

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional Daerah Penelitian

Daerah obyek penelitian dalam tulisan ini terletak di cekungan Arjuna, pada koordinat $005^{\circ}54'10.00''$ LS dan garis bujur $107^{\circ}56'28.50''$ BT, kurang lebih 85 km arah timur laut Jakarta. Cekungan Arjuna adalah salah satu sub cekungan pada wilayah pantai Jawa Barat Utara yang merupakan salah satu cekungan busur belakang di Indonesia bagian barat. Lihat kembali (gambar 1.1)

Secara umum hubungan stratigrafi dan litologi dari lapisan-lapisan batuan sedimen yang diendapkan di cekungan Arjuna sebagian besar masih banyak kerumitannya, yang mana banyak terdapat perubahan fasies dan ketebalan lapisannya. Cekungan ini terbentuk pada jaman kapur akhir sampai tersier awal (Soejitno dan Yahya, 1974, vide Schlumberger, 1986). Sedangkan pengendapan batuan sedimennya berlangsung selama masa tersier awal *Eosen* hingga *kuarter* (Newman, 1973).

Penurunan daerah cekungan terus berlangsung dengan lautan menutupi seluruh daerah lereng cekungan sebelah selatan melalui jalur yang terletak diantara punggung - punggung yang memisahkan bagian cekungan yang lebih kecil. Denudasi dan gerak penurunan berlangsung terus, genang laut selama masa miosen menutupi seluruh cekungan Sunda dan mengendapkan sedimen - sedimen klastik yang halus dari formasi *Cibulakan*. Dengan terisinya bagian-bagian cekungan,

maka terbentuk suatu permukaan endapan datar.

Kemudian terjadi pengangkatan - pengangkatan lemah di bagian pinggir dan dibarengi dengan penurunan permukaan laut secara regional, kemudian diendapkan sedimen - sedimen klastik yang mempunyai butir lebih kasar dari formasi *Banakat*, serta batu gamping dari formasi *Parigi*. Setelah itu terjadi genang laut kembali pada akhir miosen tengah. Pada saat ini diendapkan batu lempung asal laut dan batu pasir dari formasi *Cisubuh* (Newman, 1973).

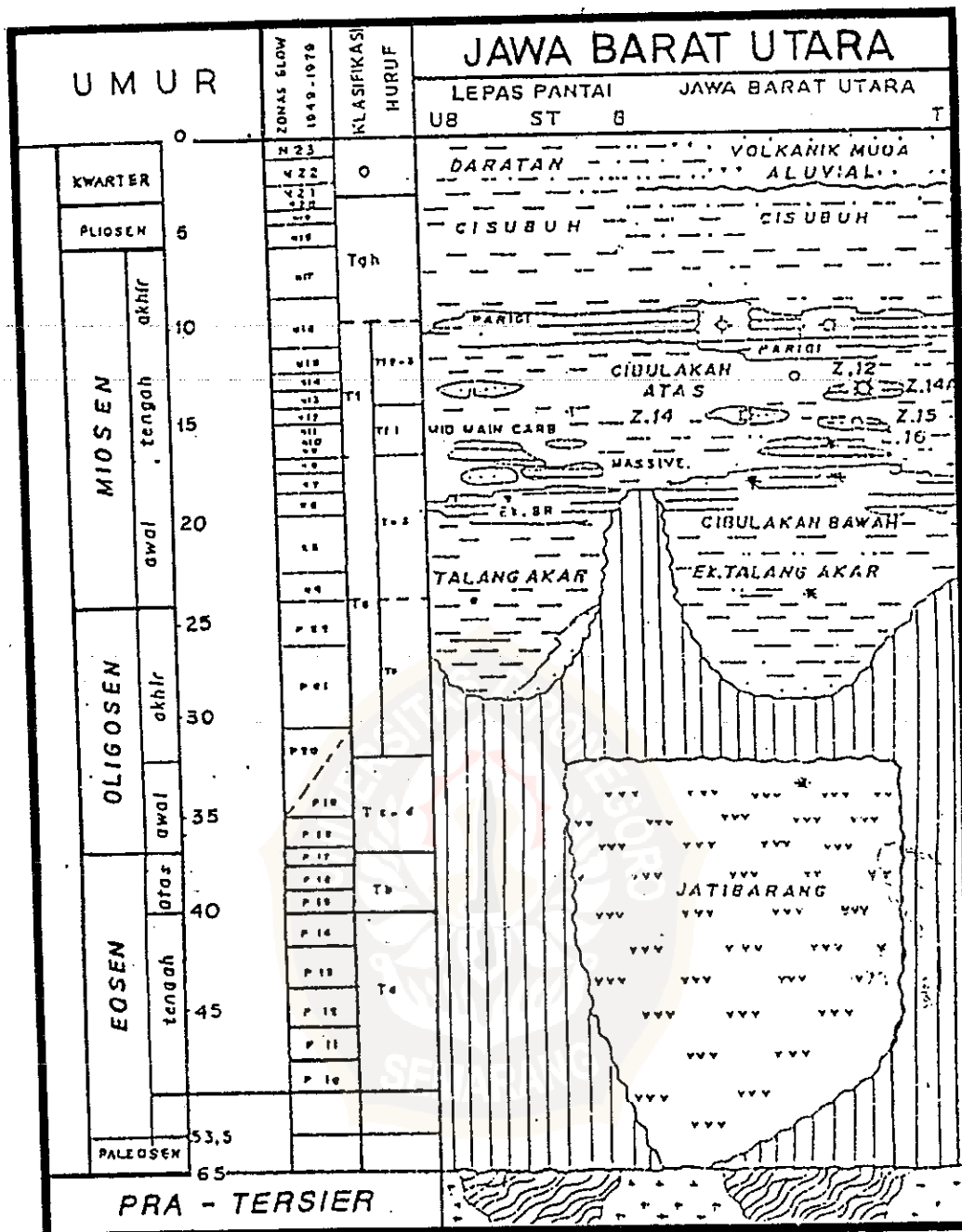
2.2. Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

