

Analisis Tekno-Ekonomi Integrasi Sistem Pembangkit Listrik dengan Sistem regasifikasi LNG pada PLTMG (Gas Engine)

Dian H.L. Lande ¹⁾, Sutrasno kartohardjono ²⁾

^{1),2)} Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia,
Depok, 16424, Indonesia
Email : eldioldio777@gmail.com

Abstrak. Pada saat ini, perencanaan pengadaan fasilitas pembangkit listrik dan fasilitas terminal LNG masih dilakukan terpisah sehingga belum terintegrasi secara optimal untuk memberikan efisiensi operasi untuk keseluruhan fasilitas tersebut. Dari sudut pandang teori integrasi sistem pembangkit listrik dengan sistem regasifikasi pada terminal LNG masih belum efisien karena masih terdapat potensi pemanfaatan energi terbuang baik energi panas maupun energi dingin yang merupakan peluang perbaikan agar pembangunan infrastruktur gas untuk pembangkit listrik menjadi lebih baik. Integrasi sistem dapat dilakukan dengan memanfaatkan energi panas pada air pendingin mesin dan pada gas buang dari proses pembangkitan energi listrik dan sekaligus memanfaatkan energi dingin dari proses regasifikasi LNG. Melalui analisis teknis Simulasi rancangan disain dengan mengintegrasikan sistem gas buang dan sistem air pendingin pada gas engine dengan sistem regasifikasi LNG yang menggunakan LNG Vaporizer type shell and tube dapat dilakukan. Dengan flow rate LNG sebesar 4 MMSCFD, dapat menghasilkan daya sebesar 1.723×10^4 kW dengan efisiensi 35,2%. Dengan analisis ekonomi pada pola pembebanan mesin pembangkit dengan kapasitas faktor 80% dan asumsi harga listrik yang digunakan sebesar cent US\$ 12 /kWh, dihasilkan nilai IRR 19,7% yang lebih besar dari nilai WACC (7,49%), sehingga pengembangan disain dinyatakan layak.

Kata kunci: Integrasi, Sistem, Regasifikasi, Energi panas, Energi dingin

1. Pendahuluan

Peningkatan pemanfaatan gas bumi, sumber energi primer yang ramah lingkungan, merupakan salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak dalam menjalankan usaha ketenagalistrikan yang berwawasan lingkungan. Dalam pengembangan usaha ketenagalistrikan di wilayah Indonesia, dengan kondisi geografis yang terdiri atas pulau-pulau besar dan kecil yang tersebar, menjadi tantangan dalam pemenuhan gas bumi untuk pembangkit listrik. Penyediaan pasokan gas alam dalam bentuk gas alam cair (LNG) dilakukan untuk pembangkit listrik pada daerah-daerah yang tidak terdapat pasokan dari sumber gas alam (gas pipa). Pada batas jarak tertentu, pasokan gas ke pembangkit listrik dapat menggunakan pipa. Namun jika sumber gas jauh maka pasokan gas (LNG) yang akan digunakan pada pembangkit listrik harus diangkut dengan menggunakan sarana transportasi misalnya kapal tanker LNG. LNG ditransportasikan menggunakan kapal kriogenik terinsulasi. Saat akan digunakan untuk pasokan gas ke pembangkit listrik, LNG akan diubah kembali menjadi gas melalui proses regasifikasi. Untuk proses regasifikasi ini diperlukan instalasi regasifikasi yang meliputi unit penyimpanan LNG dan unit regasifikasi LNG.

Saat ini, proses perencanaan dan pengadaan fasilitas pembangkit listrik dan fasilitas terminal LNG masih dilakukan terpisah sehingga belum terintegrasi secara optimal untuk memberikan efisiensi operasi untuk keseluruhan fasilitas tersebut. Dari sudut pandang teori integrasi sistem pembangkit listrik dengan sistem regasifikasi pada terminal LNG masih belum efisien karena masih terdapat potensi pemanfaatan energi terbuang baik energi panas maupun energi dingin yang merupakan peluang perbaikan agar pembangunan infrastruktur gas untuk pembangkit listrik menjadi lebih baik. Berdasarkan pemaparan latar belakang ini maka diperoleh isu strategis yang perlu menjadi perhatian dalam penelitian ini yaitu bagaimana melakukan integrasi antara sistem pembangkit listrik dengan sistem regasifikasi pada terminal LNG untuk mendapatkan suatu model rancangan integrasi sistem yang optimal. Dengan kondisi tersebut diperlukan simulasi model rancangan integrasi sistem untuk pengembangan sistem regasifikasi LNG pada terminal LNG di masa datang sesuai dengan perencanaan pengembangan pembangkit listrik berbahan bakar gas.

