

**OPTIMALISASI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR
PADA MESIN INDUK *DUAL FUEL*
PADA KAPAL *CNG CARRIER* RUTE GRESIK-LOMBOK
MENGUNAKAN METODE *MULTI-OBJECTIVE GENETIC ALGORITHM*
(MOGA)**

Adhi Iswanto, I Made Ariana, Indra Ranu Kusuma

Jurusan Teknik Sistem dan Pengendalian Kelautan
Program S-2 Pascasarjana FTK-ITS Surabaya

Abstrak: Pulau Lombok mengalami kenaikan konsumsi energi listrik. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di Pulau Lombok, pemerintah melalui PT PLN (persero) menggunakan PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel). Permasalahan yang muncul adalah biaya operasional PLTD menjadi sangat besar, apalagi jika beban puncak pada jam tertentu. Sehingga membuat PT PLN harus menyediakan unit genset yang lebih banyak untuk mengatasi hal tersebut. Inilah yang menjadi masalah, sebab konsumsi bahan bakar untuk mesin diesel juga meningkat. Oleh sebab itu direncanakan pada saat beban puncak yaitu 5 jam PLTD menggunakan turbin gas dengan bahan bakar *Compressed Natural Gas* sedangkan mesin diesel dimatikan. Permasalahan baru lainnya yaitu bagaimana sistem distribusi CNG dari sumber ke pemakai. Mengingat pasokan CNG diambil dari luar Pulau Lombok karena di Pulau Lombok tidak ada sumber gas dan fasilitas produksi. Disini PT PLN memiliki rencana awal untuk sistem distribusi CNG ke Pulau Lombok yaitu menggunakan kapal khusus pengangkut CNG. Karena jika menggunakan pipa bawah laut akan sangat tidak efektif. Dimana kapal ini juga menggunakan mesin *dual fuel* sehingga biaya operasional kapal bisa ditekan. Dalam penelitian ini akan memfokuskan pada optimalisasi penggunaan bahan bakar pada mesin induk *dual fuel* kapal *CNG Carrier*. Metode yang digunakan pada kajian ini adalah *multi-objective genetic algorithm*.

Kata kunci: Optimalisasi, *Dual Fuel*, *CNG carrier*

Abstract: Lombok Island increased consumption of electrical energy. To meet the demand for electricity on the island of Lombok, the government through PT PLN (Persero) using diesel (Diesel Power Plant). The problem that arises is the operational cost of diesel to be very large, especially if the peak load during limited hours. So that makes PT PLN must provide a generator unit that is a lot more to overcome it. This is the problem, because the consumption of fuel for diesel engines is also increasing. Therefore planned during peak hours, which is 5 hours with a diesel power plant using gas turbine fuel *Compressed Natural Gas* while the diesel engine is turned off. Other new problems, how the CNG distribution systems from the source to the user. Given the CNG supply taken from outside the island of Lombok because Lombok Island no gas resources and production facilities. Here PT PLN has initial plans for CNG distribution system to the island of Lombok is using specialized vessels transporting CNG. Because if you use a subsea pipeline would be very ineffective. Where the ship is also using a dual fuel engine that vessel operating costs can be reduced. This research will focus on optimizing the use of the fuel in ship main engine dual fuel CNG Carrier. The method used in this study is a multi-objective genetic algorithms.

Keywords: Optimalization, *Dual Fuel*, *CNG carrier*

PENDAHULUAN

Energi merupakan hal penting dalam kehidupan manusia. Tak terkecuali energi listrik. Belakangan ini, konsumsi energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kemajuan ekonomi nasional. Indonesia sebagai negara kepulauan, membuat setiap pulau harus memiliki pembangkit listrik sendiri-sendiri. Termasuk Pulau Lombok yang berada di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Karena tidak memungkinkan jika memperoleh pasokan listrik dari Pulau Jawa.

