



Perkiraan Kebutuhan Energi PT. Garuda Indonesia sampai dengan Tahun 2015

Energy Consumption Estmation In PT. Garuda Indonesia Until Year 2015

MindaMora

Peneliti Pusat Penelitian dan Pengembangan Udara

e-mail : mindamora25@gmail.com

INFO ARTIKEL

Histori Artikel :

Diterima : 25 Mei 2012

Disetujui : 7 Juni 2012

Keywords:

aircraft, energy consumption, PT. Garuda Indonesia

Kata kunci:

pesawat udara, konsumsi energi, PT. Garuda Indonesia

ABSTRACT / ABSTRAK

Air transportation has the highest energy consumption based on its speed among other transportation sector, such as land and marine transportation. Fuel cost is about 13-20 % of total operating cost of airline. PT. Garuda Indonesia is one of the national airline which high improvement. In 2010, PT. Garuda Indonesia has 67 unit of aircraft and will be increase to 116 unit of aircraft in 2014. The goal of this research is to estimate the energy consumption in PT. Garuda Indonesia until 2015. Result shows that in 2015, energy consumption in PT. Garuda Indonesia increase for about 33% or about 24.247 PJ of energy or 0,55 MegaTon of fuel compare to its fuel consumption in 2010.

Transportasi udara merupakan sektor transportasi yang memiliki tingkat konsumsi energi paling tinggi berdasarkan kecepatannya. Pengeluaran maskapai penerbangan untuk bahan bakar minyak pesawat udara mencapai 13-20% dari total biaya operasional. PT. Garuda Indonesia merupakan salah satu maskapai penerbangan nasional yang mengalami perkembangan yang pesat beberapa tahun belakangan ini. Pada tahun 2010 Garuda Indonesia memiliki 67 armada pesawat udara dan ditargetkan menjadi 116 armada pada tahun 2014. Kajian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia sampai dengan tahun 2015. Hasil kajian menunjukkan pemakaian energi di PT. Garuda Indonesia meningkat 33% atau sebesar 24.247 PJ atau 0,55 MegaTon bahan bakar minyak dibandingkan pemakaian bahan bakar pada tahun 2010.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebutuhan transportasi merupakan kebutuhan turunan (*derived demand*) akibat aktivitas ekonomi, sosial, dan sebagainya. Dalam kerangka makro-ekonomi, transportasi merupakan tulang punggung perekonomian nasional, regional, dan lokal, baik di perkotaan maupun di pedesaan. Sistem transportasi memiliki sifat sistem jaringan di mana kinerja pelayanan transportasi sangat dipengaruhi oleh integrasi dan keterpaduan jaringan.

Sarana transportasi darat, laut, maupun udara memegang peranan vital dalam aspek sosial ekonomi melalui fungsi distribusi antara daerah satu dengan daerah yang lain. Distribusi barang, manusia, dan lain-lain. akan menjadi lebih mudah dan cepat bila sarana transportasi yang ada berfungsi sebagaimana mestinya sehingga transportasi dapat menjadi salah satu sarana untuk mengintegrasikan berbagai wilayah di Indonesia. Melalui transportasi penduduk antara wilayah satu dengan wilayah lainnya dapat ikut merasakan hasil produksi yang rata maupun hasil pembangunan yang ada. dapat menjadi salah satu sarana untuk mengintegrasikan berbagai wilayah di Indonesia. Melalui transportasi penduduk antara wilayah satu dengan wilayah lainnya dapat ikut merasakan hasil produksi yang rata maupun hasil pembangunan yang ada.

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi nasional, kebutuhan akan transportasi juga

semakin meningkat. Transportasi udara merupakan sektor transportasi yang meningkat sangat pesat beberapa tahun belakangan ini. Berdasarkan data dari Kementerian Perhubungan, pertumbuhan penumpang transportasi udara meningkat 21% pada tahun 2009, jumlah pergerakan pesawatpun meningkat dari 37.163 pergerakan pada tahun 2008 menjadi 42.870 pada tahun 2009.

Dilihat dari segi penggunaan bahan bakar, transportasi udara memiliki tingkat konsumsi bahan bakar paling tinggi berdasarkan kecepatannya dibanding sektor transportasi lain. Pengeluaran maskapai penerbangan untuk bahan bakar mencapai 13-20 % dari total *operating cost*.

PT. Garuda Indonesia merupakan maskapai penerbangan nasional yang mengalami perkembangan pesat beberapa tahun belakangan ini. Pada tahun 2010, PT.Garuda Indonesia menambahkan jumlah armada sebanyak 24 untuk meningkatkan standar pelayanannya. Dari 24 armada tambahan tersebut, 23 diantaranya adalah jenis B737-800 NG dan satu pesawat A330-200.

