

## PENETAPAN RUTE DAN PERHITUNGAN KEEKONOMIAN PIPA TRANSMISI GAS MUARA BEKASI – MUARA TAWAR MELALUI JALUR LEPAS PANTAI

Asep Handaya Saputra<sup>\*)</sup> dan Ardiansyah

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: sasep@che.ui.ac.id

---

### Abstrak

Sebagai salah satu bentuk penghematan dan konservasi energi, perusahaan pembangkit listrik Muara Tawar akan mengganti Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi gas bumi. Titik suplai terdekat yang dapat memenuhi kebutuhan gas berada dilokasi Muara Bekasi. Oleh karena itu dibutuhkan pipa yang dapat menghubungkan kedua titik tersebut. Tujuan studi ini adalah untuk menghasilkan suatu rancangan sistem perpipaan transmisi gas dari titik suplai gas dengan *tapping point* Muara Bekasi ke perusahaan pembangkit listrik Muara Tawar melalui jalur lepas pantai. Perancangan ini dimulai dengan pengumpulan data teknis dan data suplai-permintaan gas perusahaan pembangkit listrik Muara Tawar, dilanjutkan dengan analisis data, pembuatan rute serta hasil kondisi teknis desain. Standar desain yang digunakan adalah DnV 2000. Kebutuhan gas perusahaan pembangkit listrik Muara Tawar adalah 400 MMSCFD (*Million Standard Cubic Feet per Day*). Dari data sekunder, diperoleh panjang total rute alternatif 3,7 km. Diameter pipa *Carbon Steel* yang digunakan memiliki diameter nominal 22 inch. Tekanan suplai gas adalah 350 psig dengan tekanan di titik *demand* ditetapkan sebesar 500 psig sehingga dibutuhkan kompresor. Pada sistem perpipaan yang dirancang, diperoleh tekanan di titik akhir sebelum masuk kompresor adalah 321,7 psig. Faktor kestabilan pipa pada dasar laut menjadi faktor penentu dan diperoleh berat minimum pipa yaitu 793,16 ton, sedangkan hasil rancangan sebesar 932,6 ton. Berdasarkan nilai tersebut, dapat disimpulkan pipa akan stabil pada dasar laut.

### Abstract

**Muara Bekasi – Muara Tawar Offshore Transmission Pipeline Routing and Economic Analysis.** Power plant Muara Tawar will substitute the need of oil fuel to gas as form of economizing and energy conservation. The nearest supply point to fulfill natural gas needed on Muara Bekasi. So that Power Plant Company needed to develop gas pipeline infrastructure to joining the point. The purpose of this study is to create a system of gas transmission pipeline from gas supply point at Muara Bekasi to Power Plant Muara Tawar trough to offshore area. Design of gas transmission pipeline is started with technical data collection and supply-demand analyzing, continued with data analysis, rute construction and result of condition operation. The standard design of this design is DnV 2000. Gas demand in Power Plant Muara Tawar is 400 MMSCFD. From secondary data had been obtained total length of alternative route 3.7 km. Carbon Steel pipe diameter which had been used 22 inch nominal diameter. Gas supply pressure is 350 psig with pressure of demand point is setted on 500 psig. On pipeline system design the preesure before put in to compressor is around 321.7 psig. The design on bottom stability factor is the main concern. From the design calculation the total minimum pipe weight is 793.16 ton, whereas the design around 932.6 ton. Therefore, the pipe will be stable on bottom of sea.

*Keywords: gas transmission, offshore, pipe stability*

---

### 1. Pendahuluan

Keberadaan BBM sebagai rantai energi mencapai suatu titik kritis yang sejak cadangannya semakin menipis karena eksplorasi secara besar-besaran. Tingkat ketergantungan yang tinggi akan sumber bahan bakar

ini memaksa Indonesia harus mengekspor lebih banyak lagi BBM dengan harga yang semakin tidak murah. Hal inilah yang akhirnya mendorong pencarian energi alternatif sebagai pengganti BBM untuk mencegah adanya krisis energi lebih lanjut. Gas alam adalah sumber energi pengganti terbaik bagi BBM. Selain

sifatnya yang ramah lingkungan, harga yang lebih murah dibandingkan dengan BBM, gas alam juga memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan BBM [1].