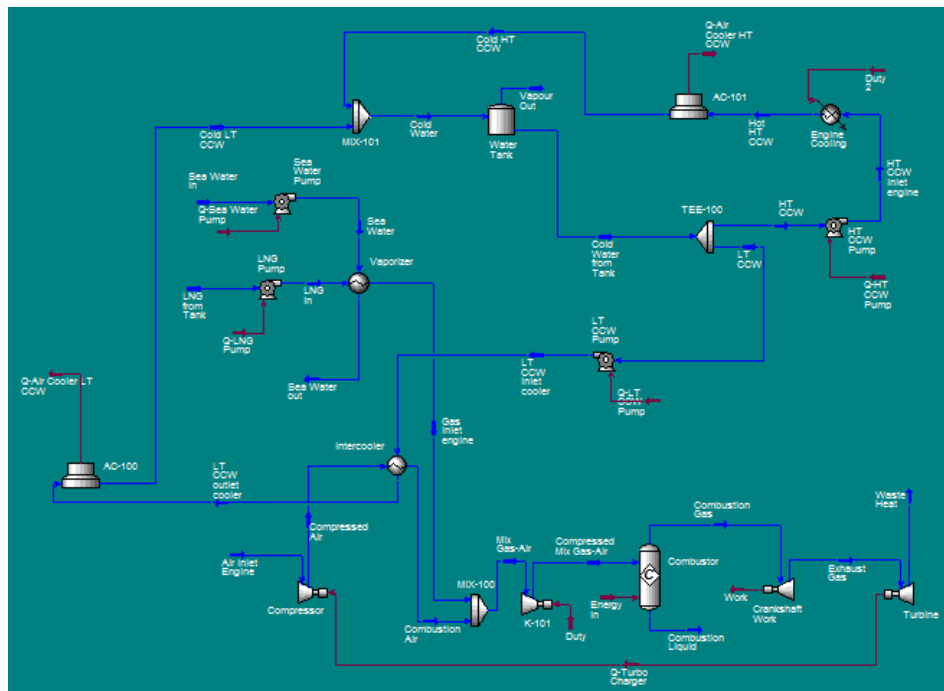
Pusat Listrik Tenaga Mesin Gas atau disingkat PLTMG dapat menghasilkan energi panas pada air pendingin mesin dan pada gas buang sebagai hasil pembakaran yang dilepaskan begitu saja. Suatu PLTMG memiliki gas buang yang mengandung panas dengan temperature sekitar 378 °C, serta memiliki temperature air pendingin sampai dengan 96 °C setelah mendinginkan mesin[1]. Dengan demikian kehilangan energi panas yang cukup besar terjadi dalam proses pendinginan mesin dan dalam bentuk gas buang. Untuk menghasilkan gas alam dengan tekanan dan temperatur tertentu sesuai dengan persyaratan mesin pembangkit, terdapat energi dingin pada proses regasifikasi LNG yang tidak dimanfaatkan.

Untuk mendapatkan penurunan biaya investasi dan untuk meningkatkan efisiensi maka dapat dilakukan pemanfaatan energi panas yang terbuang dari proses pembangkitan tenaga listrik dengan beberapa alternatif teknologi *cogeneration*. Melalui cogeneration ini efisiensi pembangkit listrik akan meningkat sehingga biaya produksi menjadi murah [2].

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan rancangan integrasi sistem yang optimal guna pengembangan sistem regasifikasi pada fasilitas terminal LNG dan untuk Mendapatkan nilai keekonomian dari rancangan integrasi sistem tersebut dengan pemanfaatan energi panas dari proses pembangkitan tenaga listrik.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Analisis teknis dilakukan dengan membuat simulasi siklus pada rancangan integrasi sistem pembangkit listrik dan regasifikasi LNG, dengan menggunakan perangkat lunak UNISIM. Simulasi pada UNISIM dibuat dengan membandingkan proses pada pembangkit listrik dan regasifikasi LNG dengan sistem yang belum terintegrasi, kemudian dibandingkan dengan simulasi proses sistem yang telah terintegrasi pada pembangkit listrik dan regasifikasi LNG, kemudian dilanjutkan dengan evaluasi secara ekonomi yang dilakukan dengan analisis *cashflow* dan analisis sensitifitas keekonomian terhadap parameter kapasitas produksi pembangkit listrik dan perubahan tarif energi listrik.