Cekungan Arjuna pada umumnya mempunyai susunan stratigrafi yang sama dengan cekungan lainnya di daerah cekungan Jawa Barat Utara. Cekungan Arjuna ini tersusun oleh batuan sedimen tersier yang menumpang secara tidak selaras di atas batuan dasar. Urutan stratigrafi cekungan Arjuna ini dimulai dari yang berumur tua sampai yang berumur muda secara singkat dapat dilihat pada (gambar 2.1) yang terdiri dari (Ponto dkk, 1988)

- a. Formasi Jatibarang
- b. formasi Cibulakan
- c. Formasi Parigi.
- d. Formasi Cisubuh.

a. Formasi Jatibarang

Formasi ini secara tidak selaras menumpang di atas



Gambar 2.1 : Urutan Stratigrafi Daerah Jawa Barat Utara (Ponto dkk, 1986)

batuan dasar. Litologi penyusun formasi ini di daerah lepas pantai, terdiri atas : batu pasir, batuan vulkanik, batu bara tipis dan batulempung. (Newman, 1973)

b. Formasi cibulakan

b.1. Formasi Cibulakan Bawah

Formasi Cibulakan Bawah berumur Eosen hingga Miosen Awal, terletak tidak selaras di atas formasi Jatibarang. Formasi ini terdiri atas anggota Talang Akar dan batu gamping Baturaja. Anggota Talang Akar terdiri atas serpih berselang-seling dengan batupasir, batulanau, dan batubara. Anggota batugamping Baturaja melensa dengan Anggota Talang Akar dan hampir semuanya terdiri atas batugamping.

b.2. Formasi Cibulakan Atas

Formasi ini berumur akhir Miosen hingga Miosen pertengahan, terdiri atas batulempung berselang - seling dengan batupasir glaukonit berukuran sangat halus hingga sedang. Batugamping berukuran tipis hingga tebal hadir pada bagian atas formasi Cibulakan Atas. Formasi ini terbagi menjadi tiga anggota yaitu Massive, Main, dan Pre-parigi.

c. Formasi Parigi

Di atas formasi Main diendapkan secara selaras formasi Parigi yang terbentuk karena terjadinya penyusutan cekungan Jawa Barat Utara dan berkurangnya suplai sedimen menyebabkan terhentinya pengendapan formasi Cibulakan Atas. Formasi ini

tersusun oleh batu gamping dengan warna abu - abu muda, batu gamping dolomit dan batu gamping pasiran (Newman, 1973).

d. Formasi Cisubuh

Formasi ini diendapkan secara selaras di atas formasi Parigi. Formasi ini tersusun oleh batu lempung yang lunak, warna hijau keabu - abuan sampai abu - abu kecoklatan dengan sisipan pasiran dan gampingan. Formasi ini pada bagian bawah kadang - kadang dijumpai fosil fauna laut, sedangkan di bagian atasnya berupa pasiran yang jarang dijumpai fosil. Formasi ini diendapkan pada masa Pliosen sampai Plistosen dengan lingkungan pengendapan yang berlahan - lahan turun ke arah laut serta dipengaruhi oleh kegiatan vulkanisme yang aktif (Newman, 1973)