Perusahaan pembangkit listrik yang beroperasi untuk mensuplai kebutuhan listrik, mengalami kesulitan dengan terus meningkatnya harga BBM, hal ini dikarenakan menggunakan pembangkit dengan bahan bakar solar (diesel). Pembangkit listrik Muara Tawar merupakan bagian dari pembangkit listrik yang mensuplai kebutuhan listrik untuk wilayah Jawa-Bali dengan kapasitas 920 MW.

Jalur pipa transmisi ini yang akan dirancang akan melintasi wilayah Cilegon sampai dengan Serpong dan diteruskan sampai Muara Tawar (Bekasi), dimana gas bumi akan digunakan sebagai pembangkit listrik.

Dengan adanya permintaan energi listrik yang meningkat diperlukan suatu suplai bahan bakar yang lebih murah, ramah lingkungan, dan memiliki kandungan energi yang lebih besar. *Station* pipa transmisi utama South Sumatra-West Java mampu mensuplai gas dengan debit yang sangat besar yakni 400 MMSCFD. Namun sampai saat ini belum ada infrastruktur pipa yang mensuplai gas alam dari jaringan pipa transmisi utama Sumatera Selatan-Jawa Barat langsung menuju pembangkit listrik Muara Tawar. Karena itu diperlukan pembangunan infrastruktur perpipaan gas untuk mendorong pemanfaatan gas alam sebagai bahan bakar utama pembangkit Muara Tawar.

Perancangan pipa transmisi yang dapat dilakukan untuk mengalirkan gas alam dari *tapping point* Muara Bekasi menuju pembangkit Muara Tawar yaitu dengan membangun jalur pipa lepas pantai (*offshore transmission pipeline*). Dipilih jalur lepas pantai ini karena jarak terdekat diperoleh jika pipa melintasi jalur laut.

Batasan yang digunakan dalam perancangan sistem perpipaan adalah sebagai berikut:

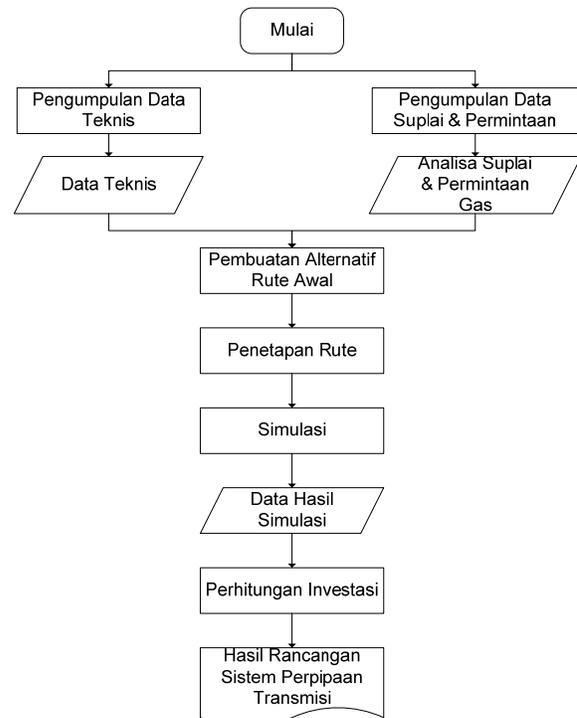
1. Sumber suplai gas diperoleh dari pipa transmisi utama Sumatera Selatan - Jawa Barat dengan *landing point* di Muara Bekasi.
2. Temperatur gas di dalam sistem pipa transmisi dianggap konstan yaitu 30°C.
3. Perancangan dilakukan dengan tidak mempertimbangkan aksesoris pipa yang lebih rinci.
4. Kondisi topografi permukaan laut tidak ditinjau lebih jauh
5. Perancangan tidak memperhitungkan dampak sosial dan lingkungan
6. Gas yang didistribusikan adalah gas dengan komposisi yang sesuai dengan standar yang digunakan di Perusahaan Gas Negara (PGN).

Beberapa pertimbangan yang digunakan dalam pemilihan rute adalah sebagai berikut [2]:

1. Lokasi rute awal dibuat sedekat mungkin dengan lokasi konsumen dengan dasar penekanan *cost* pembangunan jalur pipa. Semakin panjang rute yang tidak ekonomis maka akan menurunkan nilai kelayakan proyek.
2. Lokasi rute awal memperhatikan lokasi titik suplai dan infrastruktur gas yang telah ada agar *in point* dan *out point* yang telah *existing* pada konsumen dapat dipergunakan.
3. Total panjang rute diusahakan sekecil mungkin agar memiliki panjang rute terpendek dengan tetap memperhatikan lokasi persebaran permintaan dan infrastruktur gas di atas.
4. Rute yang dilalui sepanjang perairan harus memiliki aktivitas yang rendah untuk mencegah timbulnya kerusakan terhadap pipa dikarenakan aktivitas, seperti penurunan jangkar, aktivitas penangkapan ikan dengan menggunakan bahan peledak.

## 2. Metode Penelitian

Diagram alir perancangan sistem perpipaan transmisi gas dari Muara Tawar ke Muara Bekasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan

Penyediaan data teknis diperlukan untuk mengambil suatu keputusan mengenai rute yang akan dibuat. Data teknis yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Data peta diperoleh dari *Google Earth™* yang diakses pada tanggal 10 Maret 2008 untuk peta hasil penginderaan satelit.
2. Data peta topografi dari *MSN Live Maps Search* untuk pencitraan kontur laut serta kondisi jalur lintasan pipa. Peta dan citra satelit ini terutama digunakan dalam pembuatan rute alternatif pipa, serta mengidentifikasi penyebaran pemukiman dan kepadatan penduduk.
3. Data standar perancangan sistem perpipaan transmisi gas DnV 2000 [3].
4. Data standar komposisi gas, nilai kalor bahan bakar.

Penyediaan data dimaksudkan untuk mempertimbangkan faktor penyediaan gas terhadap pengguna, dengan menyajikan data suplai dan permintaan maka faktor ukuran pipa dapat dioptimasi sesuai kebutuhan untuk sekarang dan perkiraan dimasa yang akan datang. Data suplai dan permintaan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Data industri, restoran/rumah makan, rumah sakit dan hotel [4].
2. Data keekonomian

Rute awal dibuat sebagai dasar untuk menentukan titik survei dengan berdasarkan data peta geografis dan peta topografi. Penetapan rute dilakukan berdasarkan data hasil survey, kondisi kontur dasar laut, serta aktivitas bahari dan lokasi konsumen. Rute awal dibuat

disesuaikan dengan data hasil survei. Pertimbangan pemilihan rute adalah jarak terpendek, memiliki aktivitas bahari yang rendah serta tidak melewati daerah yang rawan bencana [2]. Pekerjaan ini kemudian dilanjutkan dengan survei untuk memeriksa kelayakan rute dan melihat kondisi yang sesungguhnya di lapangan.

Simulasi dilakukan menggunakan program perhitungan *Microsoft Excel* setelah dibuat suatu algoritma untuk menghitung diameter pipa secara manual dan penentuan kestabilan pipa. Pada simulasi digunakan persamaan dari *Panhandell A* untuk menghasilkan diameter yang optimal dari rancangan. Diagram alir penentuan kestabilan pipa pada dasar laut ditunjukkan pada Gambar 2.

Perhitungan keekonomian meliputi perhitungan biaya investasi, analisis kelayakan ekonomi, dan analisis sensitifitas.

