



BAB IX

URAIAN TUGAS KHUSUS

IX.1 Latar Belakang

Fasilitas Gas XYZ merupakan instalasi produksi gas yang beroperasi dengan berbagai unit pemrosesan, termasuk Acid Gas Removal Unit (AGRU) yang berfungsi menghilangkan komponen pengotor seperti hidrogen sulfida (H_2S) dan karbon dioksida (CO_2). Kinerja AGRU sangat dipengaruhi oleh kapasitas gas yang diolah serta laju alir lean solvent yang digunakan dalam proses absorpsi dan regenerasi. Fluktuasi kapasitas gas menyebabkan perubahan beban penyerapan H_2S dan CO_2 , sehingga berpengaruh langsung terhadap kebutuhan energi pada reboiler sebagai pemanas utama proses regenerasi solvent. Kondisi ini menjadikan analisis kebutuhan steam sangat penting untuk memahami efisiensi operasi dan menentukan strategi optimasi energi pada unit pemrosesan gas. Studi ini dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara kapasitas gas, laju alir solvent, dan konsumsi steam, sehingga dapat diperoleh optimasi mengenai kebutuhan energi dalam menjaga performa AGRU di Fasilitas Gas XYZ.

IX.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas khusus ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana perubahan kapasitas gas dan laju alir solvent memengaruhi konsumsi steam yang diperlukan untuk mendukung operasi reboiler di Fasilitas Gas XYZ?
2. Bagaimana pengaruh variasi temperatur reboiler terhadap laju gas (gas rate) yang keluar dari bagian atas regenerator pada proses regenerasi solvent di AGRU?
3. Bagaimana pengaruh temperature reboiler yang memengaruhi besarnya acid gas load lean solven yang dihasilkan pada proses regenerasi solvent di AGRU?



IX.3 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas khusus yang dikerjakan adalah sebagai berikut.

1. Untuk Menganalisis Kebutuhan Steam
2. Untuk Menganalisis Pengaruh Parameter Operasi

IX.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari laporan ini mencakup beberapa aspek:

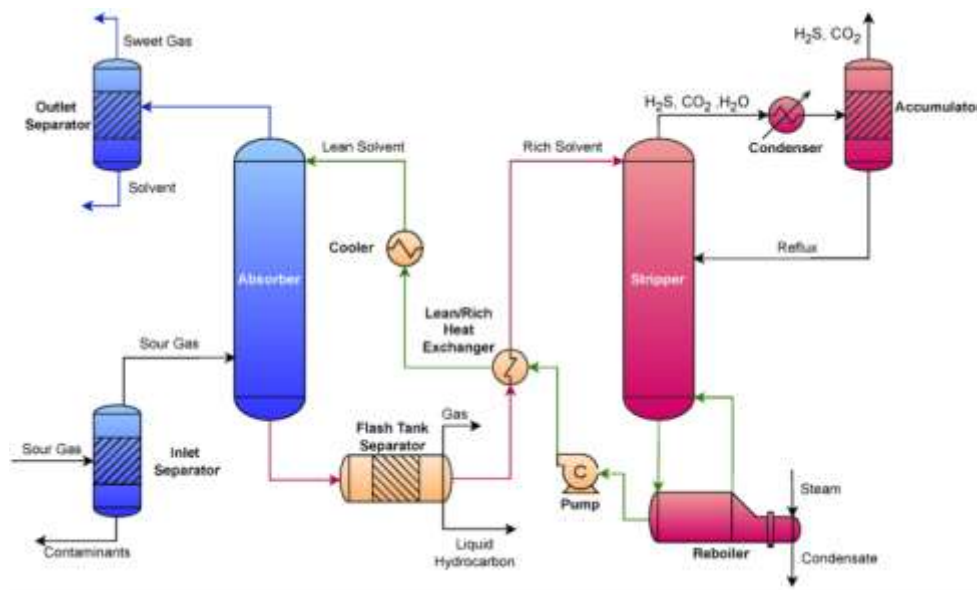
1. Bagi Perusahaan:
 - 1) Memberikan dasar evaluasi operasional terkait pengaruh temperatur reboiler dan tekanan regenerator terhadap gas rate outlet.
 - 2) Mendukung optimasi konsumsi energi, khususnya kebutuhan steam pada reboiler.
 - 3) Menjadi referensi teknis bagi perbaikan desain atau penyesuaian operasi apabila terjadi fluktuasi kapasitas gas
2. Bagi Penulis (Mahasiswa):
 - 1) Meningkatkan pemahaman konsep proses pemisahan gas, khususnya mekanisme absorpsi–desorpsi, serta regenerasi solvent
 - 2) Mengembangkan kemampuan analitis dalam mengolah data simulasi, membaca tren parameter operasi, serta menghubungkan teori dengan kondisi operasional lapangan.
 - 3) Melatih keterampilan penggunaan perangkat lunak proses, seperti Aspen HYSYS.

