

# Kajian Perencanaan *Gas Handling System dan Transportation System:* Studi Kasus Distribusi di Bali

Muhammad Adam Iqro, A.A.B Dinariyana D.P, Ketut Buda Artana

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*E-mail:* kojex@its.ac.id

**Abstrak**— Pulau Bali terdapat 1.765.372 unit kendaraan bermotor dengan luas wilayah 5.636.660 km<sup>2</sup>. Hal ini membuat emisi di Pulau Bali cukup besar sehingga penggunaan bahan bakar gas sebagai bahan bakar kendaraan pada masa akan datang akan lebih efektif. Diperkirakan tahun 2012 kebutuhan gas untuk Jawa-Bali adalah sebesar 32,8 MMSCFD sehingga membuat Pulau Bali memerlukan suplai LNG untuk memenuhi kebutuhan gas di Bali. *Cluster* LNG sebagai teknologi baru penyimpanan LNG sangat cocok untuk diterapkan di Pulau Bali. Konsep *Cluster* LNG akan efektif untuk digunakan pada jarak dekat karena suplai gas alam untuk Bali berasal dari Pagerungan. Di Pulau Bali pemerintah akan segera membangun 5 Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG). Pada penelitian ini membahas perencanaan *gas handling system* di terminal LNG dan di SPBG serta masalah *transportation system* untuk distribusi di Bali. *Gas handling system* di terminal penerima LNG dan di SPBG menggunakan konsep *Cluster* LNG. Pola transportasi didesain berdasarkan metode menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan tujuan masalahnya adalah untuk mencari rute optimal dengan meminimalkan biaya rute. Rute yang optimal ini bisa berupa *single route* dan *multiple route*. Batasan dalam menentukan rute yang optimal ini adalah kapasitas truk LNG serta batasan waktu pengiriman. Total Biaya investasi yang diperlukan untuk merancang *gas handling system* di terminal penerima LNG dan di SPBG serta biaya *route cost* yang diperlukan untuk distribusi LNG dari terminal LNG ke SPBG adalah sebesar US\$ 29.001.485. Pola transportasi diperoleh hasil yaitu diperlukan 6 truk LNG yang diperlukan untuk distribusi LNG dari terminal penerima LNG ke SPBG.

**Kata Kunci**— *cluster* LNG, *single route*, *multiple route*, *vehicle routing problem*.

## I. PENDAHULUAN

PADA masa depan penggunaan bahan bakar gas akan lebih efektif daripada terus menggunakan bahan bakar minyak. Hal ini dikarenakan banyak keuntungan yang akan didapat jika menggunakan bahan bakar gas. Beberapa keuntungan dari pemakaian bahan bakar gas adalah konsumsi BBM dapat berkurang, dapat menghemat biaya transportasi untuk kendaraan pribadi dan juga kendaraan umum dan dapat mengurangi emisi karbon sebesar 95 persen, emisi karbon dioksida sebesar 25 persen, emisi HC sebesar 80 persen, dan emisi NOx sebesar 30 persen [1].

Pulau Bali memiliki luas wilayah sebesar 5.636,66 km<sup>2</sup> atau 0,29 persen luas wilayah Indonesia dengan jumlah penduduk ± 3,8 juta jiwa itu dipadati sekitar 1,5 juta unit kendaraan sepeda

motor. Pada tahun 1998 di Bali terdapat 569.305 unit kendaraan bermotor dengan jumlah kendaraan sepeda motor sebanyak 436.614 unit. Pada tahun 2010 jumlah kendaraan bermotor meningkat menjadi 1.765.372 unit dengan jumlah sepeda motor sebanyak 1.509.750 unit. Sehingga perkembangan kendaraan bermotor di Bali dalam kurun waktu 12 tahun terakhir, rata-rata naik sebesar 10,01% [2]. Kendaraan di Bali ini sehari-hari mengkonsumsi bahan bakar minyak, padahal jika kendaraan ini beralih mengkonsumsi bahan bakar gas akan lebih menguntungkan dalam perawatan motor serta mengurangi emisi bahan bakar.