Ilustrasi dari proses regasifikasi LNG yang terpisah dengan sistem Pembangkit Listrik (*standalone*) tersebut dapat dilihat pada *process flow diagram* sebagai berikut :

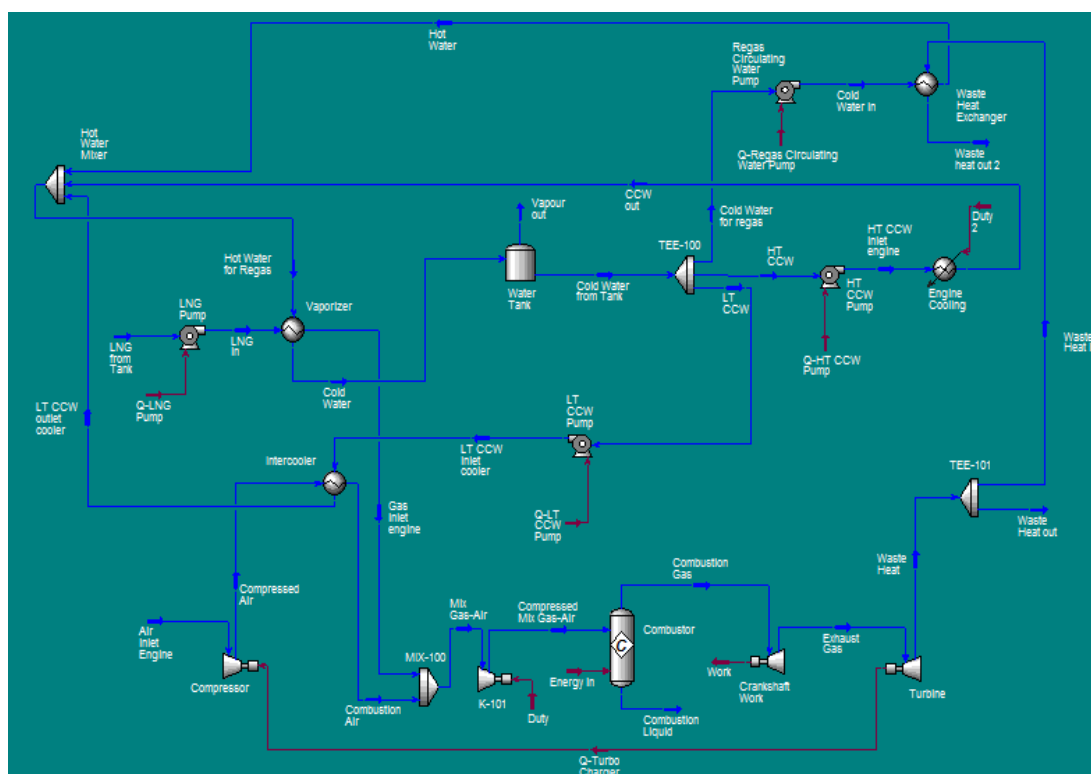


Gambar 1. Regasifikasi LNG dan Sistem Pembangkit Listrik yang Terpisah

Pada rancangan integrasi sistem regasifikasi LNG dan sistem pembangkit listrik ini penulis akan mengintegrasikan sistem air pendingin dan sistem gas buang pada pembangkit listrik dengan sistem regasifikasi LNG. Perancangan desain sistem dibuat dengan mengintegrasikan air pendingin (LT CCW dan HT CCW yang umumnya didinginkan pada unit radiator atau *cooling tower* setelah mendinginkan mesin) setelah keluar dari mesin kemudian dialirkan ke *heat exchanger* yang dipanaskan oleh gas buang pembangkit listrik. Air pendingin setelah mendapatkan energi panas gas buang kemudian dimanfaatkan untuk memanaskan LNG pada *vaporizer* sehingga menghasilkan gas dengan temperatur naik menjadi 5 °C. Efisiensi yang diperoleh dalam integrasi sistem ini adalah penghematan energi listrik untuk pemakaian sendiri pada *sea water pump* dan *air cooler / radiator*.

Perubahan sistem regasifikasi pada voprizzer yang tadinya menggunakan fluida pemanas dari air laut, diubah menggunakan air pendingin mesin pembangkit listrik sebagai fluida yang akan memberikan panas dan menerima energi dingin dari LNG sehingga temperature LNG akan naik dan fasanya berubah menjadi gas pada temperatur 25 °C. Temperatur air pendingin yang mendapatkan panas dari mesin dan gas buang, setelah digunakan untuk memanaskan LNG kemudian menjadi dingin kembali yang pada konsep integrasi sistem ini digunakan kembali untuk proses pendinginan mesin dan pendinginan udara pembakaran.