IX.5 Dasar Teori

IX.5.1 Acid Gas Removal Unit (AGRU)

Acid Gas Removal Unit (AGRU) merupakan rangkaian proses yang digunakan untuk menghilangkan gas-gas asam seperti hidrogen sulfida (H_2S) dan karbon dioksida (CO_2) dari aliran gas alam. Kedua kontaminan ini harus dikurangi hingga mencapai spesifikasi penjualan karena sifatnya yang merugikan. H_2S bersifat sangat korosif dan toksik, sedangkan CO_2 menurunkan nilai kalor gas serta

mengurangi efisiensi proses hilir. AGRU berbasis absorpsi solvent menjadi teknologi paling umum digunakan karena efisiensinya yang tinggi, fleksibilitas dalam pemilihan solvent, serta kemampuannya untuk diregenerasi sehingga dapat digunakan secara berulang tanpa menghasilkan limbah kimia yang besar. Proses ini menjamin sweet gas yang dihasilkan memenuhi batas $\text{H}_2\text{S} < 20 \text{ ppm}$ dan $\text{CO}_2 < 3 \text{ mol\%}$ sesuai standar industri.



Gambar IX. 1 Diagram Acid Gas Removal Unit (AGRU)

Alur proses pada AGRU tipe absorpsi dimulai ketika sour gas memasuki inlet separator untuk pemisahan awal kondensat dan padatan. Gas kemudian dialirkan ke absorber, tempat terjadinya kontak counter-current antara gas dan lean solvent (biasanya MDEA, DEA, atau campuran amina lain). Selama kontak ini, H_2S dan CO_2 larut ke dalam solvent sehingga gas yang keluar dari bagian atas absorber menjadi sweet gas. Rich solvent yang telah jenuh kemudian dialirkan ke flash tank untuk melepaskan hidrokarbon ringan, lalu dipanaskan melalui lean/rich heat exchanger sebelum masuk ke unit stripper untuk regenerasi. AGRU menjaga konsentrasi solvent tetap optimal dan memastikan proses sweetening berlangsung efisien (GPSA, 2011).

IX.5.2 Proses Regenerasi Solvent (Stripping Process)

Tahapan regenerasi solvent dalam AGRU di mana rich solvent yang telah menyerap H_2S dan CO_2 diproses kembali menjadi lean solvent agar dapat digunakan ulang



dalam absorber. Proses ini sangat penting karena efisiensi absorpsi di absorber sangat bergantung pada kualitas lean solvent yang kembali diumpankan. Rich solvent yang masuk ke stripper terlebih dahulu dipanaskan melalui heat exchanger, kemudian dimasukkan ke kolom stripper baik jenis tray maupun packed column. Terjadi pemisahan (desorpsi) gas asam di dalam kolom melalui kontak counter-current antara solvent cair dari atas dan uap panas dari reboiler yang naik dari bawah kolom.

Reboiler memberikan energi dalam bentuk steam untuk memutus ikatan fisik maupun kimia antara solvent dan gas asam sehingga H_2S dan CO_2 dapat terlepas. Gas yang keluar dari puncak kolom selanjutnya dikondensasikan dalam condenser dan ditampung di reflux drum, sementara lean solvent yang telah diregenerasi keluar dari dasar kolom dan didinginkan sebelum dikirim kembali ke absorber. Kinerja stripper sangat menentukan besarnya konsumsi energi, terutama reboiler duty, yang dipengaruhi oleh kapasitas gas, konsentrasi amina, tekanan-stripping, dan laju sirkulasi solvent. Optimalisasi pada unit stripper diperlukan agar kebutuhan steam tetap rendah namun regenerasi tetap efektif, sehingga operasional AGRU berlangsung stabil, efisien, dan memenuhi spesifikasi gas keluaran (Kohl, 1997).

