upaya konservasi kebutuhan daya puncak pada sektor pengguna menunjukkan adanya potensi efisiensi sekitar 0,518 kilowatt di tahun 2018, yang setara dengan efisiensi sekitar 5% terhadap skenario BAU. Sedangkan di tahun 2050, potensi efisiensi diperkirakan sebesar 716,686 kilowatt atau setara dengan efisiensi sekitar 20% terhadap skenario BAU.



Gambar 8. Konservasi daya puncak

Elastisitas energi

Sesuai dengan target skenario BAU pada dayaterpakai, bahwa elastisitas energi harus sebelumnya di bawah satu mulai tahun 2018 dan di atas satu setelah tahun proyeksi berjalan, dari hasil penelitian yang telah di analisis pada grafik menunjukkan elastisitas energi pada tahun 2018 diproyeksikan sebesar 1,0 dan naik menjadi 1,1 pada tahun 2025. Peningkatan elastisitas tersebut disebabkan oleh perilaku penggunaan daya listrik di Undana masih bersifat komsumtif terhadap daya terpasang dan daya terpakai.



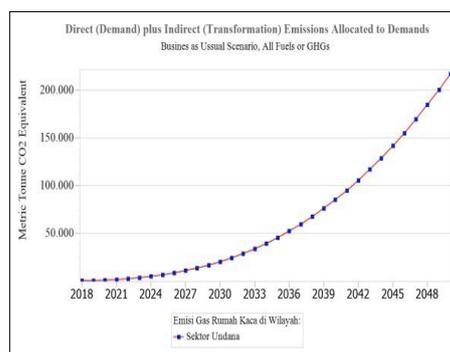
Gambar 9. Grafik elastisitas energi.

Angka elastisitas energi diprediksi setiap indikator menunjukkan nilai yang lebih besar dari 1 ($\epsilon > 1$) maka permintaan energi adalah elastis atau komsumtif. Artinya, untuk mendorong pertumbuhan ekonomi sebesar 3,0% saja, maka pasokan energi harus naik minimal tidak lebih dari 1%. Misalnya pertumbuhan ekonomi Undana saat ini adalah 3,0%, maka diperlukan tambahan pasokan energi sebesar 0,3%. Tetapi karena angka elastisitas di Undana termasuk bersifat boros atau komsumtif, maka pendapatan ekonomi semakin rendah dan kebutuhan energi makin tinggi yang akhirnya akan berpengaruh pada PNB di Undana. Sedangkan jika indikator menunjukkan nilai elastisitas yang kurang dari 1 ($\epsilon < 1$) maka permintaan energi adalah inelastis atau produktif.

Emisi Gas Rumah Kaca

Sektor pembangkit listrik diproyeksikan akan menjadi penyumbang emisi terbesar setelah sektor transportasi. Proyeksi emisi GRK pada tahun 2025 sebesar 3 Mton (CO₂ eq) dan tahun 2050 mencapai 25 juta Mton (CO₂ eq) atau setara 4% penurunan terhadap GRK nasional saat ini.

Hasil pemodelan pencapaian sasaran KEN (Kebijakan Energi Nasional) akan memberikan dampak penurunan GRK secara signifikan 11%, secara upaya nasional apabila bila dibandingkan dengan skenario BAU (Business As Usual) yang hanya mencapai 4%.



Gambar 10. Emisi gas rumah kaca di wilayah Undana

Emisi GRK di Undana tahun 2030 untuk Carbon Dioxide Biogenic sebesar 4,6 juta Mton (CO₂ eq), Carbon Dioxide sebesar 1,2 juta Mton (CO₂ eq), dan Carbon Monoxide sebesar 0,2 juta Mton (CO₂ eq) dengan total penurunan sebesar 6 juta Mton (CO₂ eq) setara 2% emisi GRK nasional. Namun jika dibandingkan dengan penurunan emisi GRK Provinsi NTT tahun 2030 hanya mampu sebesar 14% atau setara 13 juta Mton (CO₂ eq), dan pada tahun 2050 penurunannya hanya mampu sebesar 11% atau setara dengan 38 juta Mton (CO₂ eq). Berdasarkan hasil proyeksi tersebut, maka untuk emisi CO₂ hasil pembakaran pada unit pembangkitan listrik sebaiknya dapat disimpan dalam sebuah formasi geologi bawah tanah agar tidak terjadi pelepasan emisi CO₂ ke atmosfer. Aksi mitigasi emisi GRK umumnya hanya terjadi pada pembangkit yang memanfaatkan EBT, tetapi tidak menutup kemungkinan juga berlangsung pada pembangkit listrik berbahan bakar fosil.

KESIMPULAN

Hasil penelitian proyeksi permintaan kebutuhan energi final Undana dan BBM transportasi yang telah dilakukan dapat di buat kesimpulan berdasarkan pembahasan dengan skenario *Business As Usual* (BAU). Total kebutuhan energi listrik final di wilayah Universitas Nusa Cendana Kupang diperkirakan sampai tahun 2050 mencapai

1,684,6 kWh, dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 20%. Sedangkan untuk proyeksi BBM transportasi kebutuhan energi final (solar dan premium) untuk suplai mode kendaraan dinas dan mode kendaraan operasional roda 2, 4, dan roda 6 diperkirakan sampai tahun 2050 mencapai 150,8 ribu BOE dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 38%.