Ilustrasi Pembangkit Listrik dengan sistem regasifikasi yang terintegrasi dapat dilihat pada *process flow diagram* sebagai berikut :



Gambar 2. Integrasi Sistem Pembangkit Listrik dan Sistem Regasifikasi

Hasil lain yang dibutuhkan dari simulasi UNISIM ini adalah data tentang kapasitas (spesifikasi) masing – masing komponen utama dari proses dengan sistem yang terintegrasi. Data mengenai kapasitas tersebut merupakan data utama yang dibutuhkan untuk melakukan analisis keekonomian. Penelitian ini menggunakan basis data dengan laju alir LNG sebesar 4 MMSCFD. Alasan yang mendasari pemilihan tersebut adalah karena spesifikasi proyek pembangunan pembangkit listrik di beberapa daerah tersebar di Indonesia khususnya pengembangan PLTMG banyak menggunakan gas engine dengan kapasitas 7,8 MW sampai dengan 17,5 MW pada satu unit pembangkit listrik.

2. Pembahasan

Simulasi disain integrasi sistem dimulai dengan perubahan siklus fluida pemanas pada proses regasifikasi LNG dengan menggunakan *shell and tube vaporizer* yang fluida pemanasnya diintegrasikan dengan sistem gas buang dan sistem air pendingin mesin pembangkit listrik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 di atas. Terdapat penambahan *heat exchanger* dan *circulating water pump* dalam proses integrasi tersebut namun juga dapat menghilangkan penggunaan *air cooler* dan *sea water pump*. Proses disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak UNISIM R390.1 dengan menggunakan input data operasi gas engine Wartsila type 18V50DF, hasil simulasi proses tersebut pada mesin pembangkit listrik diperoleh temperatur gas buang 270 °C dan temperatur air pendingin mesin 96 °C dengan daya yang dihasilkan generator sebesar 17230 kW.

Tabel berikut memperlihatkan hasil perhitungan yang membandingkan disain *standalone* dan disain yang terintegrasi.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Perbandingan Efisiensi

Sistem Terintegrasi			Sistem Terpisah		
Daya Output	17230.00	kW	Daya Output	17230.00	kW
PS CW Pump	17.41	kW	PS Air Cooler HT	107.20	kW
PS Heat Exchanger	-	kW	PS Air Cooler LT	107.20	kW
			PS SW Pump	18.00	kW
Daya Bersih	17212.59	kW	Daya Bersih	16997.6	kW
LNG Input	4	MMSCFD	LNG Input	4	MMSCFD
Mass LHV	49460	kJ/kg	Mass LHV	49460	kJ/kg
Mass flow	3559	kg/h	Mass flow	3559	kg/h
Energy in	176028140	kJ/h	Energy in	176028140	kJ/h
	48896.7	kWh		48896.7	kWh
Energy out	17212.59	kWh	Energy out	16997.6	kWh
Efisiensi	35.20	%	Efisiensi	34.76	%
Selisih Efisiensi	0.44	%			
Selisih kWh Netto	215	kWh			

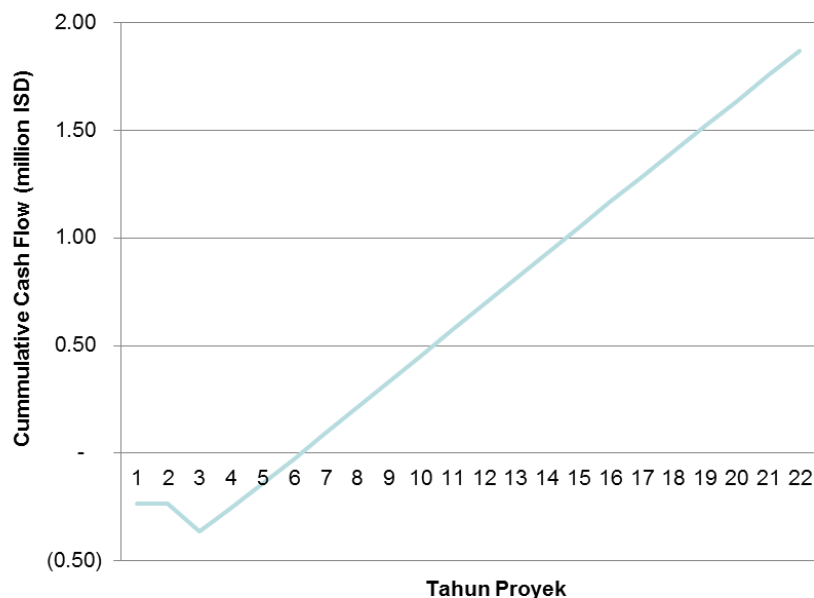
Dari perhitungan terlihat bahwa integrasi dapat meningkatkan efisiensi, yang semula efisiensi sistem pembangkit listrik *standalone* hanya 34,76% meningkat menjadi 35,20% dengan adanya integrasi sistem pembangkit listrik dengan sistem regasifikasi LNG yang memanfaatkan energi panas dari air pendingin mesin dan gas buang pembangkit listrik.