IX.5.3 Temperatur Reboiler dan Pengaruhnya pada Desorpsi

Temperatur reboiler merupakan parameter kunci dalam proses regenerasi solvent pada AGRU karena menentukan besarnya energi yang diberikan untuk melepaskan kembali H_2S dan CO_2 dari rich solvent. Peningkatan temperatur reboiler akan meningkatkan driving force desorpsi, mempercepat pelepasan gas asam, dan memperbesar jumlah uap yang naik ke bagian atas kolom stripper. Kenaikan temperatur reboiler secara langsung meningkatkan laju desorpsi CO_2 , tetapi juga meningkatkan jumlah air yang ikut menguap, sehingga gas rate outlet menjadi lebih tinggi dari kondisi dasar. Hal ini menjelaskan mengapa pada kondisi beban gas tinggi, sistem sering memaksa reboiler bekerja pada temperatur lebih tinggi sehingga output gas dari top regenerator meningkat signifikan.

Namun, peningkatan suhu reboiler tidak hanya meningkatkan laju desorpsi tetapi juga berdampak pada konsumsi energi, stabilitas operasi, dan risiko degradasi



solvent (GPSA, 2011). Temperatur reboiler yang terlalu tinggi menghasilkan konsumsi steam berlebih dan mempercepat degradasi solvent akibat pemanasan berulang, sehingga menurunkan efisiensi jangka panjang AGRU. Selain itu, hubungan antara temperatur reboiler dan heat duty bersifat non-linear. Kenaikan kecil pada temperatur dapat menyebabkan lonjakan signifikan pada kebutuhan energi.

IX.5.4 Pengaruh Tekanan Operasi (Vapor Pressure) pada Regenerator

Pada sistem AGRU berbasis solvent fisik, seperti Selexol atau Rectisol, tekanan operasi regenerator memiliki pengaruh langsung terhadap kemampuan solvent melepaskan kembali gas terlarut melalui mekanisme physical desorption. Penurunan tekanan pada stripper atau flash drum meningkatkan perbedaan tekanan parsial antara solvent dan fase uap, sehingga CO₂ dan H₂S lebih mudah terlepas (more flashing). Hal ini konsisten dengan prinsip bahwa kelarutan gas dalam pelarut fisik mengikuti hukum Henry, semakin rendah tekanan total, semakin rendah kelarutan gas, sehingga desorpsi meningkat. Studi oleh Kohl & Nielsen pada tahun 1997 dan penelitian oleh Rochelle pada tahun 2011 menunjukkan bahwa ketika tekanan diturunkan, CO₂ dan H₂S yang terlarut dalam solvent fisik terlepas lebih banyak berbeda dari pelarut kimia yang bergantung pada energi reaksi. Namun demikian, peningkatan desorpsi akibat penurunan tekanan tidak otomatis menghasilkan gas rate outlet yang lebih besar pada seluruh kondisi operasi kolom. Pada regenerator yang memiliki beberapa stage atau flash levels, fenomena multiphase dapat menyebabkan sebagian uap solvent ikut terlepas saat tekanan terlalu rendah, sehingga total vapor traffic naik tetapi fraksi gas asam justru tidak bertambah secara proporsional.

IX.5.5 Kebutuhan Energi Reboiler dan Konsumsi Steam

Kebutuhan energi pada reboiler merupakan faktor penentu dalam proses regenerasi solvent fisik, di mana panas yang diberikan bertujuan meningkatkan temperatur solvent sehingga terjadi pengurangan kelarutan CO₂/H₂S dan pelepasan gas terlarut dari fasa cair. Reboiler duty pada proses fisik seperti Selexol terutama dipengaruhi oleh temperatur dasar kolom dan laju sirkulasi solvent, di mana