Pada tahun 2011, PT. Garuda Indonesia memiliki 67 pesawat udara dan ditargetkan akan meningkat menjadi 116 armada hingga 2014 menyusul program *Quantum Leap* yang sedang

dicanangkan oleh PT. Garuda Indonesia. Program revitalisasi dan pengembangan armada berupa penambahan pesawat udara baru seri Boeing 737-800NG, empat Airbus A330-200 dan *refurnishment* pesawat A330-300. Selain itu PT. Garuda Indonesia juga menambah jumlah frekuensi layanan dari 1.700 menjadi 3.000 penerbangan per minggu, serta membuka 10 rute baru di domestik dan internasional untuk memenuhi tuntutan kebutuhan para pengguna jasa yang semakin meningkat. PT. Garuda Indonesia juga telah membuka kembali pelayanan penerbangan ke Eropa dan pada tahun 2012 juga akan melayani penerbangan ke Amerika.

Dengan meningkatnya jumlah armada yang dioperasikan, rute serta frekuensi penerbangan, akan berpengaruh langsung terhadap pemakaian bahan bakar di PT. Garuda Indonesia. Untuk memperoleh gambaran kebutuhan energi (bahan bakar minyak) di PT. Garuda Indonesia sampai dengan tahun 2015, maka dilakukan kajian Kebutuhan Energi PT. Garuda Indonesia sampai dengan Tahun 2015.

Melihat latar belakang permasalahan di atas, maka perumusan masalah penelitian ini adalah berapakah proyeksi kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia sampai dengan Tahun 2015. Kajian ini

dimaksudkan untuk mengetahui proyeksi kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia sampai dengan tahun 2015 dan tujuannya adalah memberikan gambaran dalam menentukan strategi penyediaan energi (bahan bakar minyak) jangka panjang.

BAHAN DAN METODE

Pesawat udara terdiri dari sistem yang merubah energi bahan bakar menjadi energi mekanik untuk menghasilkan pergerakan. Konsumsi bahan bakar di sektor transportasi udara berkisar 2-3% dari total bahan bakar fosil yang digunakan di seluruh dunia. 80% dari angka tersebut digunakan untuk pengoperasian penerbangan sipil.

Leet et al. 2001) memperkenalkan *Energy Intensity* (E_i) sebagai suatu ukuran untuk kinerja teknologi dari suatu pesawat udara. E_i merupakan konsumsi *energy per seat - mile* (seat - km) yang nilainya tergantung dari beberapa parameter berikut ini :

1. Efisiensi aerodinamika, khususnya rasio gaya angkat terhadap gaya hambat selama terbang jelajah.
2. Efisiensi berat pada saat pesawat berada dalam kondisi berat maksimum saat lepas landas (*Maximum Take-Off Weight, MTOW*).
3. Untuk pesawat udara penumpang : susunan kabin dan tingkat kepadatan tempat duduk (kebanyakan pesawat udara memiliki konfigurasi

tempat duduk dengan susunan *mixed class* dan *single class* dengan jumlah tempat duduk yang berbeda.

4. Efisiensi mesin dalam bentuk *specific fuel consumption* (sfc).

Energy Intensity terdiri dari dua komponen, yaitu E_u dan *load factor* (α) seperti yang terlihat pada persamaan (1) berikut ini:

$$E_i = \frac{MJ}{RPK} = \frac{MJ}{ASK} \cdot \frac{ASK}{RPK} = \frac{E_u}{\alpha} \dots \dots (1)$$

Dimana :

- MJ : Energi bahan bakar (megajoules)
- RPK : *Revenue passenger-kilometers*
- ASK : *Available seat-kilometers*
- α : *Load factor*

E_u (*Energy use*) adalah jumlah energi yang dikonsumsi oleh pesawat udara per jumlah kursi yang tersedia dan per jarak tempuh. Nilai E_u ditentukan oleh parameter teknologi pesawat udara, termasuk diantaranya adalah efisiensi mesin (*engine efficiency*) dan menggambarkan operasi sebenarnya dari pesawat udara. *Load factor* adalah ukuran tingkat isian pesawat udara dibandingkan dengan jumlah tempat duduk yang tersedia. Semakin tinggi nilai *load factor*, maka tingkat konsumsi bahan bakar juga akan meningkat berdasarkan penumpang-kilometer.