Pada analisis ekonomi, langkah pertama adalah menghitung besar CAPEX tambahan dari perubahan sistem. Adapun besarnya CAPEX tambahan dari integrasi sistem ini adalah US\$ 431.480, yang kemudian digunakan dalam perhitungan *cashflow* dengan dengan parameter keekonomian sebagaimana tertuang pada Tabel 2.

Tabel 2. Data asumsi *cashflow*

Asumsi Keekonomian	Nilai
Periode Operasi	20 tahun
Total Umur proyek	22 tahun (2 tahun konstruksi)
Periode Pengembalian Hutang	5 tahun
Tingkat Suku Bunga	6%
Tingkat Diskonto	10%
Rasio Hutang : Ekuitas	70 : 30

Analisis Ekonomi dilakukan dengan pembuatan *cashflow* dan perhitungan parameter keekonomian dengan hasil sebagai berikut :



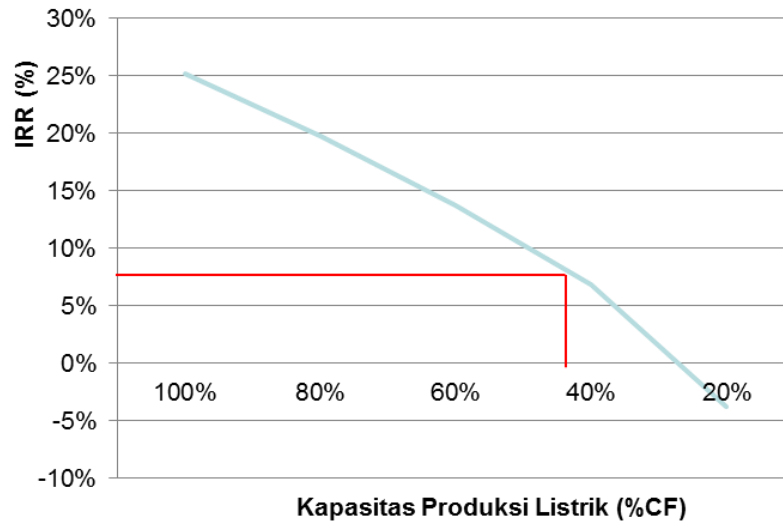
Gambar 19. *Cashflow* Disain Integrasi Sistem

Tabel 3. Hasil perhitungan parameter keekonomian

Parameter Keekonomian	
WACC	7.49%
IRR	19.78%
Payback Period (Year)	4
NPV	\$ 431,480

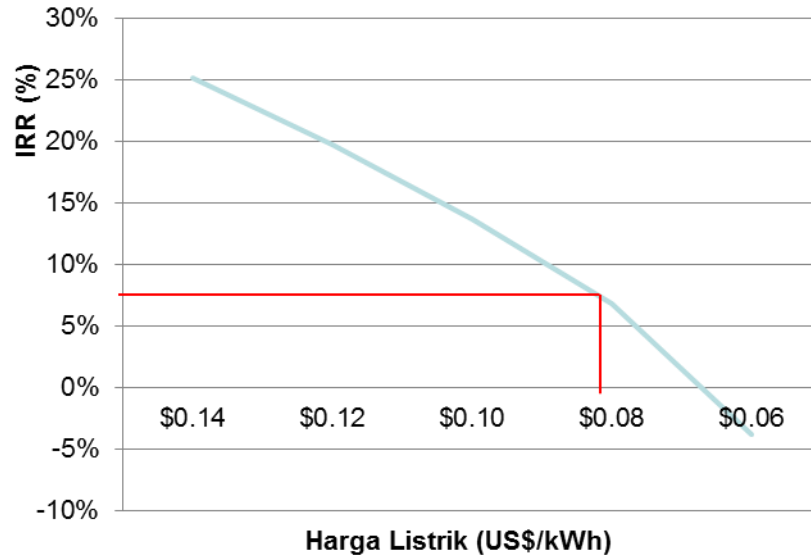
Tabel 3 dan Gambar 3 diatas menunjukkan hasil perhitungan pada pola pembebanan pembangkit dengan kapasitas faktor 80% dan harga listrik yang diberlakukan sebesar cent US\$ 12 /kWh, diperlihatkan bahwa pengembangan disain integrasi sistem secara analisis ekonomi layak untuk