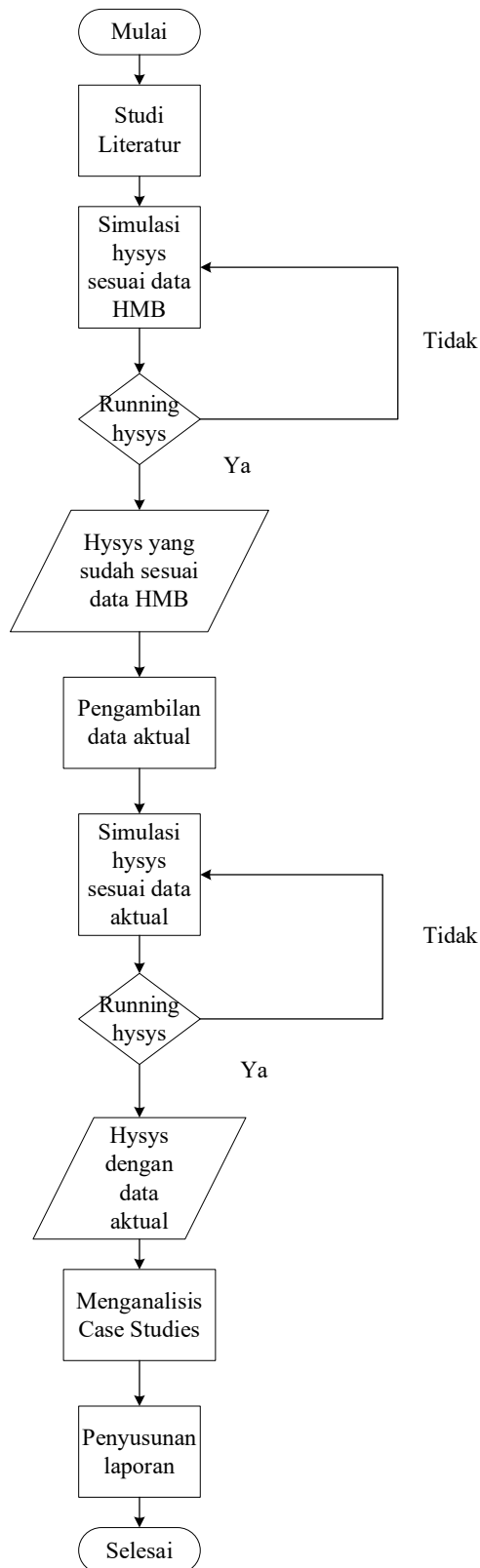


peningkatan temperatur memberi efek langsung pada laju pelepasan gas asam melalui perubahan kesetimbangan uap-cair (Kohl, 1997). Penelitian oleh GPSA pada tahun 2011 menunjukkan bahwa meskipun beban energi reboiler pada fisik solvent lebih rendah dibanding pelarut kimia, kebutuhan steam tetap meningkat seiring bertambahnya kapasitas gas yang diproses dan jumlah gas asam yang harus dilepaskan.

Konsumsi steam dalam regenerator solvent fisik bergantung pada interaksi antara temperatur operasi, tekanan regenerator, dan jumlah solvent yang diregenerasi. Steam yang diinjeksikan dari bagian bawah kolom berfungsi sebagai media stripping untuk mendorong desorpsi, sehingga semakin tinggi stripping steam, semakin besar jumlah gas asam yang dapat dilepaskan. Namun, peningkatan steam diikuti oleh kenaikan beban panas total (reboiler duty), yang dapat menurunkan efisiensi energi apabila tidak dioptimalkan. Studi oleh Mokhatab pada tahun 2015 menunjukkan bahwa konsumsi steam yang berlebihan dapat meningkatkan vapor traffic, mengganggu stabilitas tray, dan menurunkan efisiensi pemisahan pada tahap atas kolom. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Rochelle pada tahun 2011 yang menekankan bahwa optimasi energi pada regenerator solvent fisik memerlukan keseimbangan antara temperatur reboiler, tekanan, dan laju steam untuk mencapai kondisi stripping yang efektif tanpa meningkatkan konsumsi energi secara berlebihan.



IX.6 Metodologi Penelitian





Gambar IX. 2 Flowchart metodologi penelitian

IX.7 Hasil dan Pembahasan

Simulasi yang digunakan adalah Aspen Hysys. Tujuan dari penggunaan simulasi ini untuk menganalisa pengaruh kapasitas gas terhadap kebutuhan steam yang diperlukan guna regenerasi solvent dan menganalisa pengaruh temperature reboiler dan vapour pressure terhadap acid gas load. Pada tahap pertama, susun model hysys menyesuaikan kondisi operasi dan komposisi yang didapatkan dari Heat and Material Balance (HMB). Tahap kedua pengambilan data aktual yang diambil dari Lapangan XYZ. Tahap ketiga input kondisi operasi menyesuaikan data aktual menggunakan tools di hysys case studies untuk membuat grafik yang nantinya akan di analisa.