Pulau Lombok disebut-sebut sebagai Pulau Bali kedua sebab memiliki potensi wisata alam yang hampir sama dan sangat luar biasa. Dalam beberapa tahun belakangan sektor pariwisata di Pulau Lombok berkembang pesat, seperti jumlah penduduk dan wisatawan, tempat-tempat wisata, industri dan lainnya. Sehingga konsumsi energi listrik juga meningkat.

Akan tetapi selama ini, untuk memenuhi kebutuhan listrik di Pulau Lombok, pemerintah melalui PT PLN (persero) masih menggunakan PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel). Sehingga muncul permasalahan yaitu biaya operasional PLTD sangat besar, apalagi jika beban puncak pada jam-jam tertentu. Berdasarkan data dari pihak PT PLN, untuk kondisi siang hari konsumsi listriknya adalah 20 MW, sedangkan pada malam hari konsumsi listriknya meningkat tajam menjadi 80 MW. Sehingga membuat PT PLN harus menyediakan unit genset yang lebih banyak untuk mengatasi hal tersebut. Inilah yang menjadi masalah, sebab konsumsi bahan bakar untuk mesin diesel juga meningkat. PT PLN menambah kapasitas pasokan listrik dengan menggunakan genset tambahan sebanyak 60 MW. Genset tambahan tersebut hanya dinyalakan selama 5 jam ketika beban puncak saja, dan bahan bakar yang dibakar untuk 5 jam

tersebut sebanyak 38 kilo liter, jika dikalikan dengan harga solar Rp 12.000 per liter (estimasi), maka tiap hari selama 5 jam PT PLN menghabiskan Rp 456 juta per hari.

Oleh karena biaya operasional yang sangat besar jika menggunakan bahan bakar minyak (BBM), dalam hal ini solar, akhirnya membuat PT PLN membuat inovasi untuk mengatasi masalah ini. Solusi yang digunakan adalah penggunaan bahan bakar gas (BBG) sebagai sumber energi selain solar. Jadi mesin diesel yang selama ini beroperasi dengan solar akan dimatikan selama 5 jam pada saat beban puncak dan diganti dengan turbin gas yang beroperasi menggunakan gas alam, dalam hal ini adalah *compressed natural gas* (CNG) sehingga biaya operasional bisa ditekan.

Pemilihan CNG sebagai energi alternatif tentu sudah melalui kajian-kajian yang dilakukan oleh PT PLN. Seperti yang diketahui bahwa Indonesia memiliki potensi cadangan gas alam yang sangat besar, bahkan lebih besar jika dibandingkan dengan cadangan minyak. Menurut data dari kementerian ESDM tahun 2014 cadangan gas Indonesia masih bisa digunakan hingga 50 tahun kedepan (98 TCF). Ketergantungan energi fosil masih didominasi oleh kebutuhan minyak yang mencapai 41,8%, disusul batu bara 29% dan gas 23%. Kebutuhan ini untuk memenuhi sektor industri yang mendominasi sebesar 37% penggunaan energi fosil di Indonesia. Cadangan minyak misalnya, hanya cukup untuk 23 tahun lagi. Sementara cadangan gas masih cukup sampai 50 tahun ke depan dan batu bara cukup untuk 80 tahun mendatang. Oleh sebab itu ketergantungan terhadap bahan bakar minyak perlu dikurangi dengan pemakaian gas. Selain itu, persoalan mengenai isu lingkungan, bahan bakar minyak memiliki emisi gas buang yang lebih kotor jika dibandingkan dengan bahan bakar gas. Dengan perbandingan polusi gas buang berupa

THC (*total hydrocarbon*), CO, NO_x, dan PM (*particulate matter*) berdasarkan data hasil uji emisi yang dilakukan EURO. Disisi perbandingan harga, tentu saja harga bahan bakar gas jauh lebih murah dibandingkan dengan harga bahan bakar minyak. Inilah alasan utama mengapa PT PLN memilih bahan bakar gas untuk mensuplai PLTD di Pulau Lombok.