Dengan beberapa keuntungan dari pemakaian bahan bakar gas serta maraknya berita terkait konversi bahan bakar minyak ke bahan bakar gas. Hal ini membuat program konversi bahan bakar gas akan membutuhkan gas dalam jumlah yang cukup besar. Permintaan terbesar adalah kebutuhan gas untuk Jawa-Bali. Pada tahun 2012 kebutuhan gas untuk Jawa-Bali adalah sebesar 32,8 MMSCFD [3].

Dengan adanya permintaan yang cukup besar dari Bali, maka diperlukan terminal penerima LNG yang merupakan salah satu rantai pasok LNG untuk menerima gas alam cair dari kapal khusus LNG *carrier* maupun kapal yang sudah dimodifikasi untuk dapat mengangkat LNG dan menyimpan cairan dalam tangki penyimpanan khusus.

Dengan kebutuhan gas yang cukup besar di Bali serta dengan adanya kilang gas di Pagerungan yang jaraknya tidak terlalu jauh, konsep *Cluster* LNG sangat cocok digunakan karena konsep *Cluster* LNG sangat cocok untuk digunakan untuk pelayaran jarak dekat serta konsep *Cluster* LNG sendiri tidak memerlukan kapal LNG khusus seperti LNG *carrier* dan tangki penyimpanan khusus. Dalam konsep *Cluster* LNG, tangki penyimpanan tidak terlalu besar ukurannya dan juga tidak membutuhkan energi besar untuk mendinginkan sebesar -120°C. Dibandingkan dengan konsep LNG konvensional yang temperaturnya didinginkan sampai -161°C.

Di Pulau Bali, pemerintah tengah mempersiapkan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG) berjumlah 5 dari 162 buah SPBG yang akan dipersiapkan di Jawa-Bali [3]. Hal ini untuk mendukung program konversi bahan bakar minyak ke bahan bakar gas. Dengan adanya program konversi bahan bakar minyak ke bahan bakar gas akan menimbulkan masalah baru di Bali yaitu mengenai terminal penerima LNG khususnya *gas handling system* di terminal penerima LNG. Serta *gas handling system* di SPBG jika LNG ditransportasikan

melalui darat. Serta masalah pola transportasi untuk distribusi di Bali.

*Gas handling system* di terminal penerima LNG yang memiliki konsep *Cluster LNG* berbeda dengan terminal penerima LNG yang sudah ada sebelumnya. Perbedaan mendasar adalah ketidakhadiran sistem regasifikasi. Jadi setelah LNG di bongkar muat dari kapal pengangkut LNG, LNG langsung disimpan di tangki penyimpanan yang selanjutnya bisa langsung di pompa menuju *filling shed* yang berfungsi mengalirkan LNG dari tangki penyimpanan ke truk LNG yang siap didistribusikan ke SPBG. Sedangkan *gas handling system* pada SPBG, setelah LNG diangkut menggunakan truk LNG, LNG di masukkan dalam tangki penyimpanan di SPBG. Dari tangki penyimpanan, LNG selanjutnya diregasifikasi dan siap dijual ke konsumen melalui dispenser yang ada SPBG.

Sistem transportasi didesain dengan metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan tujuan masalahnya adalah untuk mencari rute optimal dari beberapa rute yang mungkin terjadi. Rute yang optimal ini bisa berupa *single route* dan *multiple route*. Batasan dalam menentukan rute yang optimal ini adalah kapasitas truk LNG serta batasan waktu pengiriman. Setelah didapatkan rute yang optimal maka didapatkan pula jumlah truk LNG yang akan melayani setiap rute yang optimal serta nilai *cost* yang minimal.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Gas Handling System di Terminal Penerima LNG

LNG yang berada di tiap tangki penyimpanan *cluster LNG* di kapal *retrofit kontainer* dipompa oleh *pump skid* yang ada di kapal *retrofit kontainer*. Selanjutnya LNG yang dipompa oleh *pump skid* keluar dari tangki penyimpanan melalui pipa utama yang menghubungkan tiap-tiap tangki penyimpanan di kapal *retrofit kontainer*. LNG mengalami proses *unloading* melalui *cargo manifold*. Tetapi sebelum itu pipa yang digunakan untuk *unloading* harus disemprotkan nitrogen terlebih dahulu untuk menghilangkan sisa oksigen di dalam saluran pipa *unloading* dari kapal *retrofit kontainer* menuju tangki penyimpanan *cluster* di terminal LNG.