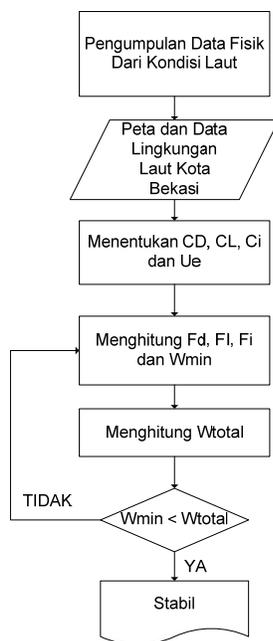
### 3. Hasil dan Pembahasan

Suplai gas diperoleh dari pipa transmisi Sumatera Selatan-Jawa Barat yang sudah lebih dahulu dibangun. Sistem transmisi dibuat berdasarkan *demand driven*, sehingga besarnya suplai gas yang diambil dari pipa transmisi Sumatera Selatan - Jawa Barat untuk pipa transmisi Muara Bekasi - Muara Tawar diasumsikan konstan sebesar 400 MMSCFD. Dari pipa tersebut diharapkan seluruh kebutuhan gas untuk pembangkit Muara Tawar dapat terpenuhi dan pembangunan sistem perpipaan transmisi gas dari Muara Bekasi ke Muara Tawar memungkinkan.

Perancangan sistem perpipaan transmisi gas ini menggunakan 2 alternatif penentuan rute, dimana setiap rute mempertimbangkan jarak dan medan yang dilalui, sehingga perlu adanya rute awal dan rute alternatif. Dengan mempertimbangkan berbagai hal di atas, maka diperoleh dua alternatif rute awal (Tabel 1):

1. Rute I, yaitu rute pipa yang melintasi wilayah tambak dan daerah rawa teluk Bekasi (3,8 km).
2. Rute II, yaitu rute pipa yang melalui jalur perairan sekitar 5 km dari ujung pantai teluk Bekasi (3,7 km).

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan aktivitas wilayah perairan yang tinggi pada rute alternatif I maka akan sangat dimungkinkan timbulnya kerusakan pada pipa pascakonstruksi, sehingga rute yang ditentukan atau terpilih adalah rute II, dimana penetapan rute ini memperhitungkan panjang pipa dari titik survei hingga ke titik permintaan gas. Selain itu, aktivitas bahari rendah serta jarak pipa dari bibir pantai cukup jauh yaitu sekitar 3 km menjadi pertimbangan terhadap rute II, hal ini didasarkan pada faktor keselamatan operasi.



Gambar 2. Diagram Alir Penentuan Kestabilan Pipa

Tabel 1. Perbandingan Tiap Rute

Rute	Keuntungan	Kerugian
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investasi kecil</li> <li>Resiko keselamatan tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivitas bahari tinggi</li> <li>Rute jauh</li> </ul>
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rute pendek</li> <li>Jauh dari bibir pantai</li> <li>Aktivitas bahari rendah</li> <li>Topografi laut relatif seragam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investasi menengah</li> <li>Membutuhkan teknologi yang tinggi</li> </ul>

Penentuan diameter pipa dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan aliran gas dalam pipa, yaitu persamaan *Panhadell A*. Persamaan *Panhadell A* ditunjukkan oleh persamaan (1).

$$Q = 435,87 \times (T_b/P_b)^{1,0778} \times D^{2,6182} \times E \times \left[ \frac{P_1^2 - P_2^2 - \frac{0,0375 \times G \times (h_2 - h_1) \times P_{avg}^2}{T_{avg} \times Z_{avg}}}{G^{0,8539} \times L \times T_{avg} \times Z_{avg}} \right]^{0,5394} \quad (1)$$

dengan

- Q = 400 MMSCFD    T<sub>b</sub> = 537 R
- Δh = 110 ft        P<sub>avg</sub> = 338,41 psi
- P<sub>1</sub> = 350 psia     E = 1
- T = 546 R        P<sub>2</sub> = 320,3 psia
- P<sub>b</sub> = 14,7 psia    L = 2,31 mile

Penggunaan persamaan ini harus memperkirakan tekanan akhir pada *end point* dari rancangan. Dari data lapangan yang diperoleh bahwa *tapping point* Muara Bekasi memiliki tekanan operasi pipa sebesar 350 psia. Kondisi ini tentu akan berada jauh di bawah tekanan operasi turbin yaitu 500 psia, oleh karena itu diperlukan adanya penambahan kompresor agar tekanan dapat ditingkatkan menjadi 500 psia.