2.3. Struktur

Dengan adanya konsep tektonik lempeng, saat ini pada pinggiran pertemuan dua lempeng (lempeng samudra dan lempeng benua) terjadi berbagai gaya kompresi yang menyebabkan terjadinya perlipatan yang ketat sekali. Dalam cekungan sedimen, perlipatan yang ketat ini tidaklah terlalu baik untuk terjebaknya akumulasi minyak bumi, karena struktur batumannya menjadi rumit. Di daerah cekungan Jawa Barat Utara, struktur perlipatan berhubungan dengan struktur patahan yang menerus ke dalam dasar cekungan. Perlipatan ini sering pula berhubungan dengan perlipatan patahan tumbuh, selain itu dengan adanya sistem ini lipatan yang didapatkan

sering berupa lipatan yang sangat landai, bahkan akan dapat berkembang membentuk patahan naik (Soejitno, Vide Schlumberger, 1986)

Terdapatnya patahan sebagai penyebab perlipatan, terutama terjadi dalam cekungan sedimen di belakang suatu busur lipatan yang ketat atau cekungan daratan muka (*foreland basin*), seperti di daerah cekungan Jawa Barat Utara. Lipatan tersebut biasanya menjadi tempat tumbuhnya terumbu, sedangkan batuan dasarnya menjadi sumber sedimen untuk daerah sekitarnya.

Pembentukan struktur utama di cekungan Jawa Barat Utara ini disebabkan oleh adanya tumbukan antara lempeng Sunda, lempeng kecil Kangean dan lempeng Samudra Hindia, yang terjadi pada masa Kapur Akhir.

Dengan adanya tumbukan ini menghasilkan lipatan, patahan dan graben dengan arah Timur Laut - Barat Daya. Mungkin pada saat tumbukan ini menyebabkan terbentuknya cekungan Arjuna (gambar 2.2)

2.4. Gas Hazard

Yang dimaksud dengan gas hazard adalah setiap gas yang mempunyai potensi merusak (*destructif*) terhadap lingkungan. Dalam industri perminyakan golongan gas ini dianggap bersifat destruktif, karena dapat menimbulkan problem dalam proses produksi minyak dan gas.

Gas hazard terdiri atas gas non hidrokarbon dan gas hidrokarbon. Dalam tulisan ini akan dibahas terlebih dulu

tentang gas hazard non hidrokarbon, setelah itu baru dibahas gas hazard dari golongan hidrokarbon.

2.4.1. Gas Non Hidrokarbon

Gas hazard non hidrokarbon yang sering mengganggu dalam proses produksi adalah hidrogen sulfida (H_2S), yaitu akan menyerang tubing produksi, saluran dan katup alir, karena sifatnya yang korosif. Selain itu karbondioksida (CO_2) juga merupakan gas non hidrokarbon lain yang sering terdapat dalam lapangan minyak.

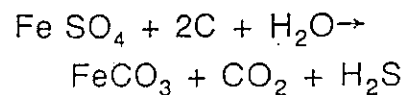
Kedua gas di atas dapat terbentuk secara anorganik maupun organik. Formasi anorganik biasanya berkaitan dengan proses-proses vulkanik dan atau geotermal. Sedangkan formasi organik dapat terjadi dengan beberapa cara, dua diantaranya akan dibahas di bawah ini.

Pertama, karbondioksida terbentuk selama oksidasi materi organik, dihasilkan dari infasi air tanah, degradasi bakteri, atau kombinasi keduanya. Proses-proses ini dapat terjadi pada tingkat yang sangat awal. Hancurnya materi organik sebelumnya, dapat dikonversikan menjadi hidrokarbon, atau pada tingkat selanjutnya, sebagai minyak terdegradasi.

Kedua, karbondioksida dapat terbentuk setelah terpendam, dan terbebas sebagai oksigen dari materi organik. Proses-proses ini berlangsung terutama untuk menghasilkan minyak dan gas.

