

Analisa Performa Kapasitas Alir Pipa Transmisi Gas Bumi *Open Access*, Studi Kasus Pipa Transmisi Gas Bumi Ruas X-Y

Risdiyanta

KEMENTERIAN ESDM, PPSDM MIGAS, Blora

INFORMASI NASKAH

Diterima : 30 Juli 2023
Direvisi : 18 November 2023
Disetujui : 24 November 2023
Terbit : 25 November 2023

Email korespondensi:
risdiyanta@esdm.go.id

Laman daring:
<https://doi.org/10.37525/mz/2023-2/479>

ABSTRAK

Peran Gas bumi dalam transisi energi rendah karbon sebelum menuju *Net Zero Emission* (NZE) sangatlah penting karena bisa menjembatani perubahan energi fosil (Minyak bumi dan batubara) ke energi terbarukan. Pada bauran energi nasional tahun 2022 gas bumi sebagai bahan bakar menempati porsi konsumsi terbesar ketiga konsumsi setelah minyak bumi dan batubara. Untuk pemanfaatan gas bumi maka pemerintah terus berupaya membangun infrastruktur gas bumi seperti pipa Transmisi, pipa distribusi dan jaringan gas. Pipa transmisi adalah sarana transportasi untuk mengangkut Gas Bumi produsen gas ke pipa distribusi menuju konsumen. Sedangkan pipa *Open Access* adalah pipa transmisi yang menurut peraturan pemerintah c.q BPH Migas adalah pipa *transporter* yang bisa dimanfaatkan bersama antar produsen gas atau jaringan distribusi yang ditetapkan dengan mempertimbangkan sumber gas berdasarkan rencana pembangunan pemerintah dan atau usulan BPH Migas dan atau usulan badan melalui mekanisme lelang oleh BPH Migas. Penelitian ini menggunakan metode analisa deskriptif - kuantitatif, menggunakan persamaan *Panhandle A*, dengan *EOS Peng Robinson* (PR), dengan parameter *pipeline* gas alam sepanjang 200 km, tekanan *input* pada *pipeline* sebesar 900-1065 Psia, *flowrate* sebesar 100 MMSCFD, dari hasil Analisa didapatkan bahwa semua rumus empiris dan simulasi dapat digunakan untuk memprediksi nilai kapasitas alir maksimal dengan baik pada segmen pipa sangat panjang dengan menggunakan *software Pipeline Studio*.

Kata kunci : gas bumi, *linepack*, pipa transmisi

ABSTRACT

The role of natural gas in the low-carbon energy transition prior to Net Zero Emissions (NZE) is very important because it can bridge the change from fossil energy (petroleum and coal) to renewable energy. In the national energy mix in 2022 natural gas as a fuel occupies the third largest consumption portion after oil and coal. For the utilization of natural gas, the government continues to strive to build natural gas infrastructure such as transmission pipelines, distribution pipelines and gas networks. Transmission Pipeline is a means of transportation for transporting natural gas as gas producers to distribution pipes to consumers. While the open access pipeline is a transmission pipe which according to government regulations c.q BPH Migas is a transporter pipe that can be shared between gas producers or a distribution network that is determined by considering the source of gas based on government development plans and or BPH Migas proposals and or agency proposals through an auction mechanism by BPH Migas. This study uses a descriptive-quantitative analysis method, using the Panhandle A equation, with EOS Peng Robinson (PR), with the parameters of a 200 km natural gas pipeline, input pressure in the pipeline of 900-1065 Psia, flow rate of 100 MMSCFD, from the analysis results obtained that all empirical formulas and simulations can be used to predict the value of maximum flow capacity properly in long pipeline segments using Pipeline Studio software

Keywords : Natural gas, Linepack, Transmission Pipeline

PENDAHULUAN

Untuk dapat mencapai sistem energi rendah karbon yang sesuai dengan target Perjanjian Paris, ketenagalistrikan dan transportasi menjadi dua sektor prioritas untuk melakukan proses dekarbonisasi. Proses ini membawa konsekuensi dan berdampak pada sektor-sektor industri lainnya. Untuk proses transisi yang dilakukan berkeadilan (*just transition*) maka dampak tersebut perlu diantisipasi dan disiapkan responnya (Jannata Giwangkara, 2020)

Arah kebijakan energi nasional ke depan yaitu transisi dari energi fosil ke energi terbarukan menjadikan peran gas bumi sebagai energi transisi menjadi lebih penting, antara lain lantaran faktor emisi karbonnya yang lebih rendah daripada minyak bumi. Sumber energi bersih ini akan berkembang terutama di seluruh Asia Pasifik.