Untuk menggambarkan E_i sebagai fungsi dari mesin, aerodinamika, dan efisiensi struktur dari suatu sistem pesawat udara serta *load factor*, maka diperlukan sebuah model prestasi pesawat udara. Karena sebagian besar *flight path* pesawat udara berada pada

kondisi terbang jelajah, maka persamaan Brequet (R) merupakan model yang relevan untuk menggambarkan prestasi pesawat udara yang menggambarkan pergerakan pesawat udara pada kondisi kecepatan konstan.

$$R = \frac{V(L/D)}{g \cdot SFC} \times \ln \left(+ \frac{W_{fuel}}{W_{payload} + W_{structure} + W_{reserve}} \right)$$

- V = Kecepatan terbang
- L/D = Rasio gaya angkat terhadap gaya hambat
- g = *Gravitational acceleration constant*
- SFC = *Spesific fuel consumption*

Dengan merubah ulang persamaan (2) di atas, hubungan antara pemakaian energi pesawat udara dan parameter teknologi bisa diturunkan menjadi persamaan sebagai berikut:

$$E_u \equiv \alpha E_i \equiv \frac{1}{\mu_u} \dots \dots \dots (3)$$

$$E_u = \frac{QW_{fuel}}{S} \cdot \frac{g \cdot SFC}{V(L/D)} \times \frac{1}{\ln \left(+ \frac{W_{fuel}}{W_{payload} + W_{structure} + W_{reserve}} \right)} \dots (4)$$

Dimana :

- Q = *Lower heating value of jet fuel*
- S = Jumlah tempat duduk

Seperti yang terlihat pada persamaan (4) di atas, jenis mesin, aerodinamika, dan efisiensi struktur merupakan faktor penting dalam menentukan *energy intensity* pesawat udara. Efisiensi mesin pesawat udara komersial berbadan lebar meningkat 40% pada periode 1959 - 1995 dengan rata-rata peningkatan 1.5% per tahun. Peningkatan efisiensi mesin

pesawat udara ini terjadi pada tahun 1970, dengan diperkenalkannya *high-bypass turbofan engine*. Seiring dengan meningkatnya *bypass ratio*, diameter mesin juga meningkat yang mengakibatkan meningkatnya berat mesin dan gaya hambat aerodinamik. Faktor lain yang meningkatkan efisiensi mesin pesawat udara adalah meningkatnya tekanan puncak dan temperatur di dalam mesin.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan prosedur untuk memperoleh data yang diperlukan.

- a. Data primer; didapatkan melalui pengisian kuesioner dengan pertimbangan semua informasi yang dibutuhkan dapat diperoleh dengan akurat dan lengkap. Responden dalam penelitian ini adalah *engineer* dan pimpinan (manajemen).
- b. Data sekunder diperoleh melalui media literatur, undang-undang, Skep Menteri, Skep Dirjen, serta jurnal penelitian baik nasional maupun internasional.

Metode Pengolahan dan Analisis Data

Prakiraan kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia diproyeksikan berdasarkan *Energy Intensity* (E_i) per jenis pesawat udara yang dioperasikan. Nilai E_i tergantung kepada faktor fisik dari pengoperasian pesawat udara dan permintaan konsumen terhadap penerbangan. E_i dapat dimodelkan dengan menggunakan persamaan berikut ini :

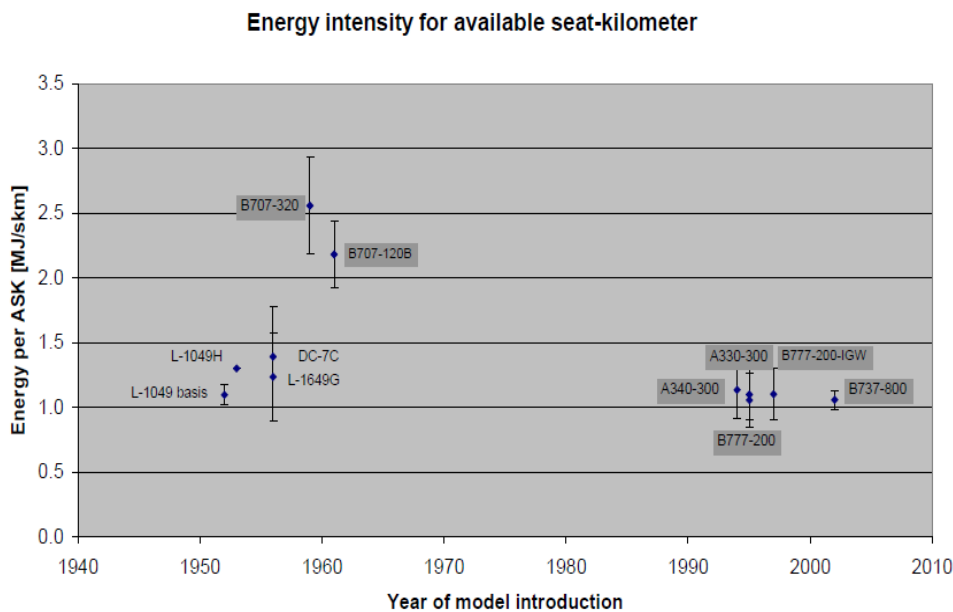
$$E_i = \frac{Q \cdot W_f}{\left(\frac{W_p}{W_i}\right)^{V(L/D)}} \frac{g \cdot SFC}{\ln\left(1 + \frac{W_f}{W_p + W_s + W_r}\right)} \cdot \mu_{ft} \dots (5)$$