Gas nonhidrokarbon kedua yang penting, yaitu hidrogen sulfida, gas ini seperti karbondioksida dapat terjadi secara

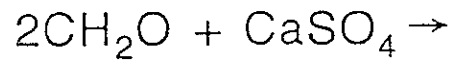
organik maupun anorganik dalam beberapa cara. Bakteri pereduksi sulfat, bekerja pada logam sulfat air laut dalam senyawa karbon, dapat menghasilkan logam karbonat, bersama-sama dengan gas karbondioksida dan hidrogen sulfida. Proses ini terjadi pada udara bebas, air payau, atau air yang mandeg. Senyawa logam yang paling umum berkenaan dengan proses-proses ini adalah besi sulfat, yang menghasilkan besi karbonat (gambar 2.3).



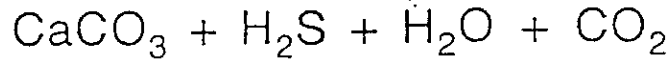
Gambar 2.3 Rumus untuk mendapatkan gas karbon dioksida dan gas hidrogen sulfida dari besi sulfat dan senyawa karbon

Beberapa H_2S yang dihasilkan akan terlepas ke atas melalui difusi, terutama sedimen-sedimen bioturbated. Walaupun demikian, jika besi yang cukup reaktif tersebut hadir, akan bereaksi untuk membentuk *pyrite* (FeS_2), dan sebagian kecil akan terlepas.

Telah diketahui bahwa gas yang bermutu rendah (kaya akan hidrogen sulfida) secara umum terjadi dalam lingkungan hidrokarbon, dimana sejumlah besar berbentuk uap. Mineral garam yang paling umum dari anhidrit, yaitu kalsium sulfat. Dalam kehadiran materi organik, anhidrit mungkin dikonversi menjadi kalsit, yang menyebabkan dihasilkannya hidrogen sulfida, sebagaimana karbondioksida (gambar 2.4)



Organic Matter + Anhydrite →

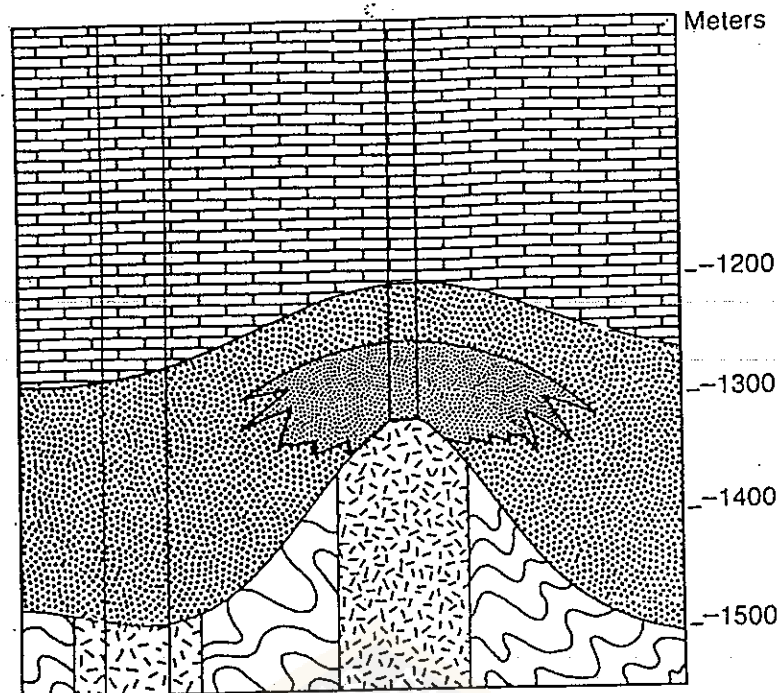


Calcite + Hydrogen Sulfide + Water + Carbon Dioxide

Gambar 2.4 Gas hidrogen sulfida dan gas karbon dioksida dihasilkan dari anhydrite

Hidrogen sulfida mungkin dihasilkan selama suhu pematangan minyak mentah bersulfur tinggi. Gas nonhidrokarbon lembam adalah : Helium, neon, argon, krypton, radon, dan xenon. Sedangkan nitrogen adalah gas nonaktif yang umum terdapat. Gas-gas ini sering ditemukan dalam lubang bor dalam jumlah yang sedikit bercampur dengan gas hidrokarbon dan minyak mentah. Namun kadang-kadang nitrogen dalam jumlah lebih banyak ditemukan bercampur dengan gas-gas hidrokarbon.

Kadangkala gas-gas lembam dan nonaktif terjadi seperti akumulasi, benar-benar terjadi (gambar 2.5) adalah penampang lintang melalui sumbatan vulkanik terpendam di Kanada Barat. Lubang bor membor ke dalam silstone silicified, mengenai sumbatan vulkanik, ditemukan sebagian besar gas lembam dengan tidak berasosiasi terhadap hidrokarbon. Gas ini 97% adalah nitrogen, 2% helium, dan 1% CO₂. Ketidakhadiran hidrokarbon dan adanya dasar sumbatan vulkanik memberi kesan kuat bahwa gas-gas ini mempunyai asal-usul anorganik, telah



Gambar 2.5 Skema penampang lintang sumbatan vulkanis terpendam di Kanada Timur memperlihatkan lokasi akumulasi gas lembam dalam batulanau

terbebas dari kedudukan batuan dasar yang dalam. Ini memperlihatkan kemungkinan bahwa gas-gas yang ditemukan di bagian bawah permukaan biasanya berasal-usul anorganik.

2.4.2. Gas-gas Hidrokarbon

Gas-gas hidrokarbon dapat didefinisikan berdasarkan kejadiannya, yaitu :

- a. *Gas bebas*, yaitu gas hidrokarbon yang berada pada fase gas dalam reservoar, dan tetap dalam fase gas saat diproduksi.
- b. *Gas terlarut*, didefinisikan sebagai gas alam dalam larutan

minyak mentah dalam suatu reservoir. Berkurangnya tekanan pada saat minyak diproduksi dari reservoir sering menyebabkan gas terlarut dibebaskan dari minyak sebagai gas bebas.

c. *Gas terasosiasi*, adalah gas alam yang berfungsi sebagai gas penutup yang berada di atas dan bersinggungan dengan minyak mentah dalam suatu reservoir.

d. *Gas tak terasosiasi*, adalah gas alam dalam reservoir yang tidak berasosiasi dengan minyak mentah (gambar 2.6)

Gas alam dapat juga dikelompokkan menurut komposisi hidrokarbon :

a. *Gas kering*, adalah senyawa yang hampir seluruhnya berupa methane (CH_4), senyawa hidrokarbon ringan merupakan unsur pokok dalam sebagian besar gas alam.

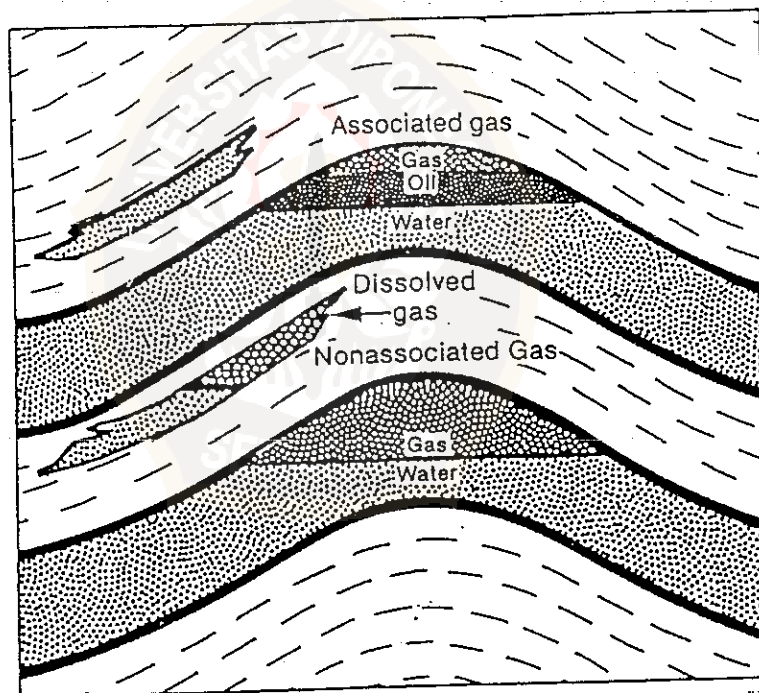
b. *Gas basah*, mengandung unsur utama *methane*, dan campuran gas hidrokarbon berat, termasuk *ethane*, *propane*, dan *butane*.