Setelah masalah operasional PLTD sudah ada solusi, muncul permasalahan baru yang tidak kalah seriusnya yang saling berhubungan, yaitu bagaimana sistem distribusi CNG dari sumber ke pemakai dalam hal ini PLTD Pulau Lombok. Mengingat pasokan CNG diambil dari luar Pulau Lombok karena di Pulau Lombok tidak ada sumber gas dan fasilitas produksi. Disini PT PLN memiliki rencana awal untuk sistem distribusi CNG ke Pulau Lombok yaitu menggunakan kapal khusus pengangkut CNG. Karena jika menggunakan pipa bawah laut akan sangat tidak efektif. Kapal yang akan dibuat ini merupakan milik PT PLN dimana direncanakan memiliki ukuran panjang total 110,92 m, dengan lebar kapal 17,60 m, tinggi kapal adalah 9 m, serta sarat pada saat muatan penuh 5,2 m. Kapal ini direncanakan melayani rute yang sudah ditetapkan oleh PT PLN yaitu dari Gresik ke Lombok. Sehingga kapal dari Gresik akan mengangkut CNG untuk didistribusikan ke Lombok. Pada saat kapal kembali ke Gresik, kapal dalam keadaan kosong tanpa muatan. Kapal akan kembali ke Lombok jika persediaan CNG di PLTD sudah sedikit.

Desain kapal yang akan dibuat ini, berbeda dengan kapal pada umumnya. Kapal CNG ini selain mempunyai tugas sebagai distributor CNG ke Lombok juga memiliki keunikan dibandingkan kapal yang lain. Keunikan dari kapal ini adalah mesin induk (*main engine*) sebagai penggerak utama kapal didesain atau menggunakan mesin yang dapat beroperasi dengan dua jenis bahan bakar (*dual fuel*)

dalam hal ini BBM dan BBG. Akan tetapi BBG yang dipakai adalah CNG yang berasal dari muatan kapal itu sendiri, sehingga tidak perlu menyediakan tempat untuk tangki atau tabung CNG. Karena diharapkan dengan pemakaian CNG ini dapat menekan biaya operasional kapal jika dibandingkan kapal hanya beroperasi dengan BBM saja. Oleh sebab itu kapal didesain untuk memanfaatkan muatannya juga dengan seefektif mungkin.

Penelitian ini mengenai optimalisasi pemakaian bahan bakar pada kapal tersebut sehingga biaya operasional kapal bisa dikurangi, apalagi kapal akan sering beroperasi untuk mensuplai CNG.

METODE

Metode penelitian merupakan metode (cara/teknik) atau bisa juga alur dalam pengerjaan penelitian ini dari awal hingga akhir atau penelitian selesai. Metode penelitian ini mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan guna melakukan proses analisa terhadap permasalahan yang telah ditentukan. Yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian ini adalah melakukan perancangan, pemodelan, dan analisa. Berikut adalah alur pengerjaan penelitian ini.

Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dari sebuah penelitian. Hakikat sebuah penelitian adalah mencari solusi atas permasalahan yang telah ditetapkan sebelumnya. Selain itu perlu juga perumusan masalah yang nantinya akan diselesaikan selama pengerjaan penelitian ini. Agar topik bahasan tidak meluas maka diperlukan batasan masalah. Batasan masalah akan memudahkan penulis dalam melakukan analisa masalah.

Studi Literatur

Dalam melakukan penelitian tentu membutuhkan referensi untuk membantu dalam penelitian. Hal ini disebut dengan studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai referensi guna menunjang penulisan penelitian ini. Referensi yang diperlukan adalah mengenai mesin diesel *dual fuel*, sistem propulsi pada kapal, serta metode MOGA agar optimalisasi konsumsi bahan bakar tercapai. Dapat dicari melalui berbagai media, antara lain: (a) Buku. (b) Jurnal & paper. (c) Artikel. (d) Penelitian sebelumnya. (e) Internet

Untuk pencarian berbagai referensi dan literatur dilakukan di beberapa tempat, antara lain: (a) Perpustakaan Pusat ITS. (b) Ruang Baca FTK.

Pengumpulan Data

Setelah melakukan studi literatur selanjutnya adalah mengumpulkan data yang diperlukan. Pengumpulan data dilakukan guna menunjang dalam pengerjaan penelitian ke depannya. Pengumpulan data-data yang diperlukan untuk mencari titik optimal pada konsumsi bahan bakar untuk *diesel engine dual fuel* pada *CNG carrier* agar optimal dan data-data lain yang diperlukan demi menunjang pengerjaan penelitian.

Perhitungan Optimalisasi Konsumsi Bahan Bakar dengan Pencarian Persamaan Matematika

Setelah data-data yang dibutuhkan sudah dikumpulkan dan cukup memadai, maka selanjutnya adalah membuat sistem optimalisasi. Pada tahapan ini, dilakukan perhitungan dan pencarian persamaan matematikanya dengan beberapa variabel, untuk mengoptimalkan penggunaan CNG pada *diesel engine dual fuel* pada *CNG carrier*.

Analisa Hasil Perhitungan dengan Metode MOGA

Pada tahap ini, dilakukan analisa hasil perhitungan dengan metode MOGA pada software MATLAB untuk mengoptimalkan penggunaan CNG pada *diesel engine dual fuel* pada *CNG carrier* yang telah dirancang. Apakah baik atau tidak solusi yang didapatkan dari perhitungan. Outputnya adalah mengoptimalkan penggunaan bahan bakar untuk menekan biaya operasional. Pada intinya, akan menjawab permasalahan yang telah ditentukan di awal.

Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahapan akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai keseluruhan proses yang telah dilakukan. Selain itu, juga memberikan saran terkait dengan penelitian selanjutnya.