dilakukan. Untuk langkah selanjutnya dilakukan analisis sensitifitas dengan perubahan parameter kapasitas produksi pembangkit listrik dan perubahan tarif listrik, sebagaimana gambar berikut ini :



Gambar 20. Sensitifitas IRR pada perubahan kapasitas produksi

Pada Gambar 4 terlihat bahwa penurunan kapasitas produksi akan menghasilkan IRR yang semakin rendah. Pola pembebanan pembangkit listrik dengan kapasitas faktor 40% atau kurang dari 40% akan menghasilkan IRR yang nilainya lebih rendah apabila dibandingkan dengan WACC sebesar 7,49%. Dengan demikian, pola pembebanan pembangkit listrik yang disarankan agar pengembangan disain integrasi sistem ini layak secara ekonomis, adalah pada minimum kapasitas faktor 60%.



Gambar 5. Sensitifitas IRR pada perubahan harga listrik per kWh

Pada Gambar 5 terlihat bahwa penurunan harga listrik juga akan menghasilkan IRR yang semakin rendah. Harga listrik sebesar cent US\$ 8 /kWh atau kurang akan menghasilkan IRR yang nilainya lebih rendah apabila dibandingkan dengan WACC sebesar 7,49%. Dengan demikian, harga listrik minimum agar pengembangan disain integrasi sistem ini layak secara ekonomis, adalah sebesar cent US\$ 10 /kWh.

3. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Disain pembangkit listrik dengan mengintegrasikan sistem gas buang dan sistem air pendingin pada gas engine dengan sistem regasifikasi LNG yang menggunakan LNG Vaporizer type shell and tube dapat dilakukan. Dengan flow rate LNG sebesar 4 MMSCFD, dapat menghasilkan daya sebesar 1.723×10^4 kW dengan efisiensi 35,2%.
2. Hasil analisa keekonomian adalah sebagai berikut :
 - a. *Payback Period* selama 4 tahun masih lebih cepat dibanding rencana pengembalian hutang selama 5 tahun.
 - b. Memiliki nilai IRR yang lebih besar dari nilai WACC (7,49%), yaitu IRR 19,7%.
3. Analisis sensitivitas dilakukan untuk melihat sensitivitas nilai IRR terhadap parameter Harga Jual Listrik dalam Rp/kWH, dimana kenaikan tarif jual listrik akan secara langsung menaikkan nilai IRR dan penurunannya akan menurunkan nilai IRR. Asumsi tarif jual listrik yang diambil dalam proyek ini adalah 0,12 USD/kWH atau 12 centUSD/kWH. Untuk nilai IRR minimal 14%, maka tarif jual terendah yang masih bisa digunakan adalah sebesar USD 0,1 per kWh.

Ucapan Terima Kasih

Penulis D mengucapkan terimakasih dan apresiasi yang sangat tinggi kepada PT PLN (Persero) yang telah memberikan dukungan terhadap penyelesaian penelitian ini dan telah memberikan beasiswa kepada penulis D sehingga dapat menyelesaikan jenjang pendidikan program Magister.

Daftar Pustaka

- [1]. Wartsila, 2016. *Wartsila 50DF Product Guide: Vaasa*. Wartsila Corporation.
- [2]. Arif Habibullah and Frank Weldin, 78th Annual GPA Convention. *Cost Reduction Ideas for LNG Terminals: Pasadena, California*. Parsons Energy & Chemical Group Inc.
- [3]. Gavin Towler; Ray Sinnott, 2008. *Chemical Engineering Design- Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. Elsevier
- [4]. Kreith, F.; Boehm, R.F., 1999. *Heat and Mass Transfer Mechanical Engineering Handbook*. CRC Press LLC.
- [5]. Richard Turton; Richard C. Bailie; Wallace B. Whiting; Joseph A. Shaeiwitz, 1998. *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Process: Third Edition*. Prentice Hall PTR