Dimana,

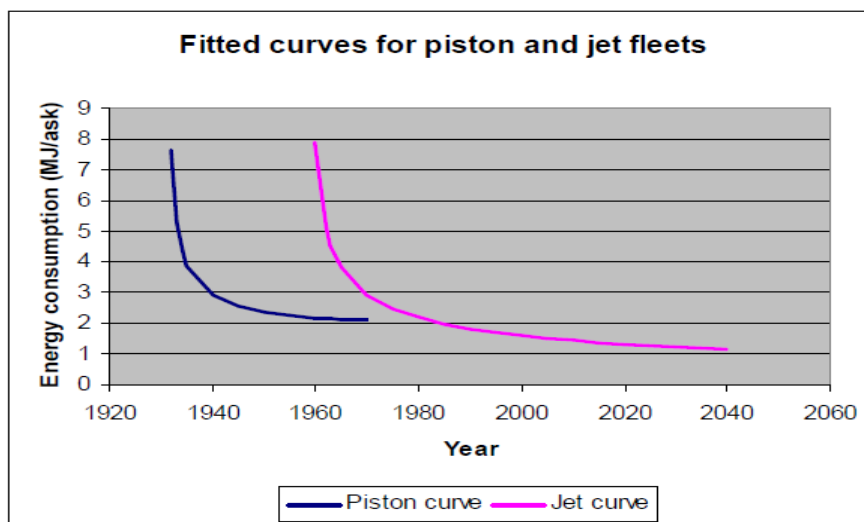
- E_i = *Energy Intensity* (megajoules/RPK atau megajoules/ASK)
 Q = *Lower heating value of jet fuel*
 SL = *Stage length*
 W_f = Berat bahan bakar
 W_i = Berat penumpang + bagasi
 W_p = Berat *payload*
 W_r = Berat bahan bakar cadangan
 W_s = Berat struktur pesawat udara

Peeters et al. 2005) dalam penelitiannya yang berjudul *Fuel Efficiency of Commercial Aircraft, An Overview of Historical and Future Trends* telah melakukan perhitungan analisis mikro terhadap nilai E_i beberapa jenis pesawat udara yaitu diantaranya B707-320, B707-120, A340-300, A330-300, B777-200, dan B737-800 winglet. Dalam penelitian ini, nilai E_i pesawat udara yang menjadi obyek penelitian akan merujuk pada hasil penelitian tersebut di atas. Nilai E_i pesawat udara berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Selain dari **Gambar 1**, nilai E_i pesawat udara dalam penelitian ini juga merujuk pada hasil makro analisis nilai E_i berdasarkan jenis mesin pesawat udara yang dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut ini :



Gambar 1 Energy Intensity per available seat-kilometre (Peeters et al.)



Gambar 2 Energy Consumption per available seat-kilometre for Piston and Jet Fleet (Peeters et al.)

Perhitungan kebutuhan *Energy Useful* (E_u) di PT. Garuda Indonesia per tahun dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$E_u = \sum N \times S \times E_i \times \text{efisiensi pesawat udara} \dots (6)$$

Keterangan :

N = Jumlah pesawat udara per tahun

S = Jarak tempuh per tahun

E_i = *Energy Intensity*

Berdasarkan perumusan di atas, kebutuhan energi per tahun diperhitungkan berdasarkan data historis. Data historis yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah :

1. Jumlah dan jenis armada pesawat udara yang dioperasikan oleh PT. Garuda Indonesia;
2. Jelajah pesawat udara per tahun;
3. Frekuensi penerbangan per tahun; dan
4. Jumlah tempat duduk yang tersedia.