*Marine loading Arm* merupakan alat yang berfungsi menghubungkan pipa dari kapal *retrofit kontainer* ke pipa yang ada di darat atau di terminal LNG. Di jalur pipa *unloading* akan melewati beberapa indikator tekanan dan indikator temperatur serta beberapa katup seperti *hand valve*, *check valve*, *ball valve*, *pressure safety valve*, *shut down valve* dan juga terdapat *emergency shutdown*. Selanjutnya sebelum memasuki tangki penyimpanan *cluster LNG* di terminal LNG terdapat *mettering* untuk mengetahui jumlah LNG yang dialirkan yang dapat dikontrol oleh *digital control valve*.

Ketika proses *unloading* selesai, uap dari tangki penyimpanan *cluster LNG* di terminal LNG harus dikembalikan lagi ke tangki penyimpanan di kapal *retrofit kontainer* untuk mempertahankan tekanan yang terdapat pada tangki penyimpanan serta setelah proses *unloading* selesai, sisa cairan LNG yang ada di pipa harus di kuras ke tangki atau ke *shore* menggunakan nitrogen.

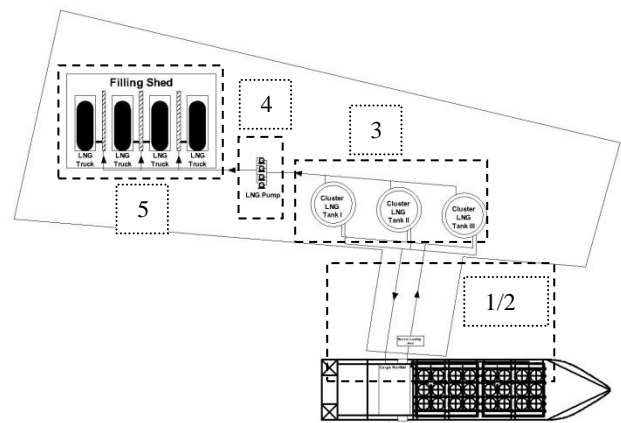
Di tangki penyimpanan, LNG disimpan dan siap dipompa menggunakan LNG *pump* berjumlah 4 buah dengan 2 buah

pompa yang beroperasi dan 2 buah pompa dalam keadaan *stand by* menuju *filling shed* yang berfungsi mengalirkan LNG ke truk LNG. Sehingga truk LNG siap mendistribusikan ke SPBG.

Di *filling shed* LNG yang telah dipompa dari tangki penyimpanan menggunakan LNG *pump* akan dimasukkan ke *skid tank* pada truk LNG menggunakan *truck loading arm* tetapi sebelum itu untuk mengetahui jumlah LNG yang dialirkan ke *skid tank* terdapat *Digital Control Valve* (DCV) yang dikontrol oleh *Batch Control Unit* (BCU).

Sistem yang ada dalam sistem bongkar muat gas di terminal penerima LNG adalah sebagai berikut :

1. Sistem *Loading*
2. Sistem *Boil of Gas* (BOG)
3. Sistem Penyimpanan (*storage tank cluster LNG*)
4. Sistem Pemompaan (LNG *pump*)
5. Sistem *Filling Shed*
6. Sistem Pemadam Kebakaran



Gambar. 1. *Gas handling system* di terminal LNG.

Kapal *retrofit kontainer* mempunyai kapasitas tangki penyimpanan sebesar 1.296 m<sup>3</sup>. Tangki penyimpanan (*storage tank cluster LNG*) mempunyai volume 400 m<sup>3</sup> dengan dimensi diameter 5,4 m dan tinggi 24,5 m. Sehingga total volume tangki penyimpanan adalah 1200 m<sup>3</sup>. Tekanan pada tangki penyimpanan ini adalah 20 bar. Pada LNG *pump* mempunyai 4 buah pompa LNG dengan kapasitas 67,5 m<sup>3</sup>/j.