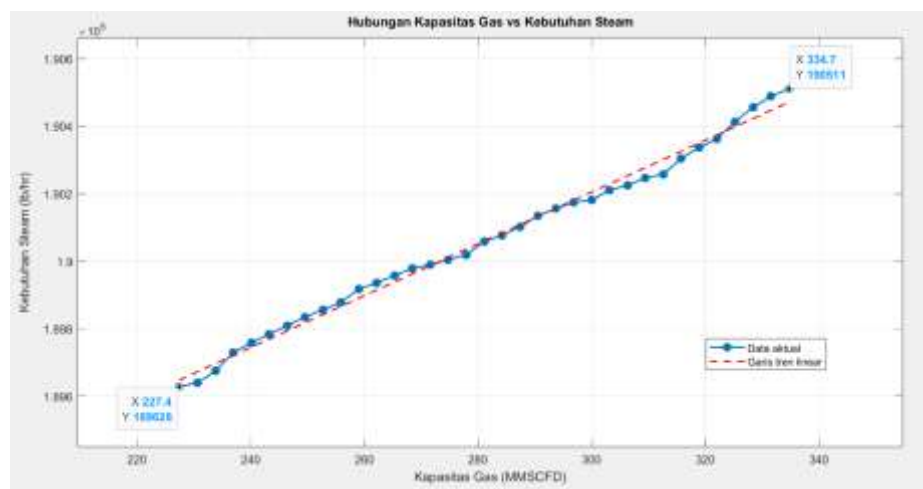
IX.7.1 Pengaruh antara Kapasitas Gas (MMSCFD) dan Kebutuhan Steam Reboiler (lb/hr)

Tabel IX. 1 Grafik Perbandingan antara Kapasitas Gas (MMSCFD) dengan Kebutuhan Steam (lb/hr)

State	Kapasitas Gas (MMSCFD)	Kebutuhan steam(lb/hr)
Case 1	227.4	189628.4437
Case 2	230.6	189640.0566
Case 3	233.8	189675.468
Case 4	236.9	189729.7165
Case 5	240.1	189758.6517
Case 6	243.2	189783.97
Case 7	246.4	189809.2882
Case 8	249.5	189834.6053
Case 9	252.7	189856.3067
Case 10	255.8	189878.008
Case 11	259	189917.7934
Case 12	262.1	189935.8779
Case 13	265.3	189957.5788
Case 14	268.4	189979.28
Case 15	271.6	189990.1307
Case 16	274.7	190004.6705
Case 17	277.9	190019.0658
Case 18	281.1	190058.8514
Case 19	284.2	190076.9358
Case 20	287.4	190102.2539
Case 21	290.5	190134.8056
Case 22	293.7	190156.5067
Case 23	296.8	190174.5912



Case 24	300	190181.8249
Case 25	303.1	190210.7599
Case 26	306.3	190225.2274
Case 27	309.4	190246.9284
Case 28	312.6	190257.7791
Case 29	315.7	190304.7986
Case 30	318.9	190337.3505
Case 31	322	190362.6686
Case 32	325.2	190413.3048
Case 33	328.4	190456.707
Case 34	331.5	190489.2588
Case 35	334.7	190510.9602
Maximum	334.7	190510.9602
Minimum	227.4	189628.4437



Gambar IX. 4 Grafik Perbandingan antara Kapasitas Gas (MMSCFD) dengan Kebutuhan Steam (lb/hr)

Hasil simulasi menunjukkan kapasitas gas mempengaruhi kebutuhan steam. Peningkatan kapasitas gas menyebabkan jumlah komponen CO₂ atau H₂S yang



masuk ke absorber ikut meningkat. Kondisi tersebut membuat pelarut menjadi lebih kaya sehingga memerlukan usaha lebih besar untuk meregenerasinya. Proses regenerasi yang lebih berat menuntut suplai energi yang lebih besar dari reboiler. Reboiler harus menaikkan temperatur pelarut dan menyediakan jumlah uap stripping yang cukup untuk melepaskan komponen CO₂ dan H₂S dari larutan. Grafik ini telah sesuai dengan teori proses regenerasi solvent yang menyatakan bahwa semakin tinggi rich loading, semakin besar energi yang harus disuplai reboiler untuk melepaskan kembali H₂S dan CO₂ dari larutan (Kohl, 1997). Selain itu, peningkatan laju gas umpan juga menyebabkan naiknya beban desorpsi karena jumlah komponen asam yang harus dilepaskan menjadi lebih besar, sehingga konsumsi energi reboiler pada regenerator meningkat secara proporsional (Mokhatab, 2015).