Tahap pertama akan dilakukan perhitungan kebutuhan energi per tahun untuk tahun yang sudah berjalan yaitu 2007, 2008, 2009, dan 2010. Hasil perhitungan ini nantinya akan digunakan untuk menghitung proyeksi kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia sampai dengan tahun 2015.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Perhitungan nilai *energy useful* (E_u) Tahun 2007 - 2010

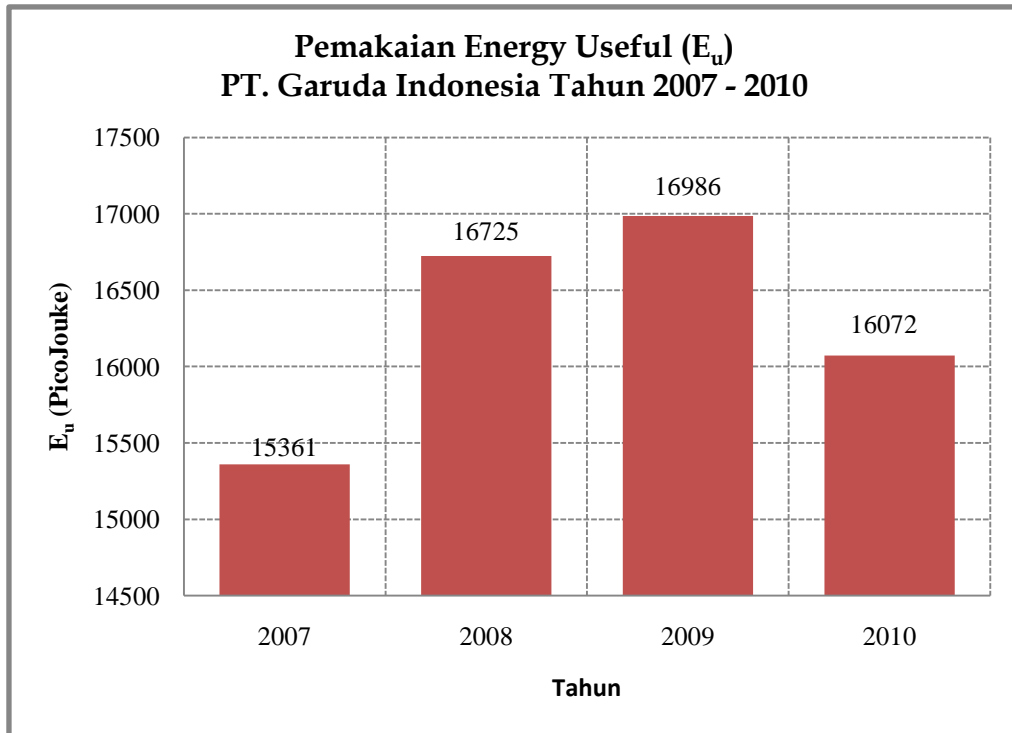
Energy useful (E_u) per tahun yang dibutuhkan oleh PT. Garuda Indonesia dihitung berdasarkan jumlah *available seat-kilometer* (ASK) per tahun. ASK merupakan nilai perkalian antara jumlah tempat duduk yang tersedia dengan jarak tempuh pesawat udara. E_u dihitung per rute dan per jenis pesawat udara yang dioperasikan oleh PT. Garuda Indonesia.

