

Analisis Portofolio Untuk Optimalisasi Proyek Studi Kasus: Proyek Pemboran Eksplorasi Migas PT Pertamina (Persero) DOH JBB

Sudarso Kaderi Wiryono
Sekolah Bisnis dan Manajemen
Institut Teknologi Bandung
Asep Samsul Arifin
PT Pertamina EP

Abstrak

Pemilihan dan evaluasi prospek-prospek eksplorasi minyak dan gas bumi (migas) di suatu daerah, pada umumnya dilakukan dengan mengkaji dua aspek utama, aspek teknis dan aspek keekonomian. Evaluasi aspek teknis difokuskan pada kajian mengenai seberapa besar kemungkinan keberadaan migas (probability of oil and gas occurrence) di suatu tempat. Sementara itu, di sisi lain, kajian keekonomian dilakukan berdasarkan besarnya sumberdaya yang diperkirakan akan diperoleh dari prospek tersebut. Besarnya sumberdaya yang diperkirakan juga mengandung suatu nilai Risiko yaitu Risiko ukuran (risk size). Berdasarkan ukuran sumberdaya ini, indikator-indikator keekonomian, sebagaimana penilaian investasi proyek pada umumnya, dapat ditentukan.

Mekanisme penilaian kedua aspek tersebut, pada umumnya, masih dilakukan secara individual terhadap masing-masing prospek. Untuk mengoptimalkan pemilihan dan perencanaan proyek eksplorasi tersebut, suatu aspek diversifikasi dari portofolio dapat diterapkan. Dengan aspek ini, proyek-proyek pemboran eksplorasi yang terpilih dalam satu tahunnya, diharapkan akan memberikan suatu nilai pengembalian harapan yang maksimum (maximum expected return) dengan tingkat Risiko minimum (minimum risk).

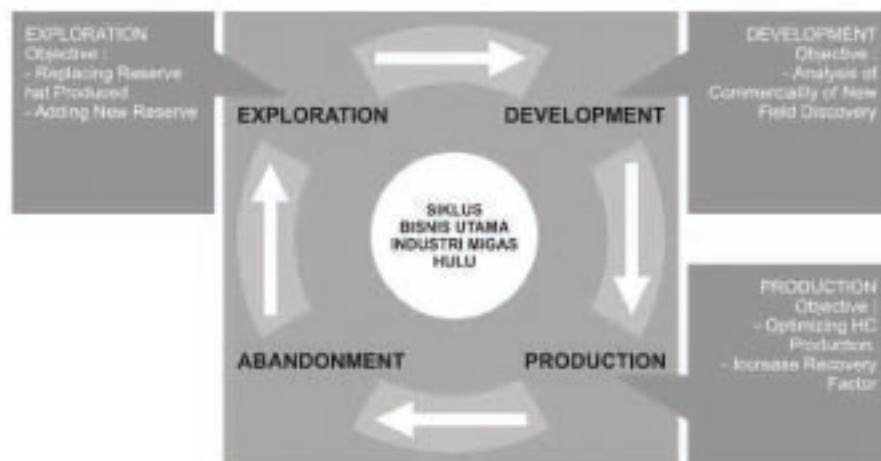
Kajian dilakukan pada rencana sepuluh proyek pemboran eksplorasi terpilih di PT PERTAMINA DOH JBB (proyek A sampai dengan proyek J). Dari kesepuluh proyek yang ada, dibentuk suatu portofolio yang terdiri dari masing-masing tiga proyek. Dari bentukan portofolio tersebut, setidaknya dapat dibedakan tiga kelompok portofolio utama. Kelompok pertama dan kelompok kedua merupakan kelompok dengan tingkat pengembalian minimum dan Risiko minimum (low risk-low return) dengan

tingkat deviasi antara US \$ 2 juta sampai US \$ 6 juta dan nilai harapan antara US \$ 3 juta sampai US \$ 8 juta. Sementara itu kelompok ketiga dapat dikategorikan sebagai kelompok *portfolio high risk-high return*, yaitu suatu kelompok *portfolio* dengan tingkat pengembalian maksimum tetapi dengan tingkat Risiko yang tinggi pula. Standard deviasi dari kelompok ini adalah berkisar antara US\$ 21 juta sampai US\$31 juta dengan tingkat pengembalian antara US \$10 juta sampai US \$16 juta. Dari hasil analisis terlihat bahwa gabungan proyek C-D-H merupakan gabungan yang terbaik untuk dipilih pada rencana proyek pemboran eksplorasi pada tahun pertama.