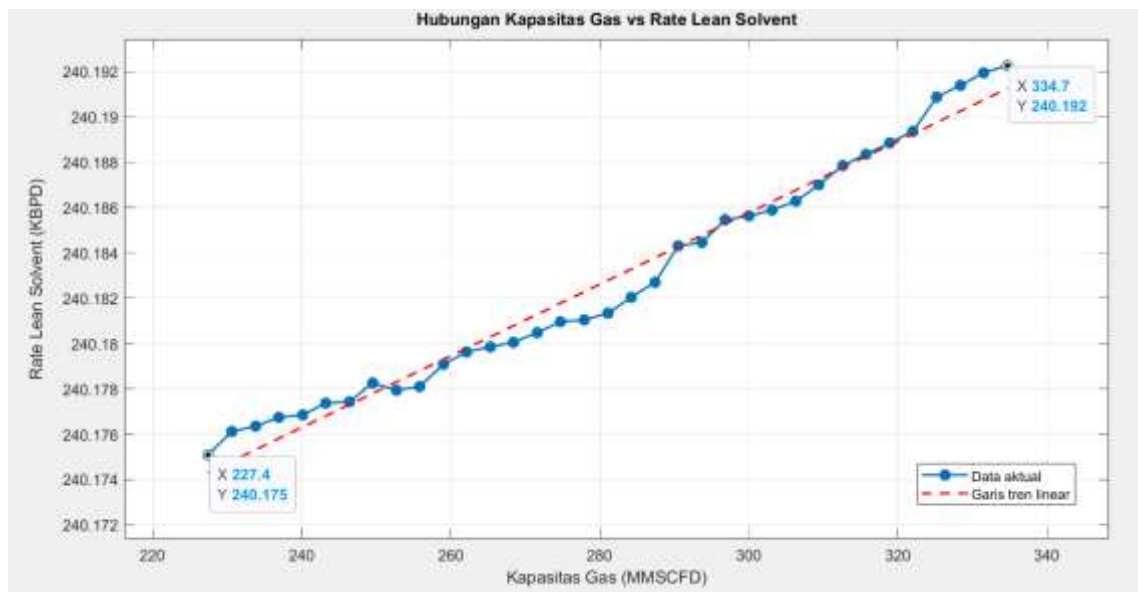
IX.7.2 Pengaruh antara Kapasitas Gas (MMSCFD) dan Laju Alir Lean Solvent (KBPD)

Tabel IX. 2 Perbandingan antara Kapasitas Gas (MMSCFD) dengan Laju Alir Lean Solvent (KBPD)

State	Kapasitas Gas (MMSCFD)	Rate Lean Solvent (KBPD)
Case 1	227.4	240.17509
Case 2	230.6	240.17612
Case 3	233.8	240.17635
Case 4	236.9	240.17674
Case 5	240.1	240.17685
Case 6	243.2	240.17737
Case 7	246.4	240.17743
Case 8	249.5	240.17826
Case 9	252.7	240.17794
Case 10	255.8	240.17810
Case 11	259	240.17908
Case 12	262.1	240.17963
Case 13	265.3	240.17985
Case 14	268.4	240.18005
Case 15	271.6	240.18048
Case 16	274.7	240.18096
Case 17	277.9	240.18104
Case 18	281.1	240.18134
Case 19	284.2	240.18204



Case 20	287.4	240.18270
Case 21	290.5	240.18431
Case 22	293.7	240.18446
Case 23	296.8	240.18546
Case 24	300	240.18563
Case 25	303.1	240.18589
Case 26	306.3	240.18628
Case 27	309.4	240.18700
Case 28	312.6	240.18785
Case 29	315.7	240.18835
Case 30	318.9	240.18885
Case 31	322	240.18936
Case 32	325.2	240.19087
Case 33	328.4	240.19139
Case 34	331.5	240.19194
Case 35	334.7	240.19226
Maximum	334.7	240.19326
Minimum	227.4	240.19494



Gambar IX. 5 Grafik Perbandingan antara Kapasitas Gas (MMSCFD) dengan Laju Alir Lean Solvent (KBPD)