Flow Chart Penelitian

Flow chart penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Kapal

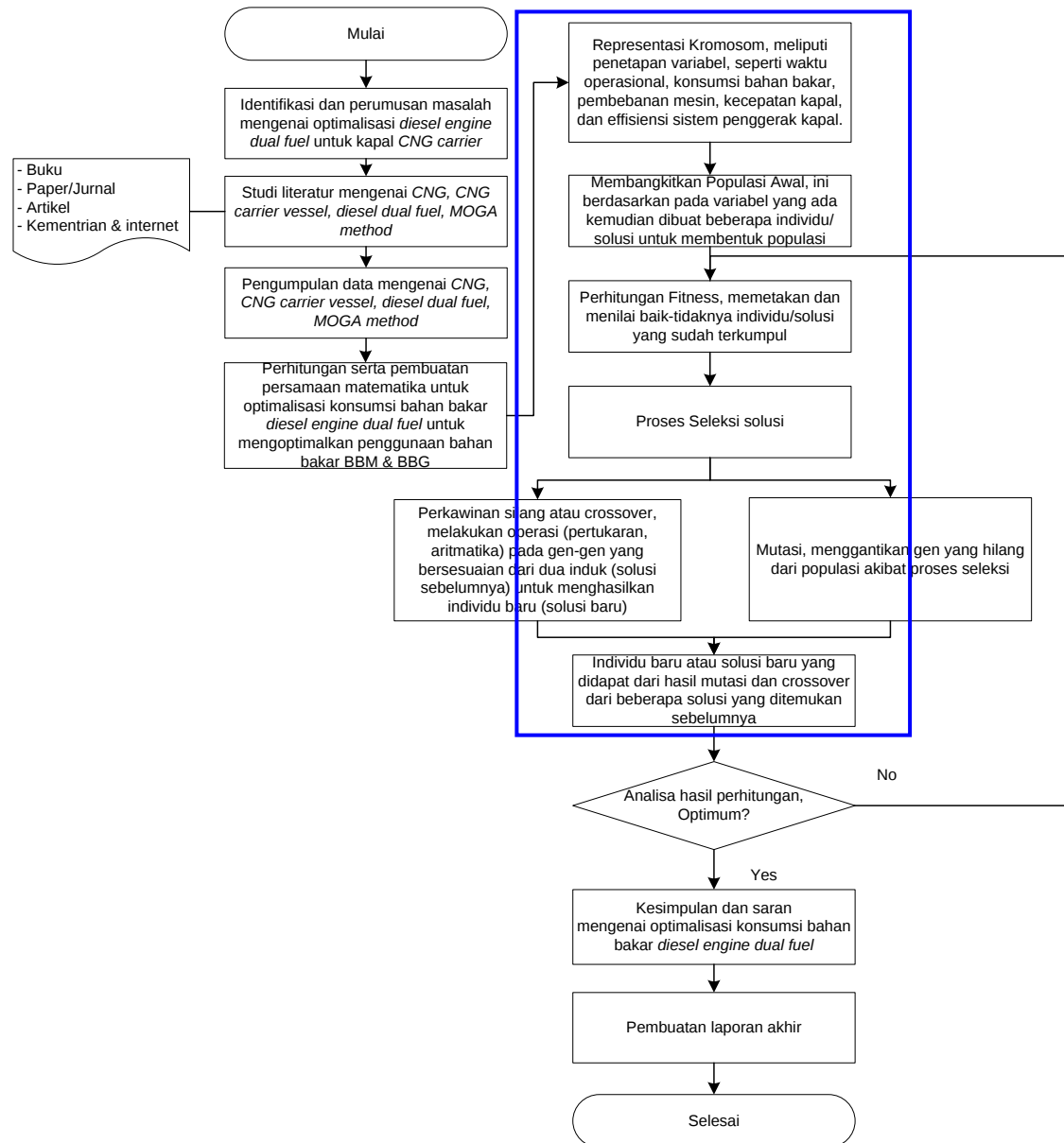
Kapal yang akan dibuat ini merupakan milik PT PLN dimana direncanakan melayani rute yang sudah ditetapkan yaitu dari Gresik ke Lombok. Sehingga kapal dari Gresik akan mengangkut CNG untuk didistribusikan ke Lombok. Pada saat kapal kembali ke Gresik, kapal dalam keadaan kosong tanpa muatan. Kapal akan kembali ke Lombok jika persediaan CNG di PLTD sudah sedikit.

Hasil Pengujian Ship Resistance

Kapal yang sudah didesain tersebut dengan ukuran yang sedemikian rupa, kemudian harus dihitung dahulu mengenai tahanan total kapal pada saat berlayar nanti. Nilai tahanan total kapal ini diguna-

kan untuk menentukan daya mesin utama yang dibutuhkan serta jenis propelernya. Nilai tahanan bisa diketahui dengan perhitungan dengan beberapa metode dan juga dapat diketahui berdasarkan uji model kapal pada *towing tank*. Untuk mendapatkan hasil yang mendekati aslinya biasanya dilakukan uji model. Nilai tahanan dibagi

atas 2 macam, yaitu tahanan kapal pada muatan penuh dan tahanan kapal pada muatan kosong. Dua kondisi ini tentu sangat berpengaruh pada daya mesin yang diperlukan untuk kapal berlayar serta banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan. Berikut ini adalah nilai tahanan yang didapat berdasarkan hasil pengujian model.