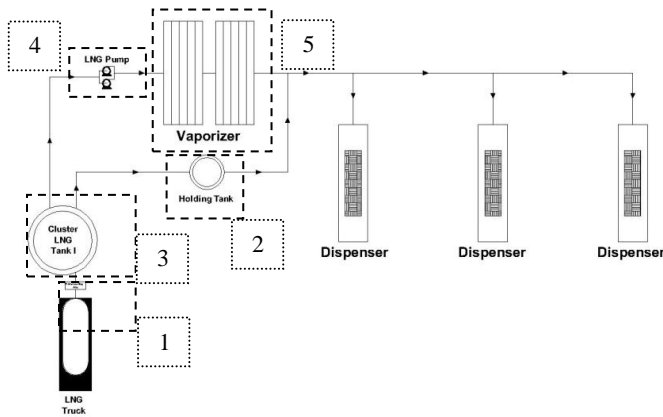
### B. Gas Handling System di Terminal Penerima LNG

Setelah LNG ditransportasikan dari terminal LNG menuju SPBG selanjutnya di SPBG LNG akan dimasukkan ke tangki penyimpanan *cluster LNG* melalui *truck loading arm*. LNG yang dimasukkan ke tangki penyimpanan akan melewati kompresor untuk menaikkan tekanan karena adanya perbedaan tekanan antara tangki penyimpanan di truk LNG dengan tangki penyimpanan di SPBG.

Dalam tangki penyimpanan, LNG disimpan dan selanjutnya dipompa oleh LNG *pump* yang berjumlah 2 buah dengan satu pompa yang bekerja dan satu pompa *stand by*. Selanjutnya setelah LNG dipompa akan melalui *vaporizer*. Dalam *vaporizer* LNG mengalami proses regasifikasi untuk

mengembalikan LNG dari bentuk LNG ke bentuk gas alam kembali. Sehingga gas siap dijual ke konsumen melalui dispenser.

Uap yang dihasilkan dari tangki penyimpanan akan dialirkan ke *holding tank*. Uap atau gas dari *holding tank* juga bisa langsung di dijual ke konsumen melalui dispenser.



Gambar. 2. Gas handling system di SPBG.

Sistem yang ada dalam sistem bongkar muat gas di terminal penerima LNG adalah sebagai berikut :

1. Sistem Unloading
2. Sistem Boil of Gas (BOG)
3. Sistem Penyimpanan (*storage tank cluster LNG*)
4. Sistem Pemompaan (*LNG pump*)
5. Sistem Regasifikasi

Tangki penyimpanan (*storage tank cluster LNG*) mempunyai volume 60 m<sup>3</sup> dengan dimensi diameter 4 m dan tinggi 8 m. Tekanan pada tangki penyimpanan ini adalah 20 bar. Pada *LNG pump* mempunyai 2 buah pompa LNG dengan kapasitas 33,75 m<sup>3</sup>/j.

C. Transportation System

Sistem transportasi LNG dimulai dari kilang LNG Pagerungan ke terminal penerima LNG selanjutnya menuju SPBG. Dalam transportasi LNG akan dicari *minimal route cost* untuk transportasi LNG dari terminal penerima LNG menuju SPBG serta menentukan rute distribusi yang optimal dan juga berapa jumlah truk yang digunakan.

1. Deskripsi Sistem

Pola transportasi LNG dalam *Hub-and-Spokes* terpusat pada satu depo dimana depo ini merupakan terminal penerima LNG yang akan mencukupi semua kebutuhan untuk setiap *feeder port* dimana *feeder port* ini adalah SPBG. Depo terletak di Tanjung Benoa (0) dengan *feeder port*nya adalah Jembrana (A), Tabanan (B), Badung I (C1), Badung II (C2), Gianyar (D), Klungkung (E), Bangli (F), Karangasem (G), Buleleng (H), Denpasar I (I1), Denpasar II (I2), Denpasar III (I3) dan Denpasar IV (I4). Jumlah LNG yang dipasok untuk setiap SPBG diasumsikan selalu sama untuk jangka waktu tertentu. Adapun untuk waktu pengiriman LNG ke setiap SPBG adalah tidak melebihi 24 jam dan untuk setiap SPBG harus dilayani setiap hari.

2. Penentuan Rute

Untuk Dalam menentukan rute dalam pola transportasi LNG akan menggunakan pendekatan algoritma optimasi dalam tiga tahap, yaitu membuat semua *single route* yang *feasible*, membuat semua *multiple route* yang *feasible* dan yang terakhir adalah dengan menyelesaikan pemilihan rute dengan menggunakan *set partitioning problem*. Dalam tugas akhir ini penyelesaian optimasi dengan menentukan rute yang memberikan *minimum cost*. Pada tahap pertama dengan membuat semua *single route* yang *feasible*. Definisi *single route* adalah rute yang dilalui truk LNG diawali dari terminal LNG menuju satu atau beberapa SPBG dengan memperhatikan kapasitas truk LNG dan kembali lagi ke terminal LNG. Semua *single route* yang *feasible* harus memenuhi batasan terkait dengan kapasitas truk LNG. Sedangkan pada tahap kedua membuat semua *multiple route* yang *feasible*. Definisi *multiple route* adalah rute yang dilalui truk LNG diawali dari terminal LNG menuju satu SPBG dan kembali ke terminal LNG selanjutnya menuju satu SPBG lagi dan kembali ke terminal LNG lagi. Semua *multiple route* yang *feasible* harus memenuhi batasan terkait dengan *routing time*. Selanjutnya dari semua rute, baik *single route* maupun *multiple route* yang *feasible* dipilih rute yang menghasilkan *minimum route cost*.

3. Phase I : Single Route

Pada phase I yaitu *single route* adalah untuk mendapatkan semua *single route* yang *feasible*. Semua *single route* yang *feasible* harus memenuhi batasan terkait dengan kapasitas truk LNG sebesar 40 m<sup>3</sup>. Dalam proses pembuatan *single route* dalam masalah ini dapat dilakukan dengan cara membuat kemungkinan semua kombinasi rute dari terminal penerima LNG ke SPBG yang bisa dilewati. Penentuan pola *single route* yang *feasible* dapat dimulai dengan menghitung *travelling time* diantara terminal penerima LNG ke SPBG maupun dari SPBG ke SPBG.

Jarak antara SPBG dapat dinotasikan dengan  $d_{ij}$ , sedangkan untuk kecepatan truk LNG dinotasikan dengan  $V_k$ . *Travelling time* dinotasikan  $t_{ij}$ , *travelling time* juga ditambahkan *allowance time* yang dinotasikan dengan  $t_o$ . Fungsi *allowance time* agar tidak terjadi keterlambatan karena sesuatu hal yang tidak dikehendaki. Agar dapat menentukan *travelling time* dari terminal LNG  $i$  ke SPBG  $j$  dengan menggunakan truk LNG  $k$  menggunakan rumus :

$$t_{ij} = \left(\frac{d_{ij}}{V_k}\right) + t_o \tag{1}$$

Berikutnya membuat *subset* dari SPBG yang ada. Untuk terminal LNG, *subset* terdiri dari satu SPBG dan yang paling banyak adalah semua SPBG dilewati. Definisi  $B$  yaitu banyaknya subset yang dapat dibuat dan  $\Omega_u$  sebagai set dari subset ( $u = 1, \dots, B$ ). Semua *subset* yang dapat dibuat selanjutnya dipilih setiap *subset* yang memenuhi batasan kapasitas truk LNG yaitu sebesar 40 m<sup>3</sup>. Maka kapasitas yang diangkut truk LNG  $c_u$  untuk setiap *subset* tidak boleh melebihi dari kapasitas truk LNG  $C_k$  sehingga dapat dinotasikan dengan  $c_u \leq C_k$ . Setiap *subset* yang dibangun dapat terdiri dari beberapa SPBG maka *total demand* untuk setiap SPBG yang

dilayani tidak boleh melebihi kapasitas truk LNG yang melayani subset tersebut.

4. Phase II : Multiple Route

Phase II yaitu multiple route adalah untuk mendapatkan semua multiple route yang feasible. Semua multiple route yang feasible harus memenuhi batasan terkait dengan time windows sebesar 24 jam. Dalam proses pembuatan multiple route dalam masalah ini dapat dilakukan dengan cara membuat kemungkinan semua kombinasi rute dari terminal penerima LNG ke SPBG yang bisa dilewati. Serta jika total time dari terminal LNG ke SPBG belum melebihi time windows yang ditentukan maka akan terjadi pengiriman lagi dari terminal LNG ke SPBG lainnya sampai batas maksimal time windows yang telah ditentukan. Penentuan pola multiple route yang feasible dapat dimulai dengan menghitung travelling time diantara terminal penerima LNG ke SPBG maupun dari SPBG ke SPBG. Serta loading/unloading time di terminal LNG maupun di SPBG.

Untuk setiap demand antara SPBG ini dinotasikan dengan  $y_i$ , sedangkan untuk kapasitas LNG pump di terminal penerima LNG dinotasikan dengan  $p_1$  dan kapasitas LNG pump di SPBG dinotasikan dengan  $p_2$ . Pada loading/unloading juga ditambahkan allowance time  $t_1$ . Untuk menentukan loading/unloading time di terminal LNG  $i$  maupun SPBG  $j$  dengan menggunakan LNG pump  $p$  serta untuk menghitung total routing time dapat ditentukan dengan rumusan :

$$L_{ij} = \left(\frac{y_i}{p_1}\right) + t_1 \tag{2}$$

$$UL_{ij} = \left(\frac{y_i}{p_2}\right) + t_1 \tag{3}$$

$$Tt = L_{ij} + UL_{ij} + t_{ij} \tag{4}$$

Pada batasan waktu untuk setiap subset yang dilalui truk LNG tidak boleh melebihi time windows yang dinotasikan  $T$  (24 jam). Sehingga dapat dinotasikan dengan  $Tt \leq T$ , dimana total time yaitu routing time yang dinotasikan  $Tt$  tidak boleh melebihi waktu yang telah ditentukan dalam tugas akhir ini time windows yaitu 24 jam.

Semua subset  $u$  yang telah memenuhi semua batasan yang telah ditentukan yaitu kapasitas truk LNG dan time windows sebesar 24 jam selanjutnya dihitung total route cost yaitu operational cost dan opportunity lost.

5. Phase III : Pemilihan Rute Optimal

Setelah tahap pertama dan kedua telah dilakukan selanjutnya adalah tahapan pemilihan yang menghasilkan minimum cost. Dalam tahap ini pemilihan rute yang mempunyai cost paling minimal yang diselesaikan dengan menggunakan rumusan dari integer linear programming dengan cara set partitioning problem yang ditunjukkan pada rumusan dibawah ini :

$$\min \sum_{r \in R} (C_r^{OC} + C_r^{OL})x_r \tag{5}$$

Subject to :

$$\sum_{r \in R} A_{ir}^k x_r = 1, \forall i \in AN^k \tag{6}$$

$$x_r^k \in \{0,1\}, \forall r \in R^k \tag{7}$$

Dimana;

Persamaan (4.6) adalah objective function dari operational cost (OC) dan opportunity lost (OL) untuk setiap rute truk LNG dan  $x_r$  adalah konstanta yang mempunyai nilai 1 jika rute yang dipilih dan bernilai 0 jika sebaliknya. Persamaan (4.7) adalah untuk menentukan bahwa setiap SPBG  $i$  dilayani oleh rute  $r$  hanya satu kali dan notasi  $A_{ir}^k$  adalah konstanta yang sama, bernilai 1 jika SPBG  $i$  dilayani oleh rute  $r$  dengan menggunakan truk LNG  $k$  dan nilainya 0 jika sebaliknya. Persamaan (4.8) merupakan variabel penentuan yang sama, bernilai 1 jika pemilihan yang optimal dan 0 jika sebaliknya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan hasil rute yang didapat dalam pengiriman LNG ke 13 SPBG. Dari tabel di atas didapat 6 rute pengiriman LNG sehingga dibutuhkan 6 truk LNG untuk dapat mendistribusikan LNG ke 13 SPBG di Bali. Tabel 2 menunjukkan total biaya investasi yang meliputi fixed & operational cost kapal retrofit container, fixed cost & operational cost truk LNG, investasi terminal LNG dan investasi SPBG. Total biaya investasi adalah sebesar US\$ 29.001.485. Tabel 3 menunjukkan nama komponen untuk tiap sistem di terminal LNG maupun di SPBG.

Tabel 1. Hasil Optimasi

Subset	Distance (km)	Total Time (h)	Total Cost (US \$)	Hasil
0-E-G-0	157,6	9,0	135	1,0
0-A-0-H-0	401,8	21,2	321	1,0
0-B-0-C1-0	117,6	11,7	100	1,0
0-C2-0-D-0	120,6	11,9	101	1,0
0-I1-0-I4-0	61,6	9,5	61	1,0
0-I2-0-I3-0	61,6	9,5	61	1,0

Tabel 2. Total Biaya Investasi

Jenis Investasi	Total Cost (US\$)
Fixed cost kapal retrofit kontainer	610.000
Operational cost kapal retrovit kontainer	8.411.561
Investasi terminal penerima LNG	1.551.840
Fixed cost truk LNG	1.242.600
Operational cost truk LNG	285.484
Investasi SPBG	16.900.000

Total	29.001.485
-------	------------

Tabel 3.  
Nama komponen di terminal LNG dan SPBG

Sistem Unloading	Sistem BOG	Sistem Penyimpanan	Sistem Pemompaan	Sistem Filling Shed	Sistem Pemadam Kebakaran	SPBG
Pipe 10" (liquid)	Pipe 6" (vapor)	Cluster LNG tank	Hand Valve	Shut Down Valve	Jockey Pump	Truck Loading Arm
Marine Loading Arm	Marine Loading Arm	Hand Valve	Check Valve	Hand Valve	Fire Pump	Storage Tank Cluster LNG
Hand Valve	Hand Valve	Check Valve	LNG Pump	Mass Flow Rate	Pipe 20"	LNG pump
Check Valve	Check Valve	Pressure Safety Valve	Flexible Pipe	Digital Control Valve	Hand valve	Vaporizer
Shut Down Valve	Shut Down Valve	Temperature Transmitter	Temperature Indicator	Batch Control Unit	Deluge valve	Dispenser
Pressure Safety Valve	Pressure Safety Valve	Temperature Indicator	Pressure Indicator	Temperature Indicator	Check Valve	Pressure Transmitter
Ball Valve	Ball Valve	Pressure Transmitter	Pressure Safety Valve	Pressure Indicator	Fire Monitor	Pressure Indicator
Mass Flow Rate	Digital Control Valve	Pressure Indicator	Motor Listrik	Pressure Safety Valve	Sprinkle	Temperature Indicator
Digital Control Valve	Temperature Transmitter	Shut Down Valve		Pressure Transmitter	Pressure Indicator	Temperature Transmitter
Temperature Transmitter	Temperature Indicator			Truck Loading Arm	Gas Detection System	Hand Valve
Temperature Indicator	Pressure Transmitter				Hydrant	Pressure Safety Valve
Pressure Transmitter	Pressure Indicator				Fire House	Mass Flow Rate
Pressure Indicator						Check Valve
Compressor						Control Valve
						Compressor
						Holding Tank

### A. Biaya Investasi

Pada tahap ini akan dilakukan analisa ekonomi terhadap model yang dipilih. Analisa ekonomi ini terdiri atas estimasi investasi kapal *retrovit kontainer*, terminal penerima LNG, truk LNG dan SPBG.

#### 1. Investasi Kapal *Retrovit Kontainer*

Dari penelitian sebelumnya untuk kapal *retrovit kontainer* "Acx Swan" besar biaya *charter rate* perhari adalah US\$ 5.000 sehingga biaya pertahunnya adalah US\$ 610.000 dan untuk biaya operasional kapal perhari adalah US\$ 68.947 sehingga biaya operasional kapal pertahun adalah US\$ 8.411.561.