2. Proyeksi kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia 2011 s.d tahun 2015

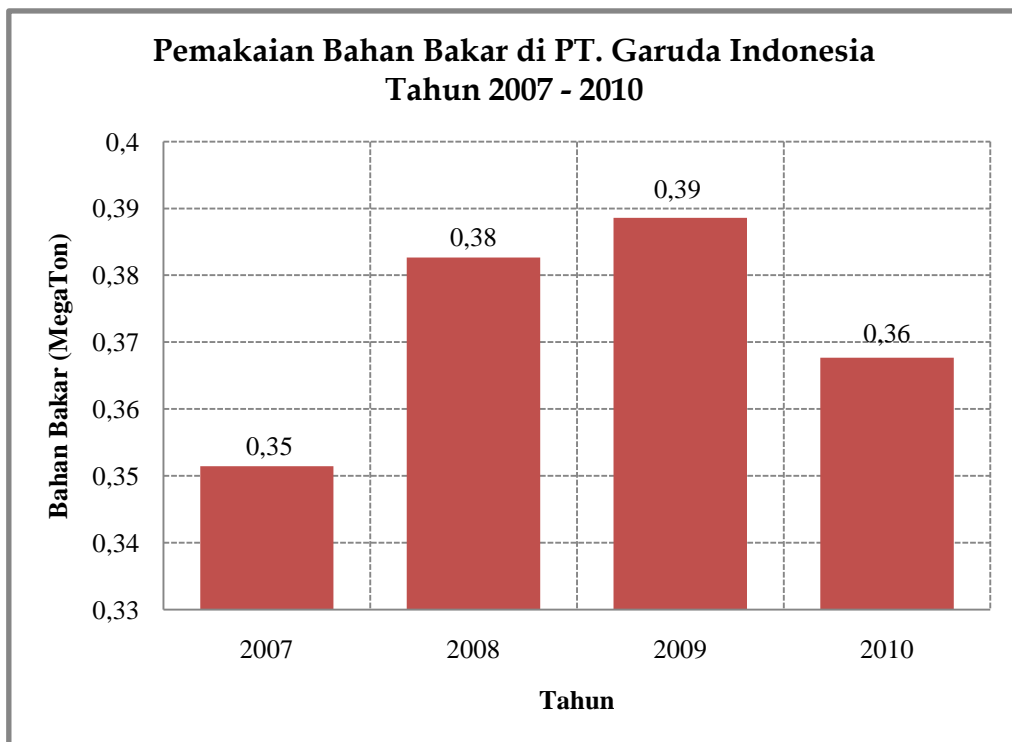
Perhitungan proyeksi kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia dari tahun 2011 s.d 2015 akan menggunakan beberapa asumsi. Pertama, berdasarkan data *fleet plan* PT. Garuda Indonesia yang dapat dilihat pada **Tabel 1**. Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa armada PT. Garuda Indonesia didominasi oleh pesawat udara jenis B737-800 dan A330-200. Perhitungan proyeksi kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia sampai dengan tahun 2015 dilakukan dengan mengasumsikan bahwa seluruh rute-rute domestik hanya akan menggunakan dua jenis pesawat udara tersebut, yaitu B737-800 dan A330-200. Nilai *Energy Intensity* (E_i) yang digunakan dalam perhitungan adalah rata-rata E_i dari kedua pesawat udara tersebut yaitu 1,125 MJ/ASK



Gambar 3 Grafik Perkembangan ASK



Gambar 4 Grafik Pemakaian Energi



Gambar 5 Grafik Pemakaian Bahan Bakar

Tabel 1 Fleet Plan PT. Garuda Indonesia 2011 s.d 2015

AC Required	2011				2012				2013			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
A330-300	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
B747-400	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0
B777-ER	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	5	5
A330-200	5	6	6	7	7	7	8	9	10	10	11	11
B737-800	43	46	47	51	54	56	58	59	63	65	66	67
B737-500	4	4	4	4	4	4	4	4				
B737-400	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B737-300	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0
Total	70	70	71	76	79	81	84	86	82	84	88	89

AC Required	2014				2015			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
A330-300	6	6	6	6	6	6	6	6
B747-400	0	0	0	0	0	0	0	0
B777-ER	6	6	8	8	8	8	10	10
A330-200	12	12	13	13	13	13	14	14
B737-800	70	71	73	74	78	79	80	80
B737-500	0	0	0	0	0	0	0	0
B737-400	0	0	0	0	0	0	0	0
B737-300	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	94	95	100	101	105	106	110	110

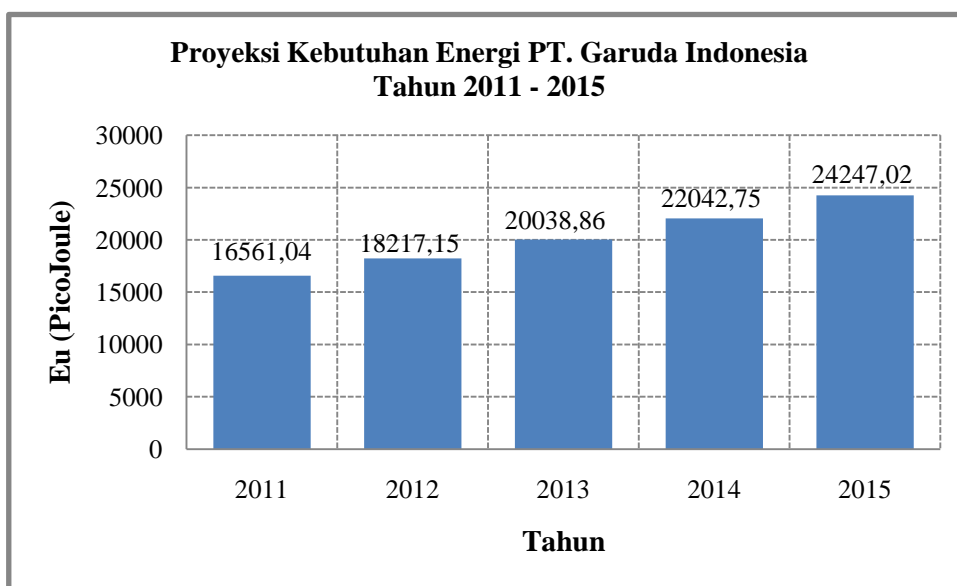
Selanjutnya, untuk mendapatkan nilai *Available Seat Kilometer* (ASK) dari tahun 2011 sampai dengan 2015, dilakukan perhitungan kenaikan ASK berdasarkan data ASK dari tahun 2007 sampai dengan 2010. Dari hasil perhitungan didapatkan rata-rata kenaikan ASK per tahun adalah sebesar 10%.