Gas bumi merupakan energi primer ketiga yang paling banyak digunakan di dalam negeri setelah minyak bumi dan batubara. Untuk itu gas bumi memegang peranan penting dalam kebijakan bauran energi (*energy mix policy*) di Indonesia. Pemerintah secara agresif terus mendorong pemanfaatan gas bumi domestik, diantaranya melalui pembangunan infrastruktur gas bumi (pipa dan LPG/CNG/LNG) untuk menstimulasi industri

dalam negeri dan menjaga lingkungan hidup yang lebih bersih (Kementerian ESDM Republik Indonesia, 2018)

Pada tahun 2021, total produksi energi primer yang terdiri dari minyak bumi, gas bumi, batubara, dan energi terbarukan mencapai 481 juta TOE. Sebesar 58,2% atau 280 juta TOE dari total produksi tersebut di ekspor terutama batubara dan LNG. Namun, Indonesia juga melakukan impor energi terutama minyak mentah dan produk BBM sebesar 49 juta TOE, serta sejumlah kecil batubara kalori tinggi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan sektor industri baja (Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional (DEN), 2022)

Dalam rangka memenuhi kebutuhan bahan bakar gas dalam negeri, khususnya industri maupun pembangkit listrik, pemerintah terus meningkatkan pembangunan infrastruktur dan pembangunan transmisi pipa gas. Antara lain, pipa Cirebon-Semarang tie in *West Natuna Transportation System* (WNTS)-Pemping dan ruas KEK Sei Mangkei-Dumai. Selain itu, pengembangan pipa LNG skala kecil dan virtual untuk mengamankan pasokan energi di daerah-daerah yang terkendala faktor geografis, seperti di pulau-pulau kecil terutama yang berlokasi di bagian timur Indonesia.

Pengoperasian jaringan pipa gas secara *open acces* lebih rumit dibandingkan dengan pengoperasian jaringan pipa gas yang tujuannya hanya untuk perniagaan (tidak untuk tujuan pengangkutan). Sebagai contoh, untuk operasi jaringan pipa yang hanya digunakan untuk perniagaan, maka gas yang terdapat didalam jaringan pipa tersebut adalah milik si pemilik jaringan, sehingga jika terjadi perbedaan hasil pengukuran antara volume gas yang dimasukkan dan yang dikeluarkan dari sistem jaringan tidak akan menimbulkan permasalahan. Hal ini berbeda pada operasi jaringan pipa gas *open access*, perbedaan hasil pengukuran tersebut tentu akan menjadi permasalahan bagi para *shipper* (pengguna jaringan pipa), terutama jika terjadi hasil pengukuran volume gas yang dimasukkan kedalam jaringan lebih besar dari hasil pengukuran volume gas yang dikeluarkan dari jaringan. Mereka akan bertanya kenapa terjadi selisih dan dimana keberadaan selisih volume gas tersebut, apakah hilang atau tersimpan didalam jaringan pipa gas. Ini hanya contoh sederhana dari sekian banyak permasalahan yang dapat timbul dalam pengoperasian jaringan pipa gas secara *open access*. Oleh sebab itu didalam operasi jaringan pipa *open acces* dibutuhkan adanya suatu sistem manajemen gas untuk mengelola berbagai persoalan didalam operasi pipa, baik persoalan teknik maupun komersial. Sistem tersebut lebih umum dikenal sebagai *Gas Management System* (GMS).

Berdasarkan hal diatas maka dilakukan analisis pola operasi untuk menghitung kapasitas maksimal laju alir pipa transmisi *open access* pipa transmisi X, Pipa transmisi X mempunyai panjang 200 km dan existing *flowrate* 100 MMSCFD (*Million Standard Cubic Feet/Day*). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis performance dan simulasi untuk mengetahui kapasitas jaringan pipa transmisi sehingga bisa dimanfaatkan secara optimal, sehingga bisa diketahui penambahan suplai dari kapasitas *existing* yang ada akan menguntungkan pihak pemilik pipa transmisi (*transporter*), produsen gas (*shipper*) dan konsumen (*off taker*).

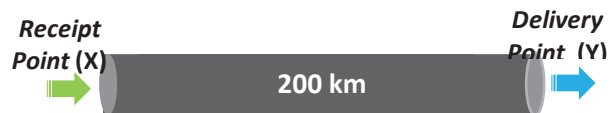
Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan dan simulasi dengan menggunakan persamaan Panhandle A untuk menentukan kapasitas maksimal

pipa transmisi X meliputi, perhitungan laju alir/ *flow rate* dan *linepack* (*flowing*, minimum dan maksimum) sehingga diperoleh laju alir/ *flowrate* yang sesuai dengan kapasitas alir maksimal dari pipa transmisi X. Dalam melakukan analisis performa pipa kapasitas alir pipa dibutuhkan data-data dari lapangan yang kemudian dilakukan perhitungan yang dilakukan dengan *software pipeline studio*.

Data lapangan yang perlukan antara lain komposisi gas alam, panjang pipa, diameter pipa, tekanan operasi di pengiriman dan penerimaan

Panjang pipa transmisi adalah 200 km, laju alir/ *flow rate* 100 MMSCFD dengan ketebalan pipa 28 *inch* dan tekanan operasi maksimum adalah 1065 psia dengan tekanan di penerimaan 900 psia sesuai dengan ilustrasi gambar 1. Pipa Transmisi Gas Bumi Ruas X-Y.

Setelah itu dilakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:



Gambar 1. Pipa Transmisi Gas Bumi Ruas X-Y

- a. Menghitung Tekanan operasi pipa minimum di *receipt point* (X), sedemikian rupa agar tekanan gas pada *delivery point* (Y) memenuhi tekanan *delivery point* minimum yang dibutuhkan sebesar 900 psia.

Penentuan diameter pipa dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan aliran gas dalam pipa, yaitu persamaan Panhandle A (Saputra & , 2010).

Tekanan *receipt point* (X) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan empiris aliran gas Panhandle-A, sebagai berikut:

$$Q = 435,87 E \left(\frac{T_b}{P_b}\right)^{1,0788} \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{SG^{0,8539} T_f LZ}\right)^{0,5394} D^{2,6182} \dots(1)$$

Dimana:

- Q = volume flow rate, standard ft³ /day (SCFD)
- E = pipeline efficiency, a decimal value less than 1.0
- P_b = base pressure, psia

- $T_b = \text{base temperature, } ^\circ\text{R (460 + } ^\circ\text{F)}$
- $P_1 = \text{upstream pressure, psia}$
- $P_2 = \text{downstream pressure, psia}$
- $G = \text{gas gravity (air = 1.00)}$
- $T_f = \text{average gas flow temperature, } ^\circ\text{R (460 + } ^\circ\text{F)}$

$E = \text{Efisiensi pipa, diasumsikan } 0,95$ (Menon, 2013).

Untuk memperkirakan perilaku fasa dan konstanta kesetimbangan fasa gas-cairan sistem gas kondensat (kecuali komponen berat C7+) dapat digunakan model komposisi persamaan keadaan Peng-Robinson (Singarimbun et al., 2002).

b. UAG merupakan nilai yang menggambarkan selisih neraca gas antara gas yang masuk dan jumlah gas yang disalurkan. Ada banyak hal yang dapat menyebabkan UAG, salah satu diantaranya adalah variasi *linepack* gas dalam pipa. *Linepack* adalah jumlah stok gas yang tersimpan pada jaringan perpipaan (Noorratri dan Laode Firman, 2019).

Menghitung *Flowing Linepack*, yaitu *linepack* pada kondisi butir (a), satuan *linepack* adalah MMSCF (*Million Standard Cubic Feet*).

Flowing Linepack adalah jumlah gas minimum yang dibutuhkan terdapat didalam pipa untuk menciptakan adanya suatu gradien tekanan (*pressure gradient*) sedemikian rupa sehingga dapat menimbulkan tekanan pada *delivery point* sebesar minimum *delivery pressure* yang telah ditentukan pada titik serah tersebut.

$$LP_{flow} = [1,193 \times 10^{-5}] \left[\frac{T_s}{Z_{av} T_{av} P_s} \right] \left[\frac{P_1^3 - P_2^3}{P_1^2 - P_2^2} \right] LD_i^2 \quad (2)$$

Dimana:

- $LP = \text{Volume Linepack, MMSCF}$
- $D_i = \text{Diameter bagian dalam pipa, inch}$
- $P_1 = \text{Tekanan inlet pipa, psia}$
- $P_2 = \text{Tekanan outlet pipa, psia}$
- $L = \text{Panjang pipa, km}$
- $S = \text{Specific gravity gas}$
- $T_s = \text{Temperatur Standar, } ^\circ\text{R}$
- $P_s = \text{Tekanan Standar, Psia}$
- $Z_{av} = \text{Faktor kompresibilitas gas rata-rata}$
- $T_{av} = \text{Temperatur gas rata-rata dalam pipa, } ^\circ\text{R}$

c. Menghitung Tekanan gas pada Initial Fill atau kondisi belum ada laju alir gas. Sebelum pipa dioperasikan untuk pengangkutan, maka sejumlah gas sebagaimana yang dihitung pada jawaban pertanyaan (b) harus terlebih dahulu diisikan kedalam pipa. Gas yang dimasukkan ini sering disebut sebagai Initial Fill, yang pada umumnya adalah gas milik transporter.

$$P_{av} = \frac{2}{3} \left[(P_1 + P_2) - \frac{P_1 P_2}{(P_1 + P_2)} \right] \dots \dots \dots (3)$$

Pada tekanan ini maka jumlah gas di dalam pipa akan sama besarnya dengan *flowing linepack*

d. Menghitung Tekanan operasi pipa di receipt (X) dan delivery point (Y) pada kondisi minimum *linepack*, minimum *linepack* adalah kondisi laju alir gas pada initial fill dengan penambahan laju alir untuk kondisi contingency and emergency, apabila jumlah volume gas di dalam pipa untuk mengantisipasi contingency dan emergency *linepack* adalah ditentukan 1 jam dari flow rate gas.

$$Contingency \text{ and Emergency Linepack} = Q_G \frac{\text{Hour Time of Emergency \& Contingency}}{24} \dots \dots \dots (4)$$

e. Menentukan tekanan operasi pipa pada receipt dan delivery points pada operasi *linepack* minimum dilakukan tahapan sebagai berikut:

- o Tekanan *receipt point* yang dibutuhkan untuk *flowing linepack* yaitu sebesar $P_{Flow RP} = 915$ psia, berangsur - angsur dinaikkan sebesar 1 psia, dan pada setiap kenaikan 1 psia ini, hitunglah tekanan pada *delivery point* dengan menggunakan persamaan Panhandle A dan *linepack* -nya dengan menggunakan persamaan perhitungan *linepack* pada laju alir 100 MMSCFD.
- o Langkah tersebut di atas diteruskan hingga hasil perhitungan mencapai *minimum linepack*.
- o Hasil perhitungan tekanan *receipt point* dan *delivery point* pada langkah (b) adalah merupakan tekanan operasi *minimum linepack*.

f. Menghitung kapasitas alir gas maksimum dalam pipa, maka tekanan gas pada receipt point (X) diset pada tekanan maksimum operasi yang

diizinkan yaitu 1065 psia sehingga diperoleh tekanan gas pada delivery point (Y).

- g. Menghitung maximum linepack, yaitu linepack pada kondisi butir (f) Sebagaimana telah dihitung pada jawaban pertanyaan (f), untuk mengalirkan 290 MMSCFD dengan tekanan pada receipt point X (P1) di set pada tekanan maksimum sebesar 1065 psia, sehingga diketahui nilai tekanan pada delivery point Y (P2).

Dengan persamaan

$$LP_{flow} = [1,193 \times 10^{-5}] \left[\frac{T_s}{Z_{av} T_{av} P_s} \right] \left[\frac{P_1^3 - P_2^3}{P_1^2 - P_2^2} \right] LD_i^2$$

Akan didapat Nilai *Maximum Linepack*

h. Linepack Flexibility

Linepack Flexibility adalah selisih volume *linepack* maksimum dengan minimum yang nilainya semakin kecil dengan bertambahnya laju alir gas dalam pipa

TUJUAN DAN BATASAN PENELITIAN

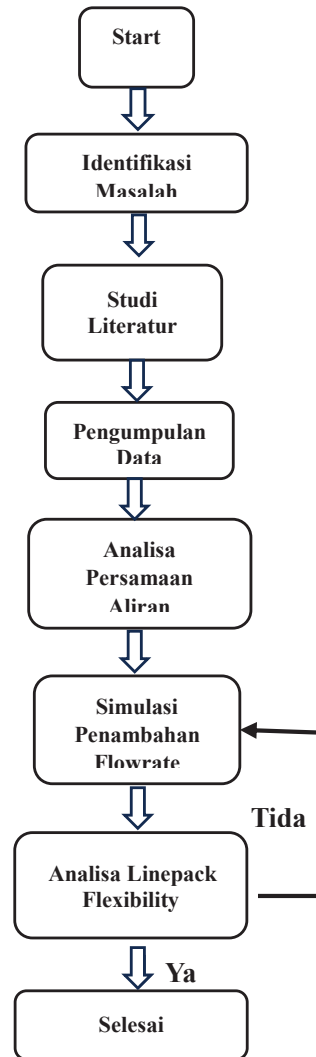
1. Tujuan Penelitian adalah menentukan analisis kapasitas minimum dan maksimum laju alir gas bumi dalam pipa transmisi *open acces*.
2. Batasan Masalah
 - a. Perhitungan *linepack* dilakukan dengan cara manual dan menggunakan simulator yang dilakukan dalam mode *steady state*.
 - b. Simulator yang digunakan adalah *Pipeline Studio*.
 - c. Jaringan dianggap horisontal tanpa ada perbedaan elevasi.
 - d. Kekasaran pipa adalah 0.0018 in (*carbon steel*)
 - e. Segmen pipa yang dianalisis adalah ruas pipa X-Y, salah satu ruas Pipa transmisi *open acces* Pulau Jawa dengan diameter 28 in dan panjang 200 km.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan menyelesaikan penelitian ini dengan metode empirik yang dapat dijelaskan melalui diagram alir atau flowchart gambar 2.

Dari studi pustaka/literatur didapat formula/ rumus untuk EOS/persamaan keadaan gas sebagai fluida yang mengalir, persamaan laju alir gas

dalam pipa, persamaan hidrolika fluida dalam pipa dan persamaan perhitungan *linepack*. Kemudian data-data yang diperoleh dari kondisi riil meliputi panjang pipa, diameter pipa, komposisi gas bumi dan perbedaan tekanan di hulu/*receipt point* dan hilir/*delivery point*



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan analisis performa pipa kapasitas alir pipa dibutuhkan data-data dari lapangan yang kemudian dilakukan perhitungan yang dilakukan dengan *software pipeline studio*.

Data lapangan yang perlukan antara lain komposisi gas alam, panjang pipa, diameter pipa, tekanan operasi di pengiriman dan penerimaan.

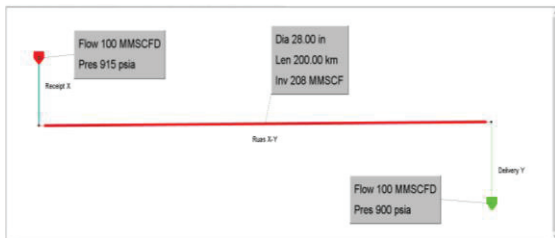
Tabel 1. Data komposisi gas bumi

No	Komponen	% Mol
1	Methane (C1)	90.1090
2	Ethane (C2)	3.1813
3	Propane (C3)	1.0646
4	Isobutane (iC4)	0.2086
5	N-Butane (NC4)	0.2314
6	N-Pentane (NC5)	0.0010
7	Carbon Dioxide (CO2)	4.6951
8	Nitrogen (N2)	0.5069
9	Water (H2O)	0.0010
Jumlah		100

Panjang pipa transmisi adalah 200 km, laju alir/flow rate 100 MMSCFD dengan ketebalan pipa 28 inch dan tekanan operasi maksimum adalah 1065 psia dengan tekanan di penerimaan 900 psia. Setelah itu dilakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

a. Simulasi kondisi *flowing Linepack*

Flowing linepack adalah kondisi operasi dimana penerima/*off taker* akan memperoleh gas sesuai dengan tekanan yang dipersyaratkan pada perjanjian jual beli gas dengan produsen/*shipper* dengan laju alir sebesar 100 MMSCFD, seperti yang diilustrasikan pada gambar 3 tentang simulasi kondisi *flowing linepack*.



Gambar 3. Simulasi Kondisi *Flowing Linepack*

Pada kondisi tersebut diperoleh hasil perhitungan, tekanan pengiriman di *receipt point* X adalah 915 psia, tekanan penerimaan di *delivery* Y adalah 900 psia dengan volume *linepack* 208 MMSCF.

b. Simulasi Kondisi Minimum *Linepack*

Minimum adalah kondisi operasi dimana penerima/*off taker* akan memperoleh gas diatas tekanan yang dipersyaratkan pada perjanjian jual beli gas dengan produsen/*shipper* dengan flowrate 100 MMSCFD, karena ada penambahan *linepack*

yang dikenal dengan *emergency & contingency*, dengan besaran *emergency & contingency* adalah 1 jam operasi. Untuk menghitung *minimum linepack* dilakukan dengan coba-coba sampai didapatkan nilai *minimum linepack*, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &Min. LP \\ &= Flowing LP \\ &+ Emergency \& Contingency ... (5) \end{aligned}$$

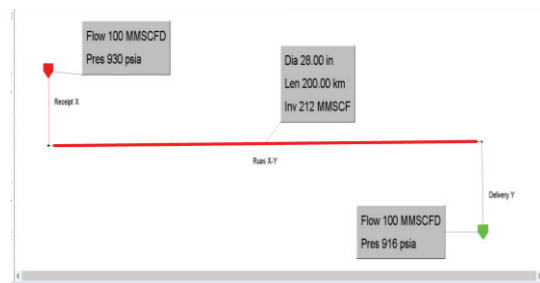
$$\begin{aligned} Min. Linepack &= 208 + [(1/24) \times 100] \\ &= 212 \text{ MMSCF} \end{aligned}$$

Untuk menghitung kondisi minimum *Linepack* dengan *trial and error*, menambahkan nilai tekanan *receipt point* (X) sebesar 5 psia sampai didapat nilai *Linepack* 212 MMSCF, seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2. Tekanan pada *Receipt* dan *Delivery Point* Pada Minimum *Linepack*

Laju Alir MMSCFD	Tekanan Receipt Point (X) (psia)	Tekanan Delivery Point (Y) (psia)	Minimum Linepack (MMSCF)
100	915	900	208
100	920	905	209
100	925	911	211
100	930	916	212

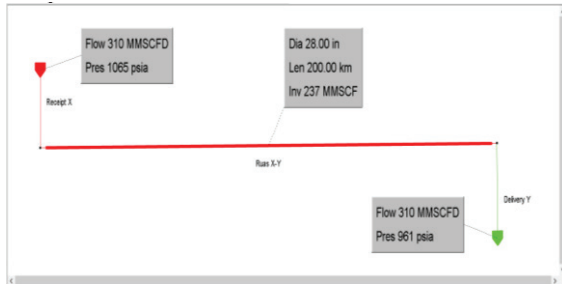
Dari hasil *trial* dan *error* didapat kondisi operasi pada *minimum linepack* adalah, tekanan *receipt point* (X) 930 Psia dengan tekanan pada *delivery point* (Y) 916 Psia seperti yang terdapat pada gambar 4 tentang simulasi kondisi minimum *linepack*.



Gambar 4. Simulasi kondisi Minimum *Linepack*

c. Simulasi Kondisi Maksimum Linepack

Kondisi maksimum *linepack* adalah kondisi dimana tekanan *receipt point* (X) adalah tekanan maksimal operasi pipa (MAOP) sebesar 1065 psia, sehingga didapat tekanan di *delivery point* (Y) dan nilai maksimum *linepack* seperti pada gambar 5 tentang simulasi kondisi maksimum *linepack*.



Gambar 5. Simulasi kondisi Maksimum *Linepack*

Hasil perhitungan kondisi operasi pipa transmisi dari simulasi tersebut dapat dilakukannya perhitungan *linepack flexibility* dengan cara *trial & error*.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Maximum Linepack* pada Tekanan Maksimum operasi Pipa (MAOP)

Flowrate (MMSCFD)	Maximum Linepack		
	Pinlet, (Psia)	Poutlet (Psia)	Volume (MMSCF)
100	1065	1053	250
150	1065	1039	248
200	1065	1020	245
300	1065	967	238
310	1065	961	237

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Flowing Linepack* pada Tekanan Maksimum operasi Pipa (MAOP)

Flowrate (MMSCFD)	Flowing Linepack		
	Pinlet, (Psia)	Poutlet (Psia)	Volume (MMSCF)
100	915	900	208
150	931	900	210
200	952	900	213
300	1006	900	221
310	1012	900	222

Tabel 5. Perhitungan *Linepack Flexibility* pada Tekanan Maksimum operasi Pipa (MAOP)

Flowrate (MMS CF)	Emergency & Contingency (MMSCF)	Min. LP (MMS CF)	Flexibility (MMS CF)
100	4	212	38
150	6	216	32
200	8	221	24
300	13	234	5
310	13	235	2

Dari tabel 4 dan 5, maka ilustrasi/ gambaran *linepack flexibility* pada pipa dapat dikelompokkan sesuai dengan tabel 6 tentang *linepack flexibility*.

Tabel 6. *Linepack Flexibility*

Maximum Linepack (250 MMSCF)		
Shippers Stock Account 310 MMSCFD	Linepack Flexibility (38 MMSCF)	Minimum Linepack (212 MMSCF)
	Contingency & Emergency (4 MMSCF)	Flowing Linepack (208 MMSCF)
Transporter Stock Account 100 MMSCFD	Flowing Linepack/ Initial Fill (208 MMSCF)	

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dengan *pipeline studio*, maka pipa transmisi ruas X-Y panjang 200 km dengan kapasitas eksisting 100 MMSCFD, tekanan MAOP 1065 Psia dan tekanan penerimaan/*delivery point* sebesar 900 psia didapat kondisi operasi optimal sebagai berikut:

1. Pada kondisi eksisting *minimum linepack*, dengan penambahan volume kondisi *emergency dan contingency* 4 MMSCF, tekanan pengiriman 930 psia, penerima 916 psia pada laju alir 100 MMSCFD, dibutuhkan *linepack* sebesar 216 MMSCF.
2. Pada kondisi maksimum *linepack* dengan penambahan volume kondisi *emergency dan contingency* 13 MMSCF, diperoleh tekanan *receipt pint* 1065 psia, *delivery point* 961 psia pada laju alir 310 MMSCFD, dibutuhkan *linepack* sebesar 235 MMSCF.

3. Dari perhitungan tersebut maka masih ada selisih 210 MMSCFD yang bisa diterima oleh pipa transmisi tersebut untuk digunakan sebagai tambahan laju alir gas bumi dari produsen ke konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Giwangkara, J. (2020). *Peta Jalan Transisi Energi Indonesia Menuju Sistem Energi Rendah Karbon*. IESR.
- Kementerian ESDM Republik Indonesia. (2018). Neraca Gas Bumi Indonesia. *Direktorat Jenderal Minyak Dan Gas Bumi Kementerian ESDM Republik Indonesia*, 1–70.
- Menon, E. S. (2013). Gas pipeline hydraulics. In *Gas Pipeline Hydraulics*. <https://doi.org/10.1201/9781420038224>
- Noorratri, L., & Firman, L. M. (2019). Analisis Pengaruh Linepack Menggunakan Simulator Pipeline Studio dan Synergi terhadap Unaccounted Gas di PT X Area Lampung. In *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi (SemResTek)* (pp. 220-229).
- Saputra, A. H., & Ardiansyah, A. (2010). Penetapan Rute Dan Perhitungan Keekonomian Pipa Transmisi Gas Muara Bekasi–Muara Tawar Melalui Jalur Lepas Pantai. *Makara Journal of Technology*, 13(1), 149407.37–41. <https://doi.org/10.7454/mst.v13i1.494>
- Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional (DEN). (2022). Kebijakan Energi ; Kebijakan Energi Terbarukan. *Energi Outlook Indonesia 2022*, 61–62.
- Singarimbun, A., Takda, A., & Ariadji, T. (2002). Aplikasi Persamaan Peng–Robinson Dalam Memperkirakan Korelasi Konstanta Keseimbangan Sistem Gas Kondensat. *Indonesian Journal of Physics*, 13(1), 53-60.