Selain itu juga diperlukan estimasi untuk *storage tank Cluster LNG*, namun estimasi biaya investasi *storage tank Cluster LNG* tidak disertakan karena keterbatasan informasi. Hal ini dikarenakan konsep *Cluster LNG* merupakan konsep baru dan informasi yang didapatkan masih terbatas.

#### 2. Investasi Terminal Penerima LNG

Menurut LNG CAPEX and Economic LNG Badak bahwa untuk pembangunan terminal penerima LNG membutuhkan investasi sebesar US\$300-US\$400 atau sebesar US\$0,40-US\$0,50 per MMBtu.

Berdasarkan informasi tersebut dapat diperoleh biaya investasi terminal penerima LNG di Tanjung Benoa. Dengan demikian biaya investasi yang diperlukan untuk pembangunan terminal penerima LNG untuk 3 buah *storage tank* dengan masing-masing kapasitas 400 m<sup>3</sup> adalah sebesar US\$ 1.551.840.

#### 3. Investasi Truk LNG

Dari model transportasi yang telah dibuat diperoleh jumlah truk LNG yang beroperasi untuk distribusi LNG ke SPBG berjumlah 6 buah. Biaya *fixed cost* untuk 1 truk LNG adalah US\$ 207.100 sehingga *fixed cost* untuk 6 truk LNG adalah US\$ 1.242.600. Sedangkan biaya operasional untuk 6 LNG truck perhari adalah US\$ 780 sehingga biaya operasionalnya pertahun adalah US\$ 285.484.

#### 4. Investasi SPBG

Berdasarkan APCNGI biaya investasi untuk membangun sebuah SPBG adalah sebesar US\$ 1 million untuk kapasitas gas sebesar 1 MMSCFD. Berdasarkan data di atas biaya investasi untuk pembangunan 13 SPBG dengan masing-masing kapasitas sebesar 1,3 MMSCFD adalah US\$ 16,9 million. Sehingga dari perhitungan di atas, didapatkan total biaya investasi adalah sebesar US\$ 29.001.485.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan pada tugas akhir ini yang berjudul “Kajian Perencanaan *Gas Handling System* dan *Transportation System* : Stusi Kasus Distribusi di Bali” maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

Pada pola transportasi dengan *single route* dan *multiple route* di dapatkan hasil *minimal route cost* sebesar US\$ 780 untuk tiap hari dengan menggunakan 6 buah truk LNG. Rute yang dilayani oleh 6 buah truk LNG berupa 4 *single rute* dan 2 *multiple route*. Untuk *single route*, rute pertama melayani SPBG klungkung dan karangasem dengan *route cost* sebesar US\$ 135. Rute kedua melayani SPBG Jembrana dan Buleleng dengan *route cost* sebesar US\$ 321. Rute ketiga melayani SPBG Tabanan dan Badung I dengan *route cost* sebesar US\$ 100. Rute keempat melayani SPBG Badung II dan Gianyar dengan *route cost* sebesar US\$ 101. Sedangkan untuk *multiple route*, rute pertama melayani SPBG Denpasar I dan Denpasar IV dengan *route cost* sebesar US\$ 61. Rute kedua melayani SPBG Denpasar II dan Denpasar III dengan *route cost* sebesar US\$ 61.

Biaya transportasi dalam satu tahun meliputi *fixed cost* untuk 6 truk LNG US\$ 1.242.600 dan biaya operasional dalam satu tahun sebesar US\$ 285.484. Sehingga total biaya transportasi dalam 1 tahun adalah US\$ 1.528.084.

Total biaya investasi adalah sebesar US\$ 29.001.485. Total biaya ini meliputi investasi kapal *retrofit container*, terminal penerima LNG, truk LNG dan SPBG.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis M.A.I mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Kepala Laboratorium Keandalan dan Keselamatan yang telah memberikan bimbingan serta tempat untuk mengerjakan tugas akhir ini. Serta kepada keluarga yang memberikan dukungan financial guna untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta sahabat dan juga teman dekat yang selalu memberikan dukungan semangat tiada henti.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://news.viva.co.id>
- [2] <http://regional.kompasiana.com>
- [3] <http://migas.esdm.go.id>