Dengan menggunakan beberapa asumsi di atas, maka proyeksi kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia sampai dengan tahun 2015 dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

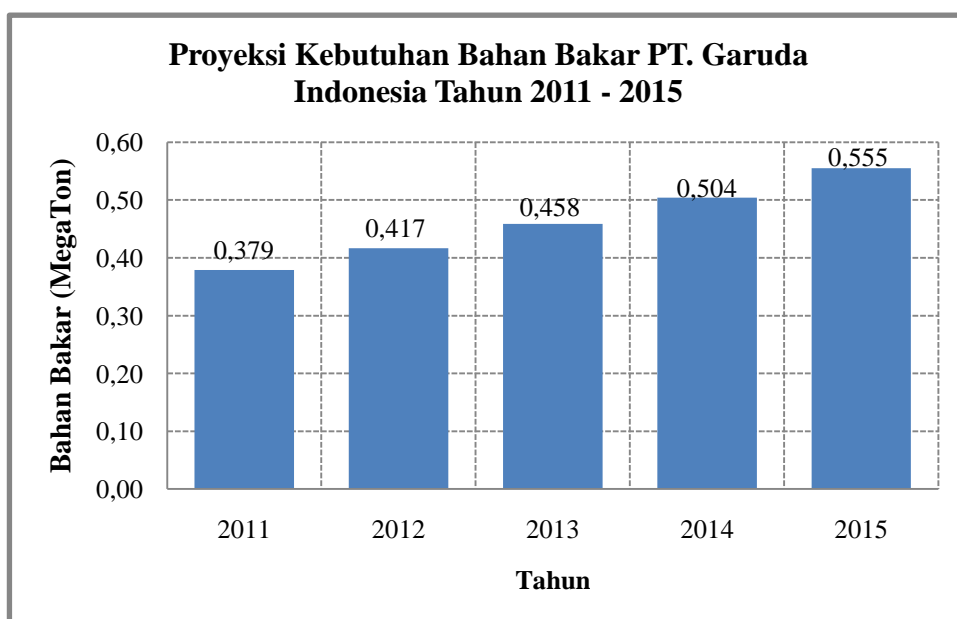
Tabel 2 Proyeksi Kebutuhan Energi PT. Garuda Indonesia Tahun 2011- 2015

NO	TAHUN	ASK (NM)	E_u (PicoJoule)	BAHAN BAKAR (MegaTon)
1	2011	7948664	16561	0,379
2	2012	8743531	18217	0,417
3	2013	9617884	20039	0,458
4	2014	10579672	22043	0,504
5	2015	11637639	24247	0,555

Sumber : Hasil Pengolahan Data



Gambar 6 Diagram Proyeksi Kebutuhan Energi



Gambar 7 Diagram Proyeksi Kebutuhan Bahan Bakar

Pembahasan

1. Berdasarkan data rute yang dilayani, frekuensi penerbangan, jenis pesawat udara dan jarak tempuh pesawat udara, dilakukan perhitungan pemakaian energi (*energy useful*) di PT. Garuda Indonesia dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2010. Perhitungan pemakaian energi dilakukan per rute dan per jenis pesawat udara yang dioperasikan. Hasil perhitungan pemakaian energi di PT. Garuda Indonesia tahun 2007 - 2010 dapat dilihat pada **Gambar 4**. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2009, pemakaian energi di PT. Garuda Indonesia selalu mengalami peningkatan. Pada tahun 2007, PT. Garuda Indonesia menghabiskan **15.360,5 PJ** energi atau setara dengan **0,35 MegaTon** bahan bakar minyak. Angka ini naik menjadi **16.724,7 PJ** energi di tahun 2008 yang setara dengan **0,38 MegaTon** bahan bakar minyak. Pada tahun 2009, terjadi kenaikan pemakaian energi lagi menjadi **16.985,7 PJ** atau setara dengan **0,39 MegaTon** bahan bakar minyak. Kenaikan ini sangat wajar, karena rute dan frekuensi penerbangan yang dilayani oleh PT. Garuda Indonesia selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Namun, pada tahun 2010, pemakaian energi di PT. Garuda Indonesia mengalami penurunan dibanding tahun sebelumnya yaitu sebesar **16.071,6 PJ** atau setara dengan **0,37**