Beberapa gas hidrokarbon dapat dihasilkan secara anorganik. Sejumlah kecil terekam dari erupsi organik, dan gas-gas geotermal. Meskipun begitu, sebagian besar gas hidrokarbon alam dihasilkan melalui transformasi materi organik

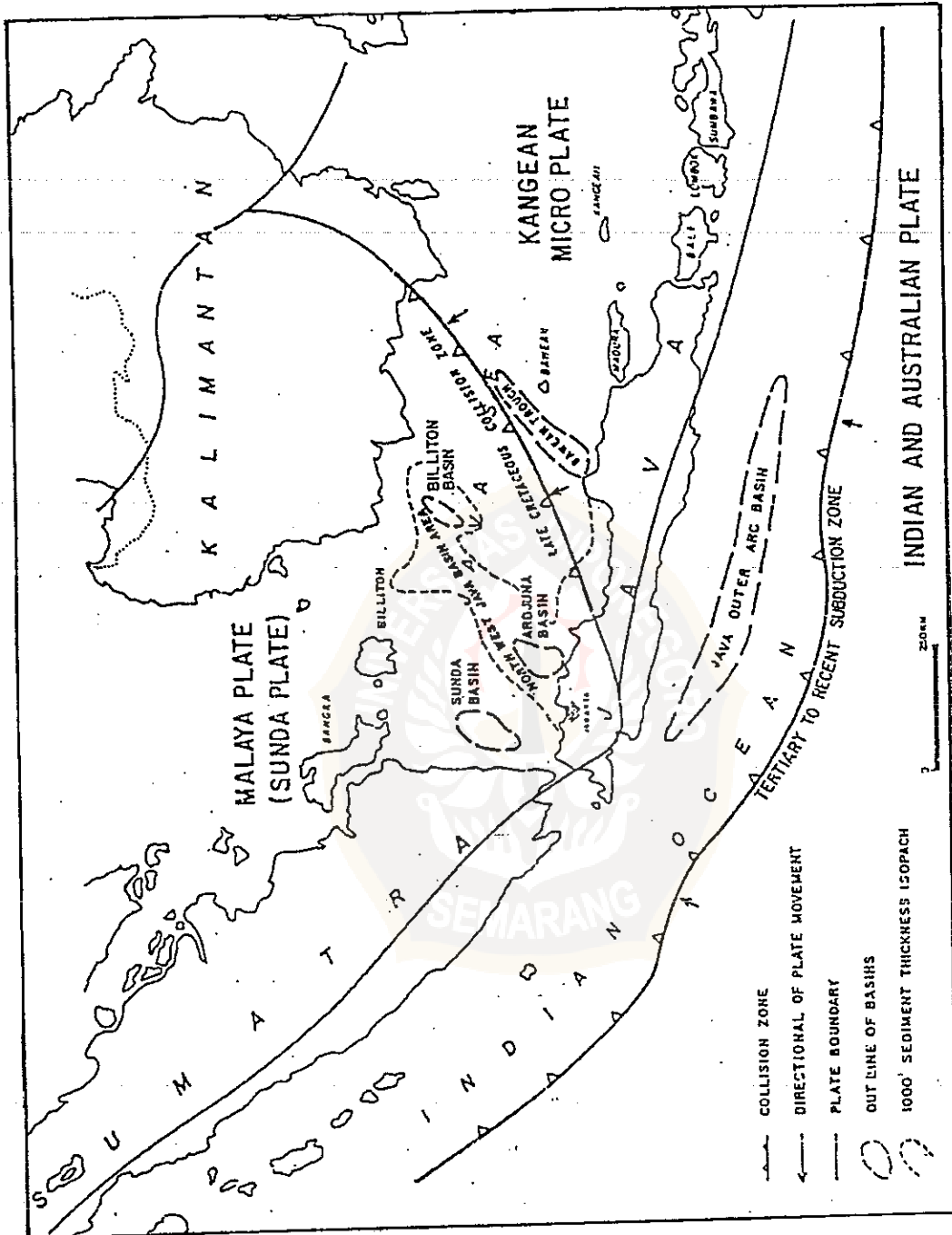
Satu tipe, disebut gas marsh, terbentuk secara biogenik, sebagai produk dari pembusukkan bakteri. Hal ini hanya terjadi dekat permukaan. Walaupun begitu di bawah permukaan yang dalam, gas alam secara umum dihasilkan sebagai akibat transformasi suhu materi organik.

Gas hidrokarbon ringan, yaitu methane (CH_4) yang memiliki struktur molekul tetrahedral sederhana. Jejak methane biasa terekam sebagai gas lempung (*shale*) atau gas latar dalam pemboran sumur minyak. Walaupun begitu keberadaannya tidak selalu mengindikasikan adanya reservoir hidrokarbon yang komersial.

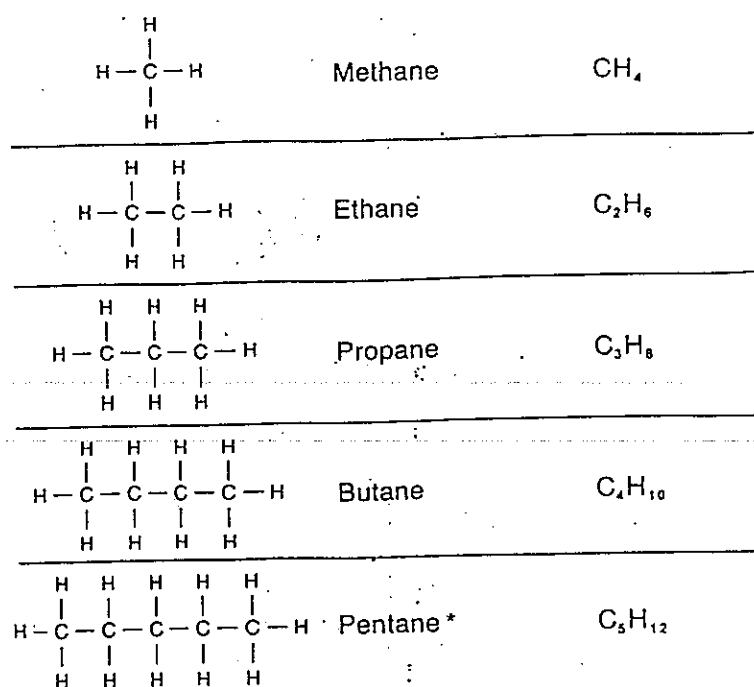
Methane adalah urutan yang pertama dalam deret struktur molekul hidrokarbon, yang disebut parafin. Deret parafin ini memiliki rumus dasar $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, (lihat gambar 2.7) Gas hidrokarbon dalam deret ini adalah *ethane*, *propane*, *butane*, kadang-kadang *pentane*. Gas parafin berat biasanya terbentuk secara biogenik. Gas-gas ini terbentuk terutama oleh



Gambar 2.6 Skema penampang lintang memperlihatkan habitat dari gas terasosiasi dan gas takterasosiasi. Larutan gas dapat terjadi dalam reservoir minyak



Gambar 2.2 : Kerangka Tektonik Indonesia Bagian Barat
 (Soeiyitno, Vide Schlumberger, 1986)



Gambar 2.7 Gas-gas hidrokarbon dari deret parafin

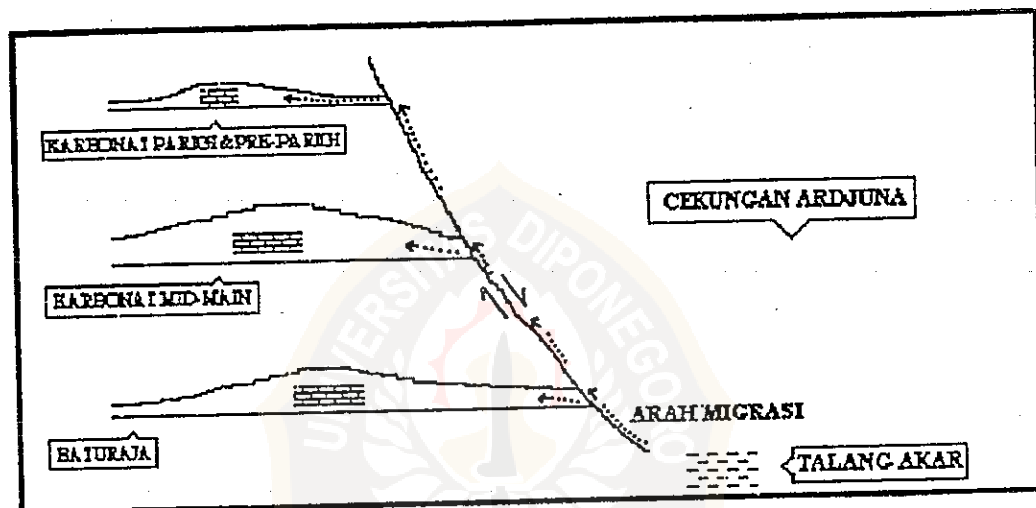
suhu pematangan materi organik. Jika molekul berat ini terekam oleh detektor selama pemboran sumur, gas-gas tersebut seringkali mengindikasikan reservoar hidrokarbon atau batuan induk.