Gambar 1. Flow Chart Pengerjaan Penelitian
Garis lingkaran biru menandakan disimulasikan dengan Program MATLAB

Tabel 1. Data Rancangan Ukuran Utama Kapal

<i>Principal Dimension</i>	
Loa	110.92 m
Lpp	104.12 m
B	17.60 m
H	9.00 m
D design	5.20 m
Vs	15 knot

Sumber: PT PLN

Tabel 2. Ukuran Utama Model Kapal

<i>Principal Dimension</i>	<i>Model Saat Sarat Penuh</i>	<i>Model Saat Sarat Kosong</i>
Lwl	5.7453 m	5.9089 m
Lpp	5.6434 m	5.6434 m
B	0.9539 m	0.9539 m
<i>Draft fore</i>	0.2818 m	0.2433 m
<i>Draft aft</i>	0.2818 m	0.2854 m

Sumber: Shanghai Ship & Shipping Research Institute

Tabel 3. Tahanan Kapal pada Berbagai Kecepatan

<i>Kecepatan Kapal (knot)</i>	<i>Sarat Penuh</i>		<i>Sarat Kosong</i>	
	<i>Tahanan Kapal (kN)</i>	<i>Daya (kW)</i>	<i>Tahanan Kapal (kN)</i>	<i>Daya (kW)</i>
12	150.43	928.7	150.96	931.9
13	182.56	1220.9	179.93	1203.3
14	230.86	1662.7	221.81	1597.5
15	301.50	2326.5	284.69	2196.8

Sumber: Shanghai Ship & Shipping Research Institute

Mesin Utama Kapal

Dari data mengenai tahanan kapal yang sudah diketahui, maka dapat dilakukan penentuan daya mesin yang akan

dipakai. Berikut ini adalah data mesin yang akan dipasangkan pada kapal CNG carrier.

Tabel 4. Data Umum Main Engine

<i>Engine</i>	Wartsila 9L34DF; 4-stroke; non-reversible
<i>Power</i>	4050 kW @750 RPM
<i>Cylinder bore</i>	340 mm
<i>Stroke</i>	400 mm
<i>Piston displacement</i>	36.3 l/cyl
<i>Number of valves</i>	2 inlet valves and 2 exhaust valves
<i>Cylinder configuration</i>	6 and 9 in-line; 12 and 16 in V-form
<i>Direction of rotation</i>	Clockwise, counterclockwise on request
<i>Speed</i>	720, 750 rpm
<i>Mean piston speed</i>	9.6, 10.0 m/s

Sumber: Wartsila Engine Guide

Berikut ini adalah *specific fuel consumption* dari *main engine* pada persen-

tase dari berbagai beban serta pada mode gas dan mode minyak.

Tabel 5. Konsumsi Bahan Bakar *Main Engine* pada Berbagai Beban

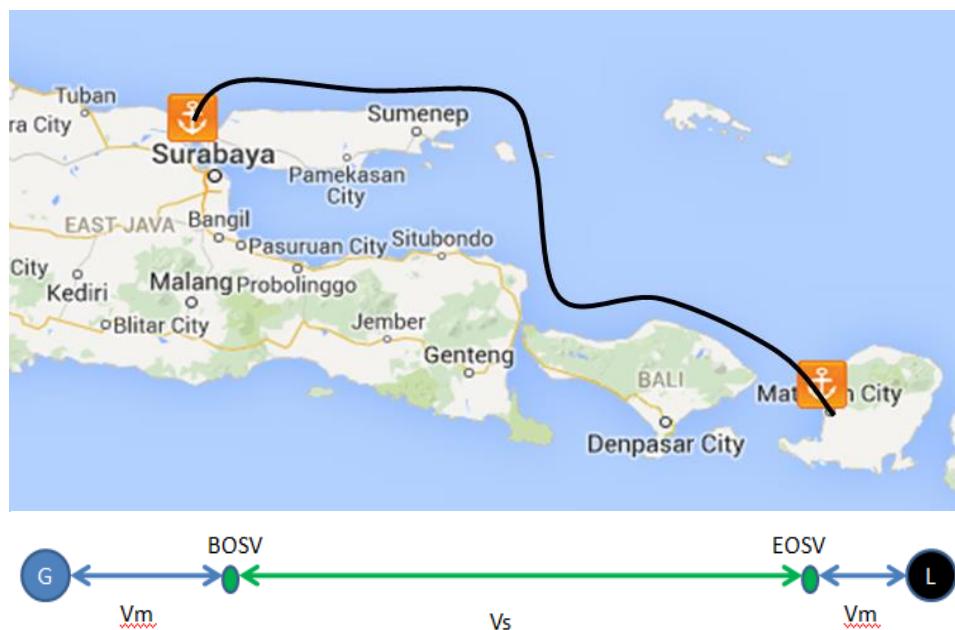
<i>Fuel Consumption</i>		<i>Main Engine</i>	
		<i>Gas Mode</i>	<i>Diesel Mode</i>
Total energy consumption at 100% load	kJ/kWh	7980	-
Total energy consumption at 75% load	kJ/kWh	8130	-
Total energy consumption at 50% load	kJ/kWh	8350	-
Fuel gas consumption at 100% load	kJ/kWh	7877	-
Fuel gas consumption at 75% load	kJ/kWh	8010	-
Fuel gas consumption at 50% load	kJ/kWh	8153	-
Fuel oil consumption at 100% load	g/kWh	2.3	193
Fuel oil consumption at 75% load	g/kWh	2.7	187
Fuel oil consumption at 50% load	g/kWh	4.5	192