MegaTon bahan bakar. Hal ini disebabkan karena pada tahun 2010, PT. Garuda Indonesia melakukan revitalisasi armada pesawat udara dengan mendatangkan pesawat udara baru jenis B737-800. Pesawat udara jenis ini mendominasi rute-rute domestik yang dilayani oleh PT. Garuda Indonesia pada tahun 2010. B737-800 adalah varian baru dari B737 *series* yang memiliki *energy intensity (fuel consumption)* yang lebih kecil dari jenis B737-300/400/500 yang banyak digunakan oleh PT. Garuda Indonesia untuk melayani rute-rute domestik pada tahun 2007 - 2009. Penggantian armada ini kemungkinan besar merupakan strategi untuk mengurangi pemakaian energi per tahun di PT. Garuda Indonesia.

2. Proyeksi kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia sampai dengan tahun 2015 dapat dilihat pada **Gambar 6**. Kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia akan mencapai angka **24.247 PJ** pada tahun 2015 atau setara dengan **0,55 MegaTon** bahan bakar minyak. Perhitungan proyeksi ini dilakukan dengan mengasumsikan bahwa rute-rute domestik yang dilayani oleh PT. Garuda Indonesia akan menggunakan pesawat udara jenis B737-800 dan A330-200 (lihat **Tabel 1**).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis di atas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemakaian energi per tahun di PT. Garuda Indonesia mengalami peningkatan secara terus menerus dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2009. Pemakaian energi berturut-turut dari 2007 - 2009 adalah **15.360,5 PJ (0,35 MegaTon** bahan bakar minyak), **16.724,7 PJ (0,38 MegaTon** bahan bakar minyak), dan **16.985,7 PJ (0,39 MegaTon** bahan bakar minyak). Peningkatan pemakaian energi ini wajar karena PT. Garuda Indonesia selalu menambah rute dan frekuensi penerbangan setiap tahun.
2. Pada tahun 2010, pemakaian energi di PT. Garuda Indonesia mengalami penurunan sebesar 5 % dari tahun 2009 menjadi **16.071,6 PJ** atau setara dengan **0,37 MegaTon** bahan bakar minyak walaupun rute dan frekuensi penerbangan naik dari tahun sebelumnya. Hal ini disebabkan karena pada tahun 2010, PT. Garuda Indonesia melakukan revitalisasi armada pesawat udara dengan mendatangkan pesawat udara baru jenis B737-800. Pesawat udara jenis ini mendominasi rute-rute domestik yang dilayani oleh PT. Garuda Indonesia pada tahun 2010. B737-800 adalah varian baru dari B737 series yang memiliki *energy intensity (fuel consumption)* yang lebih kecil dari jenis B737-300/400/500 yang banyak

digunakan oleh PT. Garuda Indonesia untuk melayani rute-rute domestik pada tahun 2007 - 2009. Penggantian armada ini, kemungkinan besar merupakan strategi untuk mengantisipasi pemakaian energi per tahun di PT. Garuda Indonesia.

3. Kebutuhan energi di PT. Garuda Indonesia akan mencapai angka **24.247 PJ** pada tahun 2015 atau setara dengan **0,55 MegaTon** bahan bakar minyak. Angka ini mengalami kenaikan 33 % dibandingkan pemakaian energi pada tahun 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Joosung J.Lee., Stephen P. Lukachko., Ian A. Waitz. (2004). "*Aircraft and Energy Use*". Massachusetts Institute of Technology. Encyclopedia of Energy, Volume 1.
- Lee, J. J., Lukachko, S. P., Waitz, I. A., and Schafer, A. (2001). "*Historical and future trends in aircraft performance, cost and emissions*". Annual Review Energy Environment, 26, 167-200.
- Peeters P.M.1, Middel J., Hoolhorst A. (2005). "*Fuel efficiency of commercial aircraft An overview of historical and future trends*". National Aerospace Laboratory NLR.
- Santoso, J., Yudianto. "Analisis prakiraan kebutuhan energi nasional jangka panjang di indonesia". Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Energi Terbarukan.