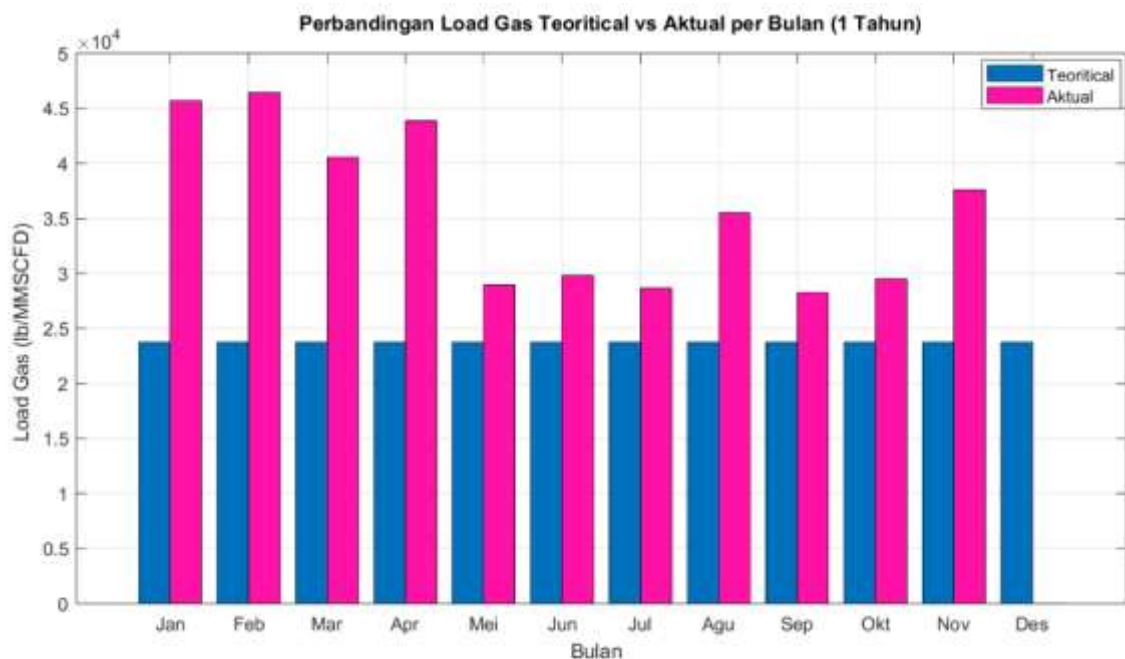
Unit AGRU yang berbasis solvent fisik seperti Selexol sangat dipengaruhi oleh kapasitas gas yang diproses. Peningkatan kapasitas gas pada unit AGRU dalam absorber menyebabkan beban penyerapan gas asam yang harus diserap solvent di absorber semakin besar. Laju alir lean solvent menjaga efisiensi penyerapan sehingga nilainya meningkat seiring peningkatan kapasitas gas (MMSCFD). Hal ini ditunjukkan oleh grafik yang menunjukkan tren kenaikan antara kapasitas gas (MMSCFD) dengan laju alir lean solvent (KBPD) yang berbanding lurus. Grafik ini telah sesuai dengan teori absorpsi fisik. Proses pelarut fisik mengikuti Hukum Henry, di mana kemampuan solvent menyerap gas asam meningkat secara proporsional terhadap tekanan parsial H_2S dan CO_2 pada fase gas. Tekanan parsial gas asam juga naik dengan meningkatnya kapasitas gas sehingga sistem membutuhkan laju sirkulasi solvent yang lebih besar untuk mempertahankan efisiensi penyerapan (Kidnay, 2019).

IX.7.3 Perbandingan Load Gas (lb/MMSCFD) Teoretis vs Aktual Tahun 2024

Tabel IX. 3 Perbandingan Load Gas (lb/MMSCFD) Teoritis vs Aktual Tahun 2024



Bulan	Parameter Load Gas (lb/MMSCFD)	
	Teoritis	Aktual
Januari	23754.82392	46272.3408
Februari	23754.82392	47064.95253
Maret	23754.82392	41111.07869
April	23754.82392	44445.15451
Mei	23754.82392	29341.56649
Juni	23754.82392	30175.20425
Juli	23754.82392	29039.10126
Agustus	23754.82392	35960.23202
September	23754.82392	28621.21192
Oktober	-	-
November	23754.82392	29885.03881
December	23754.82392	38094.04957



Gambar IX. 6 Grafik Perbandingan Load Gas (lb/MMSCFD) Teoretis vs Aktual Tahun 2024



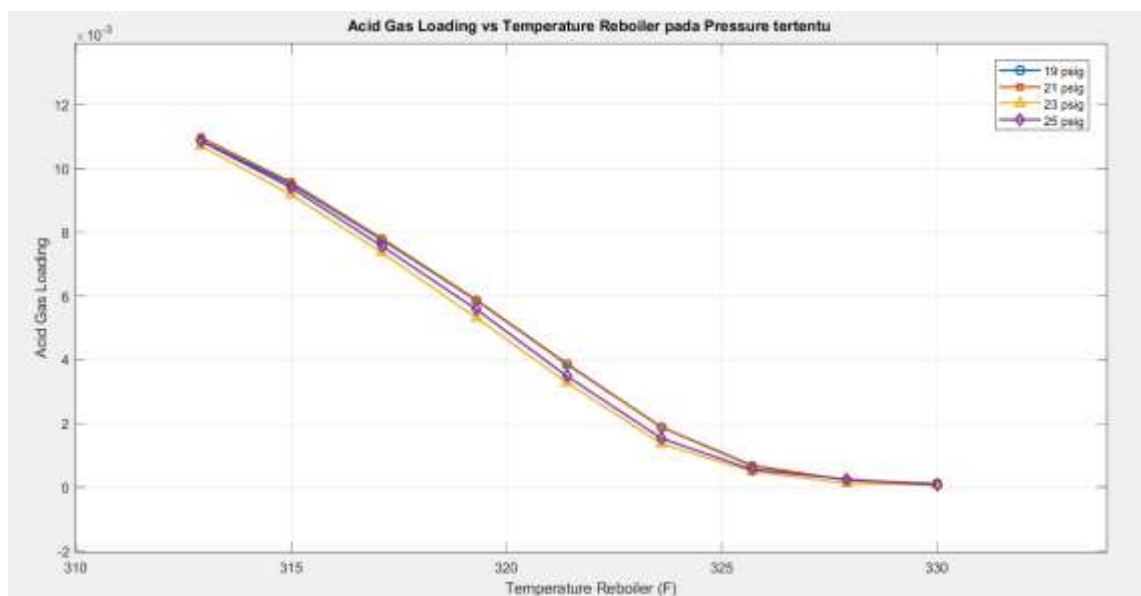
Hasil simulasi menunjukkan load gas aktual dan teoritis memiliki selisih yang cukup signifikan. Load gas teoritis biasanya dihitung berdasarkan asumsi desain serta kondisi operasi ideal. Sementara load gas actual sering kali berada pada beban parsial karena fluktuasi produksi hulu serta penyesuaian pengoperasian. Tingginya load gas aktual pada periode tertentu mencerminkan tingginya tingkat produksi gas atau kondisi operasi yang mendorong peningkatan. Load gas aktual mengalami sedikit penurunan pada periode tertentu namun tetap berada pada level yang lebih tinggi, penurunan ini disebabkan oleh fluktuasi produksi. Hal tersebut yang menyebabkan kapasitas gas actual lebih besar daripada load gas teoritis.



IX.7.4 Perbandingan Acid Gas Loading vs Temperatur Reboiler

Tabel IX. 4 Perbandingan Acid Load vs Temperatur Reboiler pada Pressure Tertentu

State	Temperatur Reboiler	Pressure			
		19	21	23	25
Case 1	312.9	0.010891	0.010983	0.010711	0.010866
Case 2	315	0.009499	0.009568	0.009183	0.009399
Case 3	317.1	0.007769	0.007817	0.007367	0.007571
Case 4	319.3	0.005860	0.005883	0.005319	0.005580
Case 5	321.4	0.003855	0.003880	0.003286	0.003486
Case 6	323.6	0.001878	0.001889	0.001365	0.001531
Case 7	325.7	0.000667	0.000689	0.000497	0.000557
Case 8	327.9	0.000220	0.000218	0.000125	0.000251
Case 9	330	0.000115	0.000102	0.000079	0.000066



Gambar IX. 7 Grafik Perbandingan Acid Load vs Temperatur Reboiler

Terdapat hubungan antara temperatur reboiler dan acid gas loading pada lean solvent. Ketika temperatur reboiler dinaikkan, energi yang masuk ke bagian



bawah stripper semakin besar sehingga lebih banyak uap terbentuk. Uap ini berfungsi sebagai media pemisah yang mendorong pelepasan H_2S dan CO_2 dari pelarut. Meningkatnya jumlah uap yang naik ke kolom mengakibatkan proses desorpsi berjalan lebih efektif dan pelarut dapat melepaskan lebih banyak acid gas. Sehingga lean solvent yang keluar dari stripper menjadi lebih bersih dan nilai acid gas loading turun seiring meningkatnya temperatur. Pelarut masih menahan sebagian acid gas karena energi desorpsi tidak cukup pada temperatur yang lebih rendah, sehingga loading lebih tinggi. Namun ketika temperatur meningkat, ikatan antara solvent dan acid gas semakin mudah terurai, membuat loading menurun secara signifikan. Oleh karena itu, temperatur reboiler menjadi faktor utama dalam menentukan kualitas lean solvent, di mana kenaikan temperatur berperan langsung dalam menurunkan acid gas loading.