Filosofi desain dasar terhadap peletakan kompresor harus menjadi acuan penting. Pada rancangan ini kompresor diletakkan pada *end point* Muara Tawar. Hal ini didasarkan pada pertimbangan teknis terhadap kompresor tersebut. Hasil perhitungan dari diameter pipa yang diperoleh untuk rancangan ini adalah sebagai berikut :

- a. Penentuan diameter pipa dan P<sub>akhir</sub> dengan kondisi Q tetap (Tabel 2).
- b. Penentuan P<sub>akhir</sub> dan Q dengan kondisi diameter pipa tetap (Tabel 3).

Dengan hasil variasi terhadap diameter pipa dan laju alir dapat disimpulkan bahwa diameter pipa yang sesuai dengan kondisi persyaratan yaitu, pipa dengan ukuran 22 inch. Syarat ASME B.31 menyatakan bahwa kecepatan gas dalam aliran pipa harus berada dibawah

Tabel 2. Hasil Perhitungan Diameter Pipa Kondisi Q Tetap

Q (MMSCFD)	P <sub>akhir</sub> (psia)	D (inch)	Us (m/s)	Ue (m/s)
400	323,0	22,21	20,92	32,67
400	322,8	22,17	21,00	32,67
400	322,7	22,15	21,04	32,66
400	322,5	22,13	21,08	32,66
400	322,1	22,05	21,25	32,65
400	321,7	21,99	21,35	32,66
400	321,5	21,96	21,44	32,64
400	321,2	21,95	21,45	32,63
400	320,9	21,87	21,64	32,62

Tabel 3. Hasil Perhitungan Q dengan kondisi Diameter Pipa Tetap

D (inch)	Q (MMSCFD)	P <sub>akhir</sub> (psia)	Us (m/s)	Ue (m/s)
22	538,6	300	29,68	31,13
22	510,4	305	27,92	32,25
22	480,3	310	26,09	32,37
22	447,9	315	24,15	32,48
22	412,9	320	20,10	32,60
22	405,5	325	21,68	32,62
22	401,7	330	21,46	32,64
22	400,2	335	21,37	32,64
22	412,8	340	22,10	32,60

Tabel 4. Desain Kompresor

Compressor type	Centrifugal
Design capacity	93,697 kg/h
Design adiabatic head	7,275 m
Design polytropic head	7,390 m
Gas power	2,476 kW
Mechanical losses	19,100 kW
Design power	2,495 kW
Driver power	3.500 hp

30,84 m/s [5]. Dari hasil yang diperoleh kecepatan gas dari rancangan yaitu 21,37 m/s. Sehingga disimpulkan kecepatan aliran gas didalam pipa memenuhi aturan ASME B.31 dan persyaratan dengan menggunakan batasan kecepatan erosional [6]. Untuk menaikkan tekanan gas dalam pipa dari 321,7 psia menjadi 500 psia, maka dibutuhkan kompresor. Data desain kompresor ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 5. Tabel Pembiayaan Proyek Pembangunan Pipa Transmisi Gas Alam**

Deskripsi	Biaya Total (US\$)
Material [8]	1.104.975
Kompresor	6.244.426
Konstruksi dan Instalasi [9]	2.575.000
Testing and Pre Commissioning	405.500
Commissioning	143.000
Total Investasi	10.329.901