Key words: *portfolio analysis, risk analysis, risk measurement, project evaluation, probability of success.*

1. PENDAHULUAN

Siklus bisnis hulu minyak dan gas bumi, secara umum, terdiri dari empat tahapan utama (Gambar 1), yaitu tahapan eksplorasi (*exploration stage*), tahapan pengembangan (*development stage*), tahapan produksi (*production stage*) dan tahapan peninggalan lapangan (*abandonment stage*). Tahapan eksplorasi dengan tujuan mencari dan mendapatkan akumulasi *crude oil* dan gas alam merupakan suatu tahap fundamental dalam aktifitas perusahaan migas sektor hulu, yang secara terus-menerus meningkatkan nilai perusahaannya melalui penambahan cadangan hidrokarbon yang komersial (Chimble dan Chimble, 2004). Cadangan tersebut selanjutnya dievaluasi secara lebih jauh pada tahapan pengembangan, guna melihat prospektifitas dan tingkat komersialitasnya apabila cadangan baru pada lapangan baru tersebut akan diproduksi.



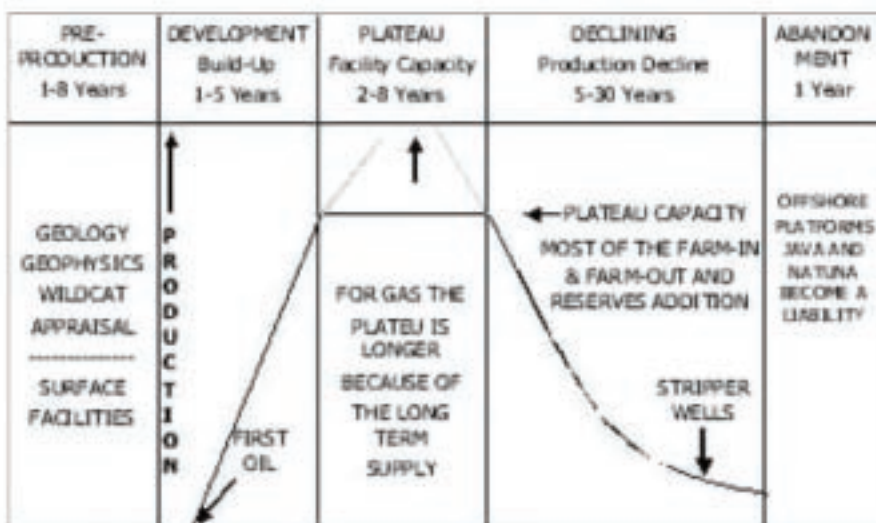
Gambar 1. Empat tahapan utama perusahaan migas di suatu tempat.

Pada tahap produksi, dengan suatu skenario pengembangan lapangan dan sekenario produksi, yang dimuat dalam suatu buku POD (*Plan of Development*) hasil evaluasi pada tahapan sebelumnya, cadangan baru tersebut selanjutnya diproduksi. Secara alamiah, produksi migas akan mengalami penurunan hingga suatu tahap, lapangan tersebut di tinggalkan (*abandonment*). Menurut Ong (2003), keempat tahapan tersebut satu sama lain saling terkait dan membentuk suatu siklus hidup migas seperti terlihat pada gambar 2.

2. EVALUASI PROYEK PEMBORAN EKSPLORASI

Terdapat beberapa hal penting yang menjadi perhatian, terkait dengan proyek-proyek pemboran eksplorasi:

1. Proyek-proyek pemboran eksplorasi sebagai salah satu komponen utama dalam proses bisnis migas seperti pada Gambar 3, memiliki peranan dalam mempertahankan keberlanjutan bisnis (*business sustainable*) migas.



Gambar 2. Siklus hidup suatu lapangan migas

2. Proyek-proyek pemboran eksplorasi merupakan salah satu proyek investasi dalam bisnis migas sektor hulu.
3. Proyek-proyek pemboran eksplorasi sebagai salah satu komponen utama dalam proses bisnis migas seperti pada Gambar 3, memiliki peranan dalam mempertahankan keberlanjutan bisnis (*business sustainable*) migas.
4. Proyek-proyek pemboran eksplorasi merupakan salah satu proyek investasi dalam bisnis migas sektor hulu.
5. Sebagaimana proyek investasi pada umumnya, faktor Risiko tidak dapat terlepas dari proyek-proyek pemboran eksplorasi.
6. Proyek-proyek pemboran eksplorasi dipilih dan direncanakan dari prospek-prospek siap bor hasil evaluasi.

Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, khususnya butir 4), maka kajian dan evaluasi prospek, sangat menentukan gagal atau berhasilnya dalam pemilihan dan perencanaan proyek-proyek pemboran eksplorasi.

2.1. Proses Evaluasi Prospek Eksplