

Cost Effective pada Sistem Regasifikasi Liquefied Natural Gas (LNG) di Indonesia

Dananto Adi Nugroho, Rendy Putra Setyawan, Gede Wibawa
Jurusan Teknik Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: gwibawa@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi dan mendapatkan data desain dan biaya efektif terhadap tiga teknologi regasifikasi LNG yaitu Open Rack Vaporizer (ORV) dengan menggunakan air laut sebagai sumber panas, Direct Natural Draft, Ambient Air Vaporizer (DND-AAV) dan Direct Forced Draft Ambient Air Vaporizer, (DFD-AAV) yang menggunakan udara ambien sebagai sumber panas. Ketiga proses ini dijalankan dengan kapasitas sama. Metode dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan program simulasi menggunakan program HYSYS 7.3 untuk mendapatkan kondisi operasi untuk tiap teknologi regasifikasi. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa sistem regasifikasi menggunakan ORV dengan medium air laut memiliki IRR yang paling tinggi dibanding kedua sistem regasifikasi lainnya.

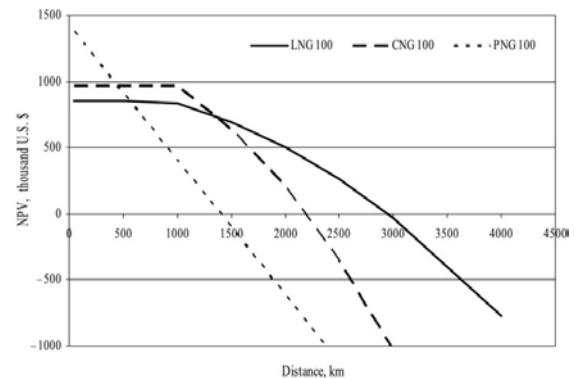
Kata Kunci—Ambient Air, Open Rack, Regasifikasi, Vaporizer.

I. PENDAHULUAN

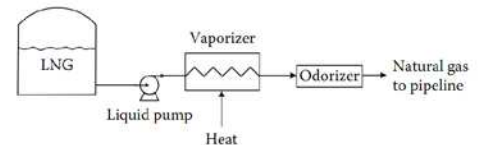
Gas Alam merupakan salah satu sumber energi dunia yang berlimpah. Seiring dengan perkembangan konsumsi energi dunia. Gas alam menjadi salah satu sumber energi yang menjadi salah satu sumber energi utama. Dalam sistem pendistribusiannya, gas alam bisa di distribusikan dalam dua bentuk yaitu liquid dan gas. Dalam fase gas, gas alam didistribusikan dalam bentuk Compressed Natural Gas (CNG) dan Pipeline Gas (PG). Dalam fase liquid gas alam didistribusikan dalam bentuk Liquefied Natural Gas (LNG). Dengan mempertimbangkan jarak antara kilang dan konsumen gas alam, jenis pendistribusian gas alam dapat dilihat pada Gambar 1.1.

Penggunaan LNG di Indonesia umumnya digunakan sebagai *fuel power plant* yaitu sebesar 11% dan disusul oleh industri pupuk sebesar 7,8% (ESDM, 2013). Kilang LNG di Indonesia antara lain PT Badak NGL (22,5 MTPA) dan LNG Tangguh Papua (13,8 MTPA). Dengan jarak antara pulau Jawa dan kilang gas Tangguh Papua sebesar 2772,25 km dan 1376,1 km dengan kilang di Bontang, Sumatera. Dari jarak antara kilang gas dan konsumen, pendistribusian gas alam dalam bentuk LNG^[1].

Regasifikasi merupakan proses perubahan fase LNG dari fase cair menjadi fase gas kembali, yang mana pada proses awal *natural gas* didinginkan hingga suhu $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm menjadi bentuk cair berupa LNG^[2]. Tujuan dari perubahan bentuk fase dari gas menjadi fase cair ini ialah untuk memudahkan dalam proses transportasi atau proses *shipping* dan proses penyimpanannya dikarenakan *storage volume* yang dibutuhkan untuk fase cair 600 kali lebih kecil dibandingkan



Gambar 1 Biaya Transportasi Gas Alam untuk Kapasitas Transportasi 100 MMSCFD^[4]



Gambar 2 Unit Regasifikasi secara umum^[5]

dalam fase gas. Untuk proses transportasinya sendiri menggunakan proses *shipping* dikarenakan feed gas untuk LNG diproduksi di *offshore*^[3]. Dalam unit regasifikasi pada umumnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2 yaitu terdiri dari pompa untuk mengalirkan LNG dari tanki *storage* ke *vaporizer* yang menggunakan pemanas *ambient air* ataupun air laut. Setelah proses penguapan, selanjutnya masuk dalam *odorizer* untuk penambahan merkaptan yang memberikan bau khas pada gas yang berfungsi sebagai keselamatan dan untuk memfasilitasi deteksi kebocoran. Setelah itu gas alam yang telah diregasifikasi dari fase cair dialirkan ke konsumen melalui jalur *pipeline gas*^[5]

Dalam perancangan terminal regasifikasi LNG di Indonesia terdapat beberapa faktor yang diperhatikan untuk menunjang didapatkannya rancangan pembangunan yang efektif. Selain didapatkannya desain terminal regasifikasi LNG yang efektif untuk digunakan di Indonesia, juga didapatkan biaya yang efektif pula dalam perencanaan pembangunan terminal regasifikasi LNG. Seperti biaya investasi awal serta biaya operasional nantinya saat pabrik telah berjalan. Beberapa faktor itu seperti jenis-jenis teknologi regasifikasi LNG, spesifikasi peralatan yang digunakan, serta data-data klimatologi lokasi terminal regasifikasi LNG yang dapat menunjang dalam

pemilihan tipe unit regasifikasi LNG.

Efektifitas biaya juga dapat kita tinjau dari *capital cost* dan *annual operating cost*. Yang mana *capital cost* merupakan biaya investasi awal yang diperlukan untuk membangun terminal regasifikasi LNG atau *pipe line project* yang meliputi poin-poin sebagai berikut :

1. Pipeline
2. Compressor Stations
3. Main Line Valve Stations
4. Metering Stations
5. Pressure Regulator Stations
6. SCADA & Telecommunications
7. Environmental & Permitting
8. Right of Way Acquisitions
9. Engineering & Construction Management

LNG yang telah melalui proses regasifikasi akan didistribusikan ke lokasi pasar dalam bentuk *pipeline gas* yang mempunyai spesifikasi seperti Tabel 1 [5].

Berikut pada Gambar 3 ditunjukkan jalur *pipeline gas* di Indonesia. Dapat dilihat jalur-jalur *pipeline gas* yang telah terinstalasi, jalur yang sedang dibangun, serta yang akan direncanakan.

Ada beberapa tipe untuk unit regasifikasi yang dibedakan dari jenis pemanas yang digunakan dan prosesnya. Beberapa tipe unit regasifikasi yaitu (*IFV*), *Submerged combustion vaporizers (SCV)*, *Sea water vaporizers with open rack (ORV)*, *Heating Towers with intermediate water*, *Gas turbine generators with waste heat recovery units* dan *Steam turbine generator cycle (Rankine Cycle)* [6].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

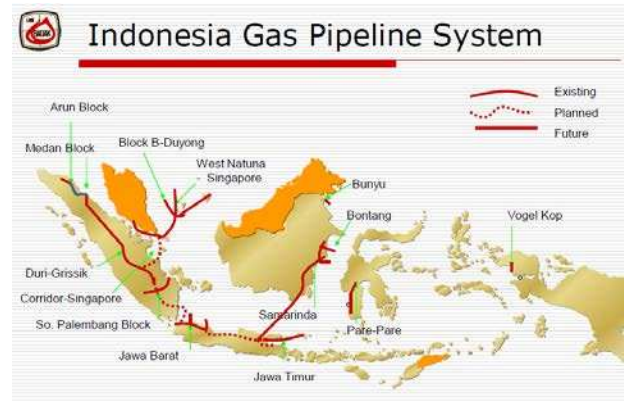
Metode yang dimaksud adalah suatu acuan dalam melakukan urutan-urutan kerja atau langkah-langkah analitis yang disusun secara benar dan teratur agar topik permasalahan bisa diselesaikan secara tepat dan dapat dipertanggung jawabkan. Secara umum penelitian ini dilakukan dengan tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 4.

B. Penentuan Kapasitas dan Variabel Penelitian

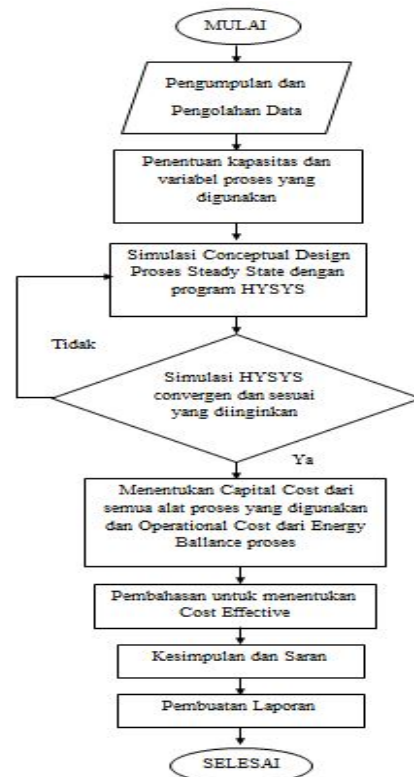
Penelitian ini disimulasikan proyek regasifikasi LNG dengan kapasitas 100 MMSCFD yang dibagi menjadi dua train dengan kapasitas masing-masing train sebesar 50 MMSCFD. Jenis vaporizer yang digunakan adalah Open Rack Vaporizer dan Ambient Air Vaporizer (Direct Forced Draft dan Direct Natural Draft) dengan sumber panas yang berasal dari air laut dan udara ambien. Variabel penelitian yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1.
Spesifikasi *Pipeline Gas* [5]

Specification Minimum	Traditional Value	SI Specifications
Heating Value	950 BTU/scf	34,5 MJ/m ³
Hydrocarbon Dew Point	15 °F at 800 psia	-10 °C at 5500 kPa
Water Content	4 lbs/MMSCF	65 mg/m ³
H ₂ S Content	1/4 grain/100 CF	6 mg/m ³
Total Sulfur Content	1 grain/100 CF	23 mg/m ³



Gambar 3 Jalur *Pipeline Gas* di Indonesia [1]



Gambar 4. Metode Penelitian

Tabel 2.

Variabel Penelitian untuk perancangan unit regasifikasi LNG

Controlled Variable	Manipulated Variable
Kapasitas = 100 MMSCFD (2 train)	Vaporizer yang digunakan: 1. <i>Open Rack Vaporizer (ORV)</i>
Feed LNG dengan suhu -161,3 °C	2. <i>Direct Natural Draft Ambient Air Vaporizer (DND-AAV)</i>
Suhu minimal produk 20 °C	3. <i>Direct Forced Draft Ambient Air Vaporizer (DFD-AAV)</i>
Tekanan minimal produk 500 psia	Jenis pemanas yang digunakan: • Air laut untuk ORV • Udara ambien untuk DND-AAV dan DFD-AAV
	Tekanan feed yang masuk ke vaporizer

Tabel 3.

Komposisi feed LNG

Komponen	Fraksi Mole
Nitrogen	0,0027
Carbon Monoxide	0,0000
Methane	0,9511
Ethane	0,0461
Propane	0,0002
i-Butane	0,0000
n-Butane	0,0000
i-Pentane	0,0000
n-Pentane	0,0000
n-Hexane	0,0000
Total	1,0000

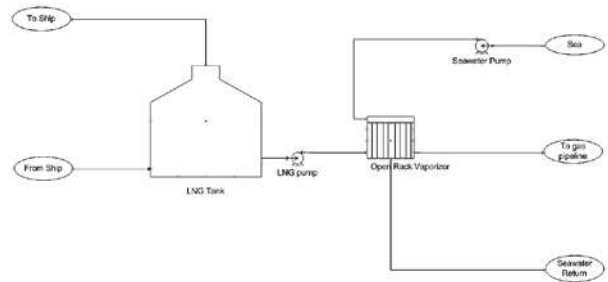
Beberapa rincian untuk LNG yang akan mengalami proses regasifikasi dalam proses ini dengan spesifikasi sebagai berikut :

Temperature : -161,3 °C
 Pressure : 1,06 bar
 Molar Flow : 100 MMSCFD
 Mass Flow : 83310 kg/hr
 Higher Heating Value : 913277,364 kJ/kgmole

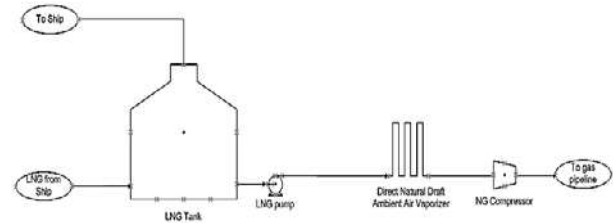
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Process Flow Diagram

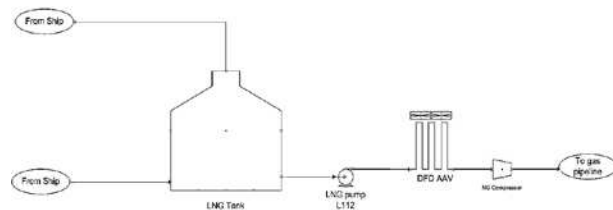
Pada penelitian ini ditetapkan Liquified Natural Gas sebagai bahan yang akan di regasifikasi dengan spesifikasi LNG yang sama. Dengan proses flow diagram ketiga sistem dapat dilihat pada gambar:



Gambar 5. Process Flow Diagram Proses Regasifikasi dengan menggunakan Open Rack Vaporizer



Gambar 6. Process Flow Diagram Proses Regasifikasi dengan menggunakan Direct Natural Draft Ambient Air Vaporizer



Gambar 7. Process Flow Diagram Proses Regasifikasi dengan Direct Forced Draft Ambient Air Vaporizer

Tabel 4. Kebutuhan Alat pada Terminal Regasifikasi dengan Menggunakan Open Rack Vaporizer

Alat	Kapasitas Alat	Jumlah Alat
Insulation Tank	10283 m ³	4
Cryogenic Pump	133 HP	3
Seawater Pump	45 HP	4
Open Rack Vaporizer	55 MMSCFD	2

Tabel 5. Kebutuhan Energi pada Terminal Regasifikasi dengan Menggunakan Open Rack Vaporizer

Alat	Kebutuhan Energi (kW/tahun)
Insulation Tank	0
Cryogenic Pump	1340064
Seawater Pump	282823,2
Open Rack Vaporizer	0

B. Kebutuhan Energi

Dengan kapasitas 100 MMSCFD dengan terminal regasifikasi terdiri dari 2 train dengan kapasitas masing-masing sebesar 50 MMSCFD. Pada Regasifikasi menggunakan ORV diperlukan alat tambahan berupa seawater pump yang berfungsi untuk mengalirkan air laut menuju ke vaporizer. Peralatan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.

Dengan kapasitas 100 MMSCFD dengan terminal regasifikasi terdiri dari 2 train, kapasitas masing-masing sebesar 50 MMSCFD. Berbeda dengan ORV, pada DND-AAV tidak memerlukan pompa air laut namun mengandalkan udara ambien yang berada di sekitar vaporizer. Peralatan yang digunakan pada tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan Alat pada Terminal Regasifikasi dengan Menggunakan Direct Natural Draft Ambient Air Vaporizer (DND-AAV).

Dengan kapasitas 100 MMSCFD dengan terminal regasifikasi terdiri dari 2 train dengan menggunakan DFD-AAV. Peralatan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 8.

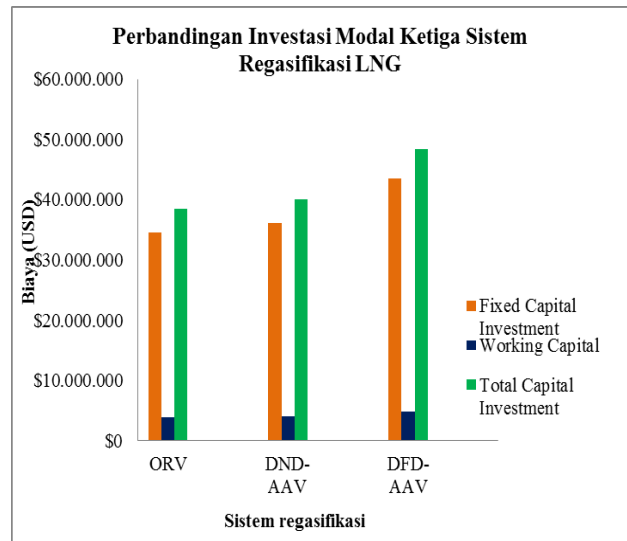
C. Penentuan Alat

Dari ketiga sistem regasifikasi terdapat persamaan pada tangki penyimpanan dan pompa LNG yang bekerja pada kondisi cryogenic. tangki penyimpanan LNG berfungsi sebagai tempat penyimpanan LNG dimana boil off gas (BOG) nantinya akan kembali menuju tanker untuk pendinginan. Jumlah total kebutuhan alat untuk masing-masing sistem regasifikasi dapat dilihat pada tabel 10.

D. Penentuan Total Capital Investment

Untuk menentukan cost effective pada ketiga sistem regasifikasi ini perlu penentuan Total Capital Investment (TCI) dan Total Production Cost (TPC). Total Capital Investment merupakan akumulasi dari fixed capital investent (FCI) dan Working Capital (WC). Pada ketiga sistem ini memiliki perbedaan pada jenis vaporizer dan alat penunjangnya. Fixed Capital Investment (FCI) adalah Aset atau investasi modal yang diperlukan untuk memulai dan melakukan bisnis dalam konteks penelitian ini adalah membangun suatu pabrik. Aset-aset ini dianggap tetap dalam artian mereka tidak digunakan dalam produksi yang sebenarnya, tetapi memiliki nilai yang dapat digunakan kembali. Fixed Capital Investment I Fixed Capital Investment ditinjau berdasarkan vaporizer dan alat penunjangnya

- Equipment Cost
 - Equipment
 - Instalasi
 - Instrumentasi
 - Piping
 - Electrical
- Service Facility
- Land
- Sedangkan Working Capital terdiri dari jumlah total modal yang diinvestasikan pada bahan baku, produk, saldo yang berfungsi pembayaran biaya operasi. Dari jenis ketiga sistem regasifikasi ini adalah ORV membutuhkan pompa untuk mengalirkan air laut serta fasilitas penunjang yaitu sea water intake facility. Sedangkan DND-AAV dan DFD-AAV membutuhkan kompressor karena memiliki keterbatasan dalam tekanan operasi maksimal. Perbandingan modal ketiga sistem regasifikasi dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Investasi Modal Ketiga Sistem Regasifikasi LNG

Tabel 7. Kebutuhan Energi pada Terminal Regasifikasi dengan Menggunakan Direct Natural Draft Ambient Air Vaporizer (DND-AAV)

Alat	Kebutuhan Energi (kw/tahun)
Insulation Tank	0
Cryogenic Pump	1340064
Direct Natural Draft Ambient Air Vaporizer	0
LP Natural Gas Kompressor	3131647

Gambar 8. Process Flow Diagram Proses Regasifikasi dengan Direct Forced Draft Ambient Air Vaporizer

Alat	Kapasitas Alat	Jumlah Alat
Insulation Tank	10283 m ³	4
Cryogenic Pump	133 HP	3
Direct Forced Draft Ambient Air Vaporizer	55 MMSCFD	28
NG Kompressor	40 bar	1

Tabel 9. Kebutuhan Alat pada Terminal Regasifikasi dengan Menggunakan Direct Forced Draft Ambient Air Vaporizer (DFD-AAV)

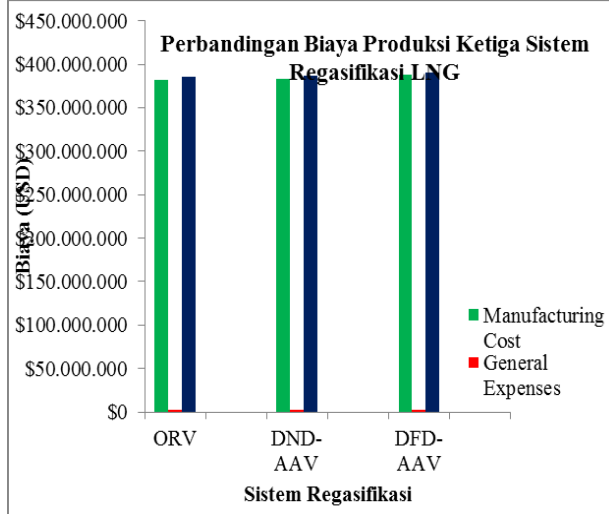
Alat	Kapasitas Alat	Jumlah Alat
Insulation Tank	10283 m ³	4
Cryogenic Pump	133 HP	3
Direct Forced Draft Ambient Air Vaporizer	55 MMSCFD	28
NG Kompressor	40 bar	1

E. Penentuan Total Product Cost (TPC)

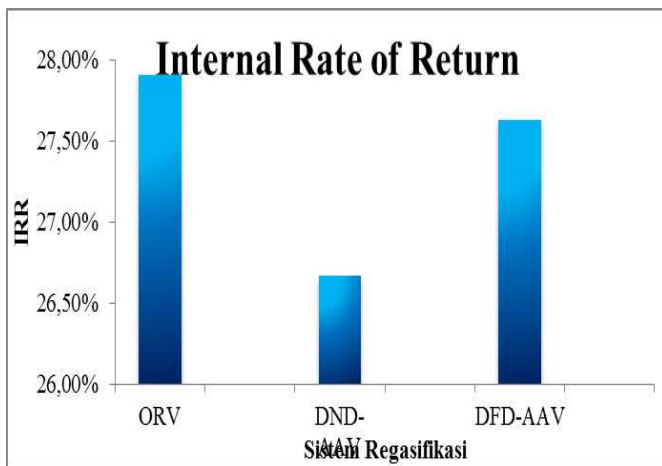
Total Product Cost pada sistem regasifikasi terdiri dari Manufacturing Cost dan General Expenses. Selain Total Investment Cost, Total Production Cost menentukan harga dari suatu produk. Dalam penelitian ini, harga produk ditetapkan sebesar \$16,25 dan harga bahan baku berupa LNG sebesar \$15,00 per MMBTU. Total Production Cost dihitung dalam waktu satu tahun yang dapat dilihat pada gambar 9.

Tabel 10.
Kebutuhan alat regasifikasi LNG

	ORV	DND-AAV	DFD-AAV
Insulation tank	4	4	4
Cryogenic pump	3	3	3
Vaporizer	2	70	14
Seawater Pump	3	-	-
Fan	-	-	28
Compressor	-	1	1



Gambar 9. Perbandingan Biaya Produksi Ketiga Sistem Regasifikasi



Gambar 10. Internal Rate of Return pad Ketiga Sistem Regasifikasi

Dari hasil perhitungan dan evaluasi, didapatkan Internal Rate of Return (IRR). IRR sering digunakan dalam penganggaran modal yang membuat nilai sekarang bersih dari semua cash flow dari suatu proyek tertentu sama dengan nol. Secara umum, semakin tinggi IRR, lebih efisien, efektif dan menguntungkan. Dengan demikian, IRR dapat digunakan untuk pertimbangan beberapa jenis proyek. Dengan asumsi semua faktor lain adalah sama, proyek dengan IRR tertinggi mungkin akan dianggap yang terbaik dan dilakukan terlebih dahulu.

Dari Balance sheet didapatkan IRR dari masing-masing sistem regasifikasi pada gambar 10.

Pada gambar 10 terlihat bahwa IRR pada sistem regasifikasi menggunakan ORV lebih tinggi yaitu sebesar 27,91%. Besarnya IRR dapat menjadi acuan dalam pertimbangan sistem regasifikasi di Indonesia yang merupakan negara yang beriklim tropis dan memiliki temperatur laut yang cenderung stabil dibanding dengan negara-negara beliklim non-tropis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem regasifikasi menggunakan ORV memiliki laju pengembalian modal lebih cepat dan menguntungkan terutama di Indonesia.

Sistem regasifikasi menggunakan DFD-AAV memiliki keunggulan di harga vaporizer yang lebih murah dibanding dengan ORV. Namun pada DND-AAV dan DFD-AAV memiliki kekurangan berupa kondisi operasi yang terbatas yaitu pada tekanan 40 bar sehingga memerlukan kompresor agar sesuai dengan standar rata-rata *enduser*. Selain itu pada penggunaan Ambient Air Vaporizer (DND-AAV dan DFD AAV) membutuhkan lahan yang besar karena keperluan vaporizer yang besar.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan evaluasi pada ketiga sistem regasifikasi 50MMSCFDx 2 train dengan dua sumber panas berupa air laut dan udara ambien. yang berbeda dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Total Capital Investment* (TCI) pada masing – masing sistem regasifikasi pada ORV sebesar \$38.444.476 untuk DND-AAV dan DFD-AAV masing masing sebesar \$40.143.846 dan \$48.387.914.
2. Dari ketiga sistem regasifikasi didapat besarnya *Internal Rate of Return* (IRR) melalui *balance sheet*, masing-masing sebesar 27,91%; 26,67% dan 27,63% untuk ORV, DND-AAV dan DFD-AAV.
3. Sistem regasifikasi menggunakan ORV, DND-AAV dan DFD-AAV memiliki besar IRR yang hampir sama namun dari segi sumber panas, ORV perlu menjadi prioritas untuk diaplikasikan di Indonesia karena temperatur air laut yang cenderung lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suprpto, Y. P., *LNG & The World of Energy*, 1st edition, Badak Book, 2007
- [2] Sonmez, E., S. Kekre, A. S. Wolf, N. Secomandi, *Model-based Analysis of Liquefied Natural Gas Regasification Technologies*, Carnegie Mellon University, USA, 2009.
- [3] Lee, J. H., P. Janssens, J. Cook, *LNG Regasification Vessel*, Offshore Technology Conference, USA, 2005
- [4] Subero, G., M. J. Economides, K. Sun, *Compressed Natural Gas (CNG): An Alternative to Liquefied Natural Gas (LNG)*, Society of Petroleum Engineers, Houston, 2006
- [5] Kidney, A. J., W. R. Parrish, *Fundamentals of Natural Gas Processing*, Taylor and Francis Group, London, 2006
- [6] Eisentrout, B., S. Wintercorn, B. Weber, *Study Focuses on Six LNG Regasification System*, Engineering Forum-LNG Journal, USA, 2006