Penentuan kestabilan pipa pada dasar laut didasarkan atas adanya gaya-gaya yang bekerja dan mempengaruhi kestabilan pipa yang berada pada dasar laut, diantaranya yaitu gaya geser, gaya apung dan gaya inersia dari pipa tersebut. Pada perancangan ini diasumsikan bahwa kondisi *seabed* memiliki kontur yang datar (*flat*), dan dasar dari seabed merupakan batu kerikil (*gravel*) [7]

$W_{min}$  adalah berat minimum dari pipa dan *concrete* yang berada didalam permukaan laut per satuan panjang. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh  $W_{total\ rancangan} = 793,16$  ton dan massa pipa berikut dengan *concrete* adalah  $W_{(pipa + concrete)} = 932,6$  ton. Karena  $W_{(pipa + concrete)}$  lebih besar  $W_{total\ rancangan}$ , maka pipa dalam batas kondisi yang ditentukan diatas tidak akan mengalami pergeseran akibat adanya perubahan yang disebabkan oleh arus maupun gelombang laut. Penentuan komponen biaya pada perancangan ini disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil perhitungan aliran kas dengan menggunakan margin sebesar 0.10 US\$/MMBtu sebagai kasus dasar, tingkat diskonto yang digunakan adalah sebesar 5%. Tingkat diskonto sebesar 5% digunakan berdasarkan tingkat suku bunga Sertifikat Bank Indonesia (SBI) untuk mata uang US\$. Berdasarkan perhitungan aliran kas kasus dasar didapat NPV pada tahun 2023 sebesar 97,96 juta US\$ dengan IRR sebesar 67,79 %, *payback period* 8,16 bulan, dan rasio B/C 10,4. [10].

#### 4. Simpulan

Rute jalur pipa transmisi dari Muara Bekasi ke Muara Tawar yang paling baik yaitu melalui perairan sekitar 5 km dari ujung pantai teluk Bekasi. Kondisi pipa yang

digunakan pada rancangan ini yaitu ukuran diameter 22 inch, ketebalan 0,376 inch dengan laju alir 21,37 m/detik, jenis pipa adalah pipa baja API 5L X65 dengan panjang pipa 3,7 km. Hasil *bottom stability analysis* menunjukkan bahwa pipa tidak akan mengalami perubahan posisi akibat adanya faktor eksternal. Biaya yang diperlukan untuk pembangunan proyek ini sebesar US\$ 10.329.901, dengan IRR sebesar 67,79 %, NPV 97,96 Juta US\$, B/C rasio 10,4 dan lama tingkat pengembalian modal selama 8,16 bulan.

#### Daftar Acuan

- [1] Pengkajian Energi Universitas Indonesia, Indonesia Energy Outlook and Statistics 2006, PEUI, Depok, 2007.
- [2] BP West Java Ltd, EPCI Cost Estimate Summary and Crude Pipeline Configuration, 2008.
- [3] Guo, Boyun, Shanhong Song, Ph.D., Ali Ghalambor, Jacob Chacko, Offshore Pipeline, Gulf Professional Publishing, Oxford - UK, 2005. p.281
- [4] DnV OS F101, Offshore Standard Submarine Pipeline Design, Det Norske, Veritas, Norway, 2000.
- [5] N. Ilham, Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia, 2007.
- [6] Subrata Chakrabarti, Handbook Of Offshore Engineering, Elsevier Ltd., Oxford-UK, 2005, p.1269.
- [7] The American Society of Mechanical Engineers, ASME B.31-8 1995 Edition: Gas Transmission and Distribution Piping Systems, ASME, USA, 1995
- [8] E.W. McAllister, Pipeline Rules of Thumb Handbook, 2nd ed., Gulf Publishing Company, Texas, 1992, p.681.
- [9] A.H. Mousseli, Offshore Pipeline Design, Analysis, and Methods, Penwell Books, Tulsa, 1981, p.193.
- [10] Klaus D. Timmerhaus &, Max S. Peter, Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 4<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill, Singapore, 1991, p. 910.