2.5. Migrasi Gas (Gas Migration)

Migrasi secara umum diartikan sebagai pergerakan hidrokarbon dari batuan sumber menuju batuan reservoar, yang biasanya melewati suatu batuan yang permeabel, misalnya *siltrock* ataupun batuan yang rekah-rekah. Namun sebenarnya tidak hanya hidrokarbon saja yang dapat bermigrasi, non hidrokarbonpun dapat melakukan migrasi, misalnya gas non hidrokarbon, yang biasanya berupa gas ikutan (*impurity gas*),

dalam jumlah yang sangat kecil.

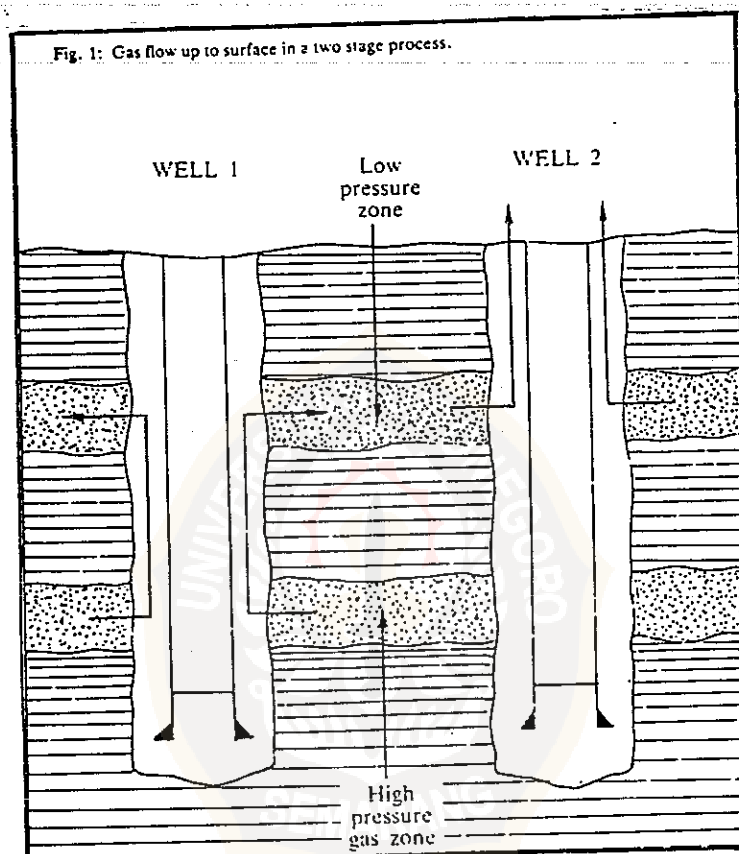
Pada patahan, gas hazard akan bermigrasi ke atas mengikuti bidang patahan. Migrasi dapat dibedakan dalam dua cara yaitu : Migrasi primer, gas hazard keluar dari tempat asalnya, masuk ke dalam batuan yang lebih sarang (*porous*) yang sering disebut lapisan penyalur (*carrier bed*), dan migrasi sekunder, yang mana gas hazard bergerak sepanjang lapisan penyalur menuju ke tempat akumulasi (gambar 2.8)



Gambar 2.8 Migrasi primer dan sekunder

Pada sumur-sumur minyak yang belum selesai dibor, tapi telah dipasang casing dan disemen, sering didapati bahwa semen pada sumur minyak mengalami rekah-rekah, akibat proses penyemenan yang tak sempurna. Semen-semenan yang telah rekah-rekah tersebut dapat dipakai oleh gas sebagai jalan untuk bermigrasi ke atas (migrasi vertikal). Apabila gas tersebut telah berhasil mencapai permukaan dangkal, maka akan

sangat membahayakan keberadaan sumur minyak beserta isinya. Gas ini dapat pula bermigrasi secara horisontal melalui lapisan bertekanan rendah dan sarang, untuk kemudian merambat melalui rekahan-rekahan sumur-sumur yang lain, dan akhirnya menyebabkan terjadinya *blowout* pada sumur - sumur lain dalam lapangan itu. Lihat (gambar 2.9)



Gambar 2.9 Migrasi vertikal dan horizontal pada sumur-sumur minyak saat awal pemasangan casing dan penyemenan

Pada lapangan-lapangan minyak yang sumur-sumurnya telah berproduksi relatif lama (di atas 15 tahun), juga sering terjadi kerekahan pada dinding-dinding semen sumur, karena faktor alamiah, seperti suhu dan tekanan. Namun karena