

GAS ALAM

(Gas Alam Terasoniasi dan Tak-terasosiasi)

Gas alam adalah campuran hidrokarbon ringan yang terbentuk secara alami yang bercampur dengan beberapa senyawa non-hidrokarbon. Gas alam tak-terasosiasi dihasilkan dari cadangan yang tidak mengandung minyak (sumur kering). Di sisi lain, gas alam terasoniasi bersinggungan dengan dan/atau terlarut dalam minyak bumi serta merupakan produk yang dihasilkan bersama minyak. Komponen prinsip dari kebanyakan gas alam adalah metana. Hidrokarbon parafinik berberat molekul lebih tinggi (C_2-C_7) biasanya ada dalam jumlah kecil dalam campuran gas alam, dan kadarnya sangat bervariasi tergantung pada lapangan gas asalnya. Gas alam tak-terasosiasi normalnya mengandung kadar metana lebih tinggi daripada gas alam terasoniasi. Gas alam terasoniasi mengandung hidrokarbon lebih berat dengan kadar lebih tinggi. Tabel 1-1 memperlihatkan analisa dari beberapa gas terasoniasi dan tak-terasosiasi.¹ Dalam diskusi kita, baik gas terasoniasi maupun tak-terasosiasi akan dirujuk sebagai gas alam. Namun, perbedaan pentingnya akan disebutkan.

Tabel 1-1
Komposisi gas alam terasoniasi dan tak-terasosiasi

Komponen	Gas tak-terasosiasi		Gas terasoniasi	
	Salt Lake AS	Kliffside AS	Abqaiq Arab Saudi	Laut Utara Inggris Raya
Metana	95,0	65,8	62,2	85,9
Etana	0,8	3,8	15,1	8,1
Propana	0,2	1,7	6,6	2,7
Butana	-	0,8	2,4	0,9
Pentana dan Lebih berat	-	0,5	1,1	0,3
Hidrogen sulfida	-	-	2,8	-
Karbon dioksida	3,6	-	9,2	1,6
Nitrogen	0,4	25,6	-	0,5
Helium	-	1,8	-	-

Zat non-hidrokarbon dalam gas alam bervariasi dari satu lapangan gas ke lapangan lainnya. Beberapa senyawa ini merupakan asam lemah, seperti hidrogen sulfida dan karbon dioksida. Yang lain merupakan bahan inert, seperti nitrogen, helium dan argon. Beberapa cadangan gas alam berisi cukup banyak helium untuk diproduksi komersial.

Hidrokarbon berberat molekul lebih tinggi dalam gas alam merupakan bahan bakar dan juga bahan baku kimia yang penting dan biasanya dihasilkan dalam bentuk cairan gas alam. Sebagai contoh, etana mungkin dipisahkan untuk dipakai sebagai bahan baku perengkahan kukus untuk memproduksi etilena. Propana dan butana diambil dari gas alam dan dijual sebagai gas petroleum dicairkan (LPG).

Sebelum gas alam digunakan ia harus diproses atau diolah untuk memisahkan zat pengotor dan mengambil hidrokarbon lebih berat (lebih berat dari metana). Konsumsi gas A.S. tahun 1998 mendekati 0,64 trilyun m³.

PROSES PENGOLAHAN GAS ALAM

Gas alam mentah mengandung sejumlah karbon dioksida, hidrogen sulfida, dan uap air yang bervariasi. Adanya hidrogen sulfida dalam gas alam untuk konsumsi rumah tangga tidak bisa ditoleransi karena sifat racunnya. Zat ini juga menyebabkan karat pada peralatan logam. Karbon dioksida tidak diinginkan, karena zat ini akan mengurangi nilai panas gas dan akan memadat pada tekanan tinggi dan temperatur rendah yang dipakai pada pengangkutan gas alam. Untuk mendapatkan gas manis atau gas alam kering, maka gas-gas asam harus diambil dan uap air dikurangi. Sebagai tambahan, gas alam dengan sejumlah berarti hidrokarbon berat harus diolah untuk mendapatkan cairan-cairan gas alamnya.