Sumber: Wartsila Engine Guide

Distribusi Kecepatan Kapal pada Rute Gresik-Lombok

Setiap kapal yang berlayar, kecepatannya tidak akan konstan, dapat dipastikan akan selalu berubah-ubah tergantung pada situasi dan kondisi laut. Akan tetapi tidak bisa diprediksi berapa tepatnya kecepatan yang berubah. Tentu setiap kapal akan berbeda. Oleh sebab itu, data berikut ini merupakan data pendekatan yang

diperoleh dari operator kapal yang sering berlayar pada rute-rute tertentu. Ini menjadi penting dan presisi daripada kecepatan kapal dianggap konstan pada perhitungan nanti. Hal ini karena kecepatan mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Berikut ini adalah pendekatan distribusi kecepatan pada kapal *CNG carrier* rute Gresik-Lombok yang diprediksi.



Gambar 2. Rute Pelayaran Kapal *CNG Carrier* Gresik-Lombok

Keterangan:

G : Pelabuhan Gresik

L : Pelabuhan Lombok

BOSV : *Begin of Sea Voyage*

EOSV : *End of Sea Voyage*

Vm : Kecepatan maneuvering kapal saat masih di area pelabuhan

Vs : Kecepatan dinas kapal di laut lepas

Perhitungan dan analisa distribusi kecepa-tan kapal: (a) Jarak antara Gresik-Lombok : 300 nm, (b) Kecepatan maneuvering kapal : 5 knot, (c) Kecepatan dinas kapal: 15 knot (desain), (d) Di area pelabuhan Gresik, kapal berada pada kecepatan maneuvering 5 knot selama 4 jam sehingga jarak yang ditempuh adalah 20 nm.

Jarak = kecepatan x waktu tempuh

Jarak = 5 knot x 4 jam

Jarak = 9,26 km/jam x 4 jam

Jarak = 37,04 km

Jarak = 20 nm

Di area pelabuhan Lombok, kapal berada pada kecepatan maneuvering 5 knot selama 45 menit sehingga jarak yang ditempuh adalah 3,75 nm.

Jarak = kecepatan x waktu tempuh

Jarak = 5 knot x 45 menit

Jarak = 9,26 km/jam x 0,75 jam

Jarak = 6,945 km

Jarak = 3,75 nm

Sehingga total jarak yang ditempuh pada kecepatan maneuvering 5 knot adalah: (a) Total jarak maneuvering = 20 nm + 3,75 nm = 23,75 nm, (b) Total jarak servis = 300 nm – 23,75 nm = 276,25 nm. Sehingga kapal berlayar pada kecepatan dinas dengan jarak 276,25 nm.