Peningkatan kebutuhan energi baik listrik untuk Universitas Nusa Cendana dan bahan bakar minyak (BBM) untuk transportasi dipengaruhi oleh pertumbuhan populasi civitas akademika, dan perilaku penggunaan energi yang bersifat komsumtif setiap tahun.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dianalisis menunjukkan bahwa, PNB per kapita, jumlah populasi, nilai tambah sektor energi, dan sektor transportasi di Universitas Nusa Cendana, secara signifikan sangat berpengaruh terhadap perubahan konsumsi energi. Sedangkan harga energi fosil dan krisis ekonomi ternyata tidak berpengaruh terhadap perubahan konsumsi energi. Jumlah persentase populasi civitas akademika merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap tingkat konsumsi energi di Universitas Nusa Cendana Kupang.

Dari hasil studi dan analisis bahwa, ketergantungan energi di wilayah Universitas Nusa Cendana Kupang terhadap konsumsi energi fosil sangat besar. Dalam jangka pendek, perlu ada kebijakan efisiensi akan penggunaan energi fosil. Dalam jangka panjang, dibutuhkan upaya untuk lebih memaksimalkan penggunaan energi terbarukan (*renewable*), sehingga energi yang dinikmati oleh generasi sekarang bisa dimanfaatkan pula oleh generasi yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anonimus. (2000). User Guide for LEAP Version, Stockholm Environment Institute. *LEAP*, 2(6), 5-9.
- [2]. Banamtuan, A. (2014). Analisis Permintaan, Pemodelan, Simulasi Kebutuhan dan Ketersediaan Energi Listrik di Kabupaten Timor Tengah Selatan Menggunakan Perangkat Lunak Long-range Energy Alternative Planning system (LEAP). *Skripsi*.
- [3]. Benu, F. (2016). Laporan Akuntabilitas Instansi Pemerintah (LAKIP), Borang Akreditasi Universitas. Universitas Nusa Cendana. Kupang, NTT: Report.
- [4]. Heaps, C., & Lazarus, M. (2000). *LEAP 2000 Training Exercises*. USA, SEI-Boston: BookReference.
- [5]. Lanang Widiyanto, R., & Purnomo, T. (2005). Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi di Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta Menggunakan Perangkat Lunak LEAP. *Skripsi, Jurusan Teknik Fisika Universitas Gajah Mada*.
- [6]. Likadja, F. (2006). Pemodelan Prakiraan Kebutuhan Tenaga Listrik Menggunakan Program DKL. *Jurnal Teknologi, Fakultas Teknik UNDANA*, 1(21), 5-8.
- [7]. Lotia, N., Shrivastava, R., Bagde, S., & Pandit, P. (2017). Maharashtra State's Electricity Supply Demand Forecasting for 2030 and 2050 using LEAP. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*, 6(11), 23-29.
- [8]. Muchlis, M., & Permana Darma, A. (2003). Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN tahun 2003 sampai dengan 2020. *Pengembangan Sistem Kelistrikan dalam Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang*, 19-29.
- [9]. Oetomo, W. (2011). Panduan Perencanaan Energi dengan Metode LEAP. *Pusat Kajian Kebijakan Energi Institut Teknologi Bandung*.
- [10]. Purnomo. (2008). *Laporan Akhir Review Penyusunan Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah (RUKD) Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Koperasi Bidang Pertambangan dan

- Energi Pemerintah Propinsi DIY. Yogyakarta: Laporan Penelitian.
- [11]. Radjesh, K., & Pohekar, S. (2012). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(Vol. 4). India: Book Reference.
- [12]. Sugiyono, A. (1995). Perencanaan Energi Nasional dengan Model MARKAL. *Journal Teknologi*, 2(4), 3-6.
- [13]. Waluyo, B., Burhanuddin, H., & Martinus. (2013). Perencanaan Penyediaan Energi di Wilayah Lampung Menggunakan Perangkat Lunak Long-range Energy Alternatives Planning System. *Jurnal FEMA*, 1(2), 9-17.
- [14]. Osborn, P. (2007). Sustainable Energy: Less Poverty, More Profits. *World Bank Publications*.
- [15]. Draft Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah Provinsi NTT Tahun 2004. (n.d.).
- [16]. Kebijakan Energi Nasional 2003-2020 Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral 2004 Jakarta. (n.d.).
- [17]. E. H, T., H., T., & M. S., R. (2014). Kajian Perencanaan Energi Listrik di Wilayah Kabupaten Sorong Menggunakan Perangkat Lunak LEAP. *e-journal Teknik Elektro dan Komputer*, 1-10. Retrieved Juli Kamis, 2018, from <http://ejurnalelektro.ac.id>.
- [18]. Suryanid, A. (2013). Proyeksi Emisi Gas Rumah Kaca Tahun 2012-2030. *Prosiding Seminar dan Peluncuran Buku Outlook Energi Indonesia 2013*, 114-120.