Pengolahan Gas Asam

Gas-gas asam dapat dikurangi atau diambil dengan satu atau beberapa cara berikut:

1. Absorpsi fisik dengan memakai pelarut absorpsi selektif.
2. Adsorpsi fisik dengan memakai adsorben padat.
3. Absorpsi kimia dengan memakai pelarut (suatu bahan kimia) yang bisa bereaksi reversibel dengan gas-gas asam.

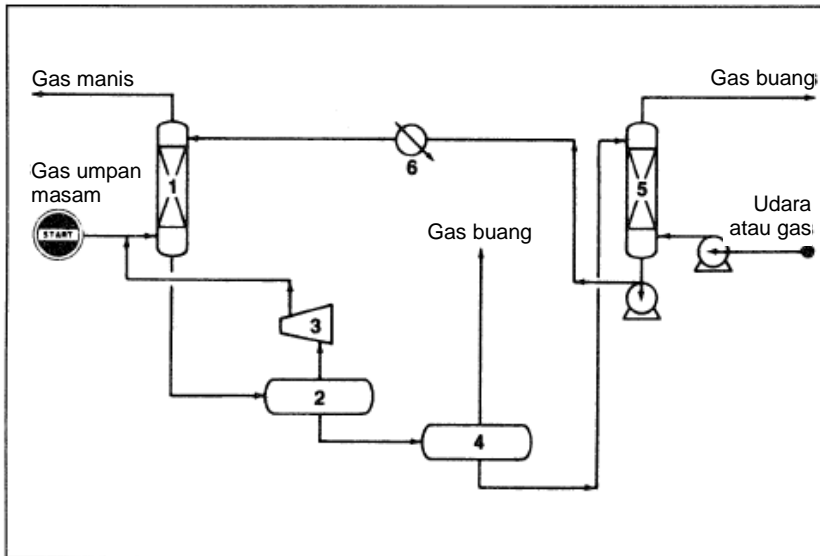
Absorpsi Fisik

Proses komersial penting yang digunakan adalah proses Selexol, Sulfinol, dan Rectisol. Pada proses-proses ini, tidak ada reaksi kimia yang terjadi antara gas asam dan pelarutnya. Pelarutnya, atau adsorben, adalah cairan yang selektif menyerap gas-gas asam tetapi membiarkan hidrokarbonnya. Sebagai contoh, pada proses Selexol, pelarutnya adalah dimetil eter dari polietilena glikol. Gas alam mentah dilewatkan berlawanan arah melalui pelarut yang mengalir ke bawah. Ketika pelarut menjadi jenuh dengan gas-gas asam, tekanannya diturunkan, sehingga hidrogen sulfida dan karbon dioksida dilepaskan kembali. Pelarutnya kemudian didaur ulang ke menara absorpsi. Gambar 1-1 memperlihatkan proses Selexol.²

Adsorpsi Fisik

Pada proses ini, suatu padatan digunakan dengan luas permukaan besar. Saringan molekular (zeolita) banyak dipakai karena bisa menyerap sejumlah besar gas. Biasanya, lebih dari satu unggun adsorpsi dipakai untuk operasi sinambung. Satu unggun digunakan sedangkan yang lainnya diregenerasi. Regenerasi dilakukan dengan melewatkan bahan bakar panas melewati unggun. Saringan molekular hanya bisa bersaing jika jumlah hidrogen sulfida dan karbon disulfidanya rendah.

Saringan molekular juga bisa menyerap air, bukan hanya gas asam.



Gambar 1-1. Proses Selexol untuk pengambilan gas asam:² (1) absorber, (2) drum flash, (3) kompresor, (4) drum tekanan-rendah, (5) stripper, (6) pendingin.

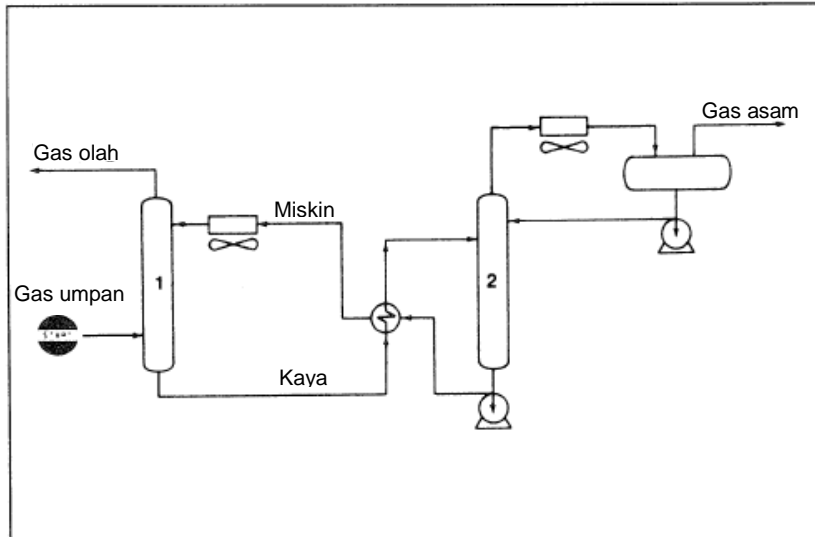
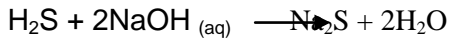
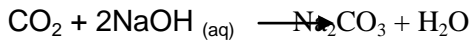
Absorpsi Kimia (Chemisorption)

Proses ini dikenal akan kemampuannya yang tinggi dalam menyerap sejumlah besar gas-gas asam. Proses ini memakai larutan basa yang relatif lemah, seperti monoetanolamina. Gas asam akan membentuk ikatan lemah dengan basa ini yang kemudian bisa mudah diregenerasi. Mono- dan dietanolamina sering digunakan pada proses ini. Konsentrasi amina biasanya pada rentang 15 dan 30%. Gas alam dilewatkan melalui larutan amina sehingga membentuk sulfida, karbonat, dan bikarbonat.

Dietanolamina adalah pelarut yang lebih disukai karena laju karatnya rendah, kemungkinan hilangnya amina lebih kecil, memerlukan utilitas lebih sedikit, dan memerlukan dietanolamina tambahan yang minimal.⁴ Dietanolamina juga bereaksi reversibel dengan 75% karbonil sulfida (COS), sedangkan mono- bereaksi irreversibel dengan 95% COS serta membentuk produk penguraian yang mesti dibuang.

Diglikolamina (DGA), adalah pelarut amina lain yang digunakan dalam proses Econamina (Gbr. 1-2).⁴ Absorpsi gas-gas asam terjadi dalam absorber yang berisi larutan DGA aqueous, dan larutan panas yang kaya (jenuh dengan gas asam) dipompakan ke regenerator. Larutan diglikolamina memiliki titik beku yang rendah, sehingga cocok untuk digunakan di daerah beriklim dingin.

Larutan basa kuat merupakan pelarut gas-gas asam yang efektif. Namun, larutan ini biasanya tidak dipakai untuk pengolahan gas alam volume besar karena gas-gas asam ini membentuk garam stabil, yang tidak gampang diregenerasi. Sebagai contoh, karbon dioksida dan hidrogen sulfida bereaksi dengan larutan natrium hidroksida aqueous menghasilkan natrium karbonat dan natrium sulfida.



Gambar 1-2. Proses Econamine:⁴ (1) menara absorpsi, (2) menara regenerasi.

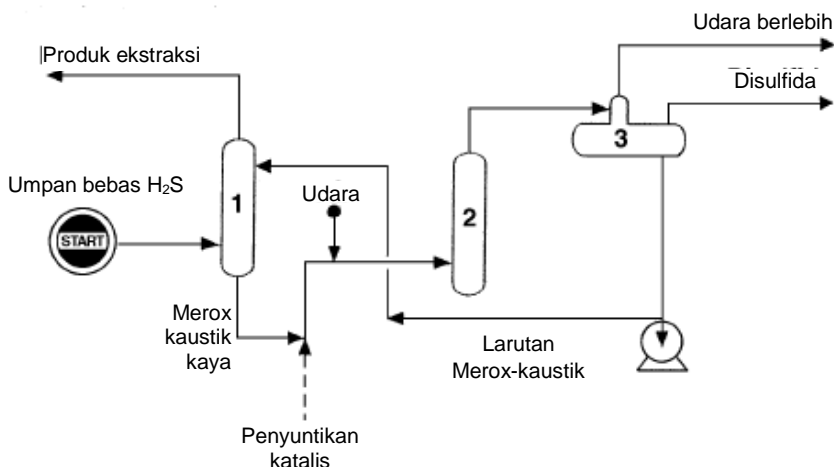
Namun, larutan basa kuat bisa digunakan untuk mengambil merkaptan dari aliran gas dan cairan. Sebagai contoh, pada Proses Merox, pelarut kaustik yang mengandung katalis seperti kobalt, yang dapat merubah merkaptan (RSH) menjadi disulfida (RSSR) yang tak terlarut dalam kaustik, dipakai untuk aliran yang kaya merkaptan setelah pengambilan H_2S . Udara dipakai untuk mengoksidasi merkaptan menjadi disulfida. Larutan kaustik kemudian didaur-ulang untuk regenerasi. Proses Merox (Gbr. 1-3) terutama dipakai untuk mengolah aliran gas pengilangan.⁵

Pengambilan Air

Uap air harus diambil dari gas alam untuk mengurangi masalah karat dan mencegah terbentuknya hidrat. Hidrat adalah senyawa padat berwarna putih yang terbentuk dari reaksi kimia-fisik antara hidrokarbon dan air pada tekanan tinggi dan temperatur rendah yang digunakan untuk mengangkut gas alam melalui jalur pipa. Hidrat mengurangi efisiensi jalur pipa.

Untuk mencegah pembentukan hidrat, gas alam bisa diolah dengan glikol, yang melarutkan air secara efisien. Etilena glikol (EG), dietilena glikol (DEG), dan trietilena glikol (TEG) merupakan contoh pelarut untuk pengambilan air. Trietilena glikol (TEG) lebih baik jika dipakai pada proses fasa-uap karena tekanan uapnya yang rendah, yang mengakibatkan sedikit saja kehilangan glikol. Absorber TEG normalnya berisi 6 hingga 12 nampan (tray) bubble-cap untuk melakukan proses

absorpsi air. Namun, lebih banyak tahap mungkin diperlukan untuk mencapai titik embun di bawah -40°C . Perhitungan untuk menentukan jumlah nampan atau tinggi packing, konsentrasi glikol yang dibutuhkan, atau laju sirkulasi glikol membutuhkan data kesetimbangan cairan-uap. Perkiraan interaksi antara TEG dan uap air dalam gas alam pada rentang lebar memungkinkan untuk membuat rancangan aplikasi dengan titik embun ultra-rendah.⁶

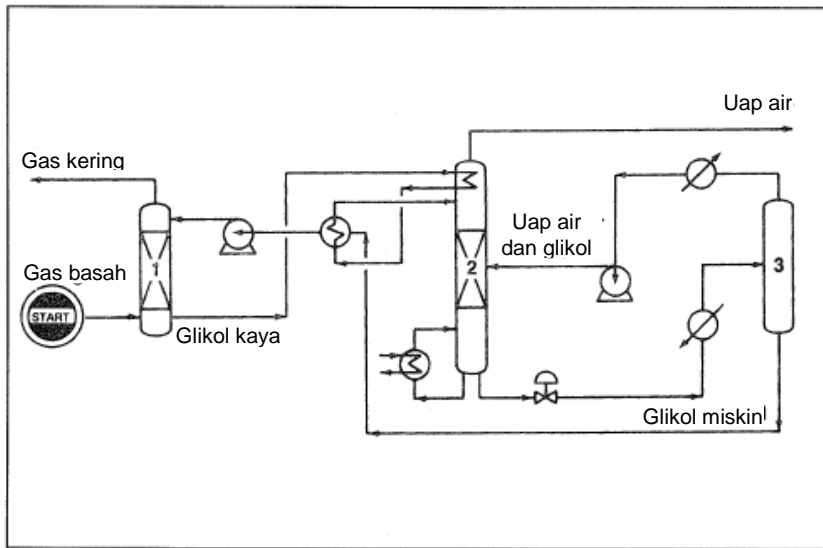


Gambar 1-3. Proses Merok:⁵ (1) ekstraktor, (2) reaktor oksidasi.

Satu program komputer dikembangkan oleh Grandhidsan dkk., untuk memperkirakan jumlah nampan dan laju sirkulasi TEG miskin yang diperlukan untuk mengeringkan gas alam. Ternyata laju perkiraan lebih akurat bisa didapatkan dengan memakai program ini daripada dengan menggunakan perhitungan manual.⁷

Gambar 1-4 memperlihatkan proses Dehydrate dengan memakai EG, DEG, atau TEG sebagai absorbennya.⁸ Satu cara lain selain memakai nampan bubble-cap adalah dengan memakai packing struktural, yang akan meningkatkan kemampuan pengendalian perpindahan massa. Alur aliran dibuat sehingga aliran gas dan cairan berlawanan satu dengan yang lainnya. Pemakaian packing struktural pada operasi TEG telah ditelaah oleh Kean dkk.⁹

Cara lain untuk menghilangkan hidrat gas alam adalah dengan menyuntikkan metanol ke dalam jalur gas untuk menurunkan temperatur pembentukan hidrat hingga di bawah temperatur atmosfer.¹⁰ Air juga bisa dikurangi atau diambil dari gas alam dengan memakai adsorben padat seperti saringan molekular atau gel silika.



Gambar 1-4. Diagram alir proses Dehydrate:⁸ (1) kolom absorpsi, (2) sill glikol, (3) drum vakum.

Pengambilan Hidrokarbon yang Bisa Mengembun

Hidrokarbon lebih berat dari metana yang ada dalam gas alam merupakan bahan mentah berharga dan bahan bakar yang penting. Hidrokarbon ini bisa diambil melalui ekstraksi dengan minyak miskin (lean). Tahap pertama dalam skema ini adalah mendinginkan gas yang diolah dengan memindahkan panasnya ke propana cair. Gas didinginkan ini kemudian dicuci dengan cairan hidrokarbon dingin. Gas yang tak mengembun merupakan gas alam kering dan terutama mengandung metana dengan sejumlah kecil etana dan hidrokarbon lebih berat. Hidrokarbon yang mengembun atau cairan-cairan gas alam (NGL) dibersihkan dari pelarut kayanya, pelarut ini kemudian didaur-ulang. Tabel 1-2 membandingkan analisa gas alam sebelum dan sesudah pengolahan.¹¹ Gas alam kering kemudian mungkin digunakan sebagai bahan bakar atau sebagai bahan baku kimia.

Cara lain untuk menghasilkan NGL adalah melalui pendinginan kriogenik hingga ke temperatur sangat rendah (-101°C hingga -118°C), yang dicapai terutama melalui ekspansi adiabatik gas masuk. Pertama-tama gas masuk diolah untuk mengambil air dan gas-gas asam, kemudian didinginkan melalui pertukaran panas dan refrigeran. Pendinginan lebih lanjut gas dilakukan melalui ekspander turbo, dan gas dikirim ke demetanizer untuk memisahkan metana dari NGL. Peningkatan produk NGL dapat dicapai melalui strategi pengendalian yang lebih baik dan memakai analisa kromatografi gas on-line.¹²

Tabel 1-2
Contoh analisa gas alam sebelum dan setelah pengolahan¹¹

Komponen %- mol	Umpan	Gas dalam jalur pipa
N ₂	0,45	0,62
CO ₂	27,85	3,5
H ₂ S	0,0013	-
C ₁	70,35	94,85
C ₂	0,83	0,99
C ₃	0,22	0,003
C ₄	0,13	0,004
C ₅	0,06	0,004
C ₆₊	0,11	0,014

CAIRAN-CAIRAN GAS ALAM (NGL)

Cairan-cairan gas alam (hidrokarbon yang bisa mengembun) adalah hidrokarbon yang lebih berat dari metana yang diambil dari gas alam. Banyaknya NGL sangat bergantung pada persentasi hidrokarbon lebih berat yang ada dalam gas dan bergantung pada efisiensi proses yang dipakai untuk mengambilnya. (Persentasi tinggi biasanya didapat dari gas terasosiasi.)

Cairan gas alam normalnya difraksionasi untuk memisahkannya menjadi tiga aliran:

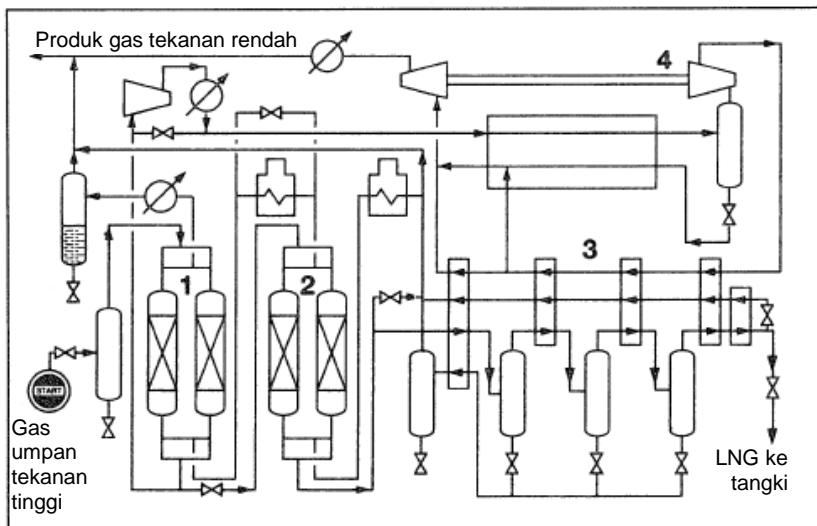
1. Aliran kaya-etana, yang dipakai untuk produksi etilena.
2. Gas petroleum dicairkan (LPG), yang merupakan campuran propana-butana. Ini terutama digunakan sebagai bahan bakar atau bahan baku kimia. Gas petroleum dicairkan merupakan bahan baku penting untuk produksi olefin. Diperkirakan bahwa pasar dunia (LPG) untuk bahan kimia akan berkembang dari konsumsi 23,1 juta ton di tahun 1988 menjadi 36,0 juta ton pada sekitar tahun 2000.¹³
3. Bensin alam (NG) terutama mengandung hidrokarbon C₅⁺ yang ditambahkan ke bensin untuk menaikkan tekanan uapnya. Bensin alam biasanya dijual sesuai dengan tekanan uapnya.

Cairan-cairan gas alam mungkin mengandung sejumlah sikloheksana yang cukup banyak, yang merupakan pemicu untuk pembuatan nilon-6 (Bab 10). Pengambilan sikloheksana dari NGL sulit dilakukan dengan distilasi biasa dan tidak ekonomis karena adanya isomer heptana yang mendidih pada temperatur hampir sama dengan sikloheksana. Suatu proses distilasi ekstraksi terakhir dikembangkan oleh Phillips Petroleum Co. untuk memisahkan sikloheksana ini.¹⁴

Gas Alam Dicairkan (LNG)

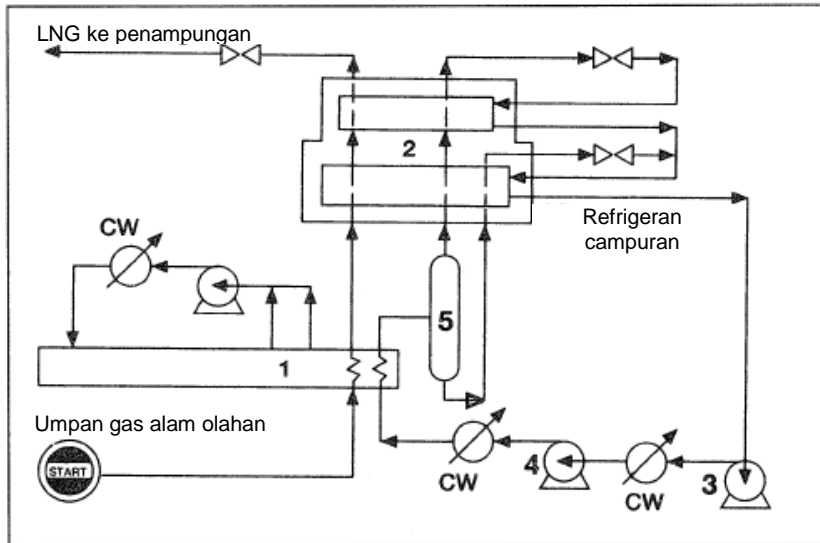
Setelah pengambilan cairan-cairan gas alam, gas alam manis kering mungkin dicairkan untuk transportasi melalui tangker kriogenik. Pengolahan lebih lanjut diperlukan untuk mengurangi air hingga di bawah 10 ppm dan karbon dioksida serta hidrogen sulfida secara berurutan hingga kurang dari 100 dan 50 ppm.

Dua cara umumnya dipakai untuk mencairkan gas alam: siklus ekspander dan refrigerasi mekanikal. Pada siklus ekspander, sebagian gas diekspansi dari tekanan transmisi tinggi ke tekanan lebih rendah. Ini akan menurunkan temperatur gas. Melalui pertukaran panas, gas dingin ini mendinginkan gas yang datang, yang dengan cara serupa mendinginkan lebih banyak gas datang hingga temperatur pencairan metana bisa dicapai. Gambar 1-5 adalah diagram alir untuk siklus ekspander untuk pencairan gas alam.¹⁵



Gambar 1-5. Diagram alir siklus ekspander untuk mencairkan gas alam:¹⁵ (1, 2) pengolahan awal (saringan mol.), (3) penukar panas, (4) turboekspander.

Pada refrigerasi mekanikal, suatu refrigeran multi-komponen yang terdiri dari nitrogen, metana, etana, dan propana dipakai melalui suatu siklus berurutan. Bila cairan ini menguap, panas yang diperlukan diambil dari gas alam, yang akan kehilangan energi/temperatur hingga mencair. Gas refrigeran ini lalu ditekan ulang dan didaur-ulang. Gambar 1-6 memperlihatkan proses pencairan gas alam MCR.¹⁵ Tabel 1-3 mendaftar sifat penting campuran gas alam dicairkan.



Gambar 1-6. Proses MCR untuk pencairan gas alam:15 (1) pendingin, (2) penukar panas, (3,4) kompresor dua tahap, (5) separator fasa cair-uap.

Tabel 1-3
Sifat-sifat penting campuran gas alam dicairkan

Densitas, kg/m ³	43,25
Titik didih, °C	-158
Nilai kalorifik, kJ/kg	49311
Volume spesifik, m ³ /kg	0,0024
Temperatur kritis, °C*	-82,3
Tekanan kritis, atm*	-46

* Temperatur dan tekanan kritis untuk metana cair murni.

SIFAT-SIFAT GAS ALAM

Gas alam yang diolah terutama mengandung metana; sifat keduanya (gas alam dan metana) hampir serupa. Namun, gas alam bukanlah metana murni, dan sifatnya terpengaruh oleh adanya zat pengotor, seperti N₂ dan CO₂ dan sejumlah kecil hidrokarbon lebih berat yang tak terpisahkan.

Salah satu sifat penting gas alam adalah nilai panasnya. Jumlah nitrogen dan/atau karbon dioksida yang relatif lebih tinggi akan menurunkan nilai panas gas tersebut. Metana murni memiliki nilai panas 1.671 kJ/m³. Nilai ini turun menjadi hampir 1.490 kJ/m³ jika gas mengandung sekitar 10% N₂ dan CO₂. (Nilai panas nitrogen atau karbon dioksida adalah nol.) Pada sisi lain, nilai panas gas alam bisa melebihi metana karena adanya hidrokarbon berberat molekul lebih-tinggi, yang memiliki nilai panas lebih tinggi. Sebagai contoh, nilai panas etana adalah 2.981 kJ/m³, dibandingkan dengan 1.671 kJ/m³ untuk metana. Nilai panas hidrokarbon yang biasanya terkandung dalam gas alam ditunjukkan pada Tabel 1-4.

Tabel 1-4
Nilai panas metana dan hidrokarbon lebih berat
yang ada dalam gas alam

Hidrokarbon	Formula	Nilai panas kJ/m ³
Metana	CH ₄	1.671
Etana	C ₂ H ₆	2.981
Propana	C ₃ H ₈	3.808
Isobutana	C ₄ H ₁₀	5.387
n-Butana	C ₄ H ₁₀	5.401
Isopentana	C ₅ H ₁₂	6.623
n-Pentana	C ₅ H ₁₂	6.640
n-Heksana	C ₆ H ₁₄	7.865
n-Heptana	C ₇ H ₁₆	9.110

Gas alam biasa dijual sesuai dengan nilai panasnya. Nilai panas satu produk gas merupakan fungsi dari zat yang ada dalam campuran tersebut. Pada perdagangan gas alam, nilai panas satu juta BTU (1,055 juta kJ) hampir sama dengan 1.000 ft³ (28,3 m³) gas alam.