Spesifikasi Pembangkit Listrik di Lombok

Untuk mengetahui berapa lama CNG di Lombok dari awal datang hingga habis, maka perlu diketahui spesifikasi dari pembangkit listriknya. Ini bisa dilihat dari *specific fuel consumption*, jumlah pembangkit, dan waktu operasionalnya

atau berapa jam pembangkit itu beroperasi dengan menggunakan CNG. Sehingga dari situ bisa diketahui berapa hari CNG bertahan sampai habis. Dan tentunya bisa mengatur jadwal berlayar, berapa hari sekali kapal CNG *carrier* mensuplai CNG ke Lombok mengingat baru ada 1 kapal CNG *carrier*. Berikut ini adalah data teknis pembangkit listrik di Lombok.

Konsumsi Listrik di Lombok untuk Periode Waktu dalam Sehari

Selain data-data yang sudah disebutkan sebelumnya, disini konsumsi listrik di Lombok untuk setiap jam dalam sehari perlu diketahui karena setiap jam atau beberapa jam pasti akan berubah-ubah. Hal ini berguna untuk mengetahui bagaimana pola operasional pembangkit yang paling optimal, terutama dari segi biaya operasional. Seperti jumlah pembangkit yang beroperasi setiap jam tentu akan berbeda jumlahnya sesuai dengan kebutuhan listrik masyarakat. Dari hal ini dapat dibuat jadwal operasional pembangkit serta dapat dipilih pembangkit mana yang akan dioperasikan pada setiap jamnya disesuaikan dengan konsumsi listrik masyarakat yang setiap jam akan berbeda. Berikut ini adalah data mengenai konsumsi listrik setiap jam di Lombok.

SIMPULAN

Hipotesa awal adalah untuk mendapatkan waktu tempuh yang cepat, maka kecepatan kapal harus ditambah, akan tetapi ini memiliki konsekuensi dimana konsumsi bahan bakar akan meningkat, baik BBM maupun BBG. Sehingga dari segi biaya operasional menjadi membesar. Jika kecepatan kapal rendah, maka konsumsi bahan bakar akan menjadi lebih sedikit dan lebih hemat biaya operasional. Akan tetapi waktu tempuh kapal menjadi lebih lama. Dan hal ini harus dipertimbangkan dengan ketersediaan CNG di

Lombok. Jadi membutuhkan kecepatan kapal yang ideal sesuai dengan kondisi kapal yaitu saat berangkat dari Gresik dan saat kembali ke Gresik.

Pemakaian BBG yang terdapat pada muatan kapal, diharapkan mampu mengurangi konsumsi bahan bakar minyak sehingga dapat mengurangi biaya operasional kapal. Penggunaan BBG sebanyak 6 mmscf harus benar-benar dimanfaatkan dan dimaksimalkan kapal.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdullah C, Smith. *Multi Objective Optimization Using Genetic Algorithms: A Tutorial*: Rutgers & Auburn University.
- Ariana M. 2012. Tahanan dan Propulsi Kapal. Surabaya: Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS.
- Basuki A. 2003. Algoritma Genetika, Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri.
- Carlton J. 2007. *Marine Propellers and Propulsion Second Edition*. Burlington: Elsevier.
- Lewis EV. 1988. *Principles of Navals Architecture Second Revision*. United States of America: First Printing.
- Nratha, Muljono. 2006. *Optimasi Operasi Sistem Kelistrikan Lombok Dengan Aliran Daya Optimal Metode Minopf*. Mataram: Universitas Mataram.
- Rega, Pratihari. 2011. *Multi-Objective Optimization in Gait Planning of Biped Robot Using Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization Algorithm*. Kharagpur: Indian Institute of Technology.
- Sundar U, Alagarsamy. 2010. *Multi Objective Genetic Algorithm for the Optimized Resource Usage and the Prioritization of the Constraints in the Software Project Planning*. *International Journal of Computer Applications*, 3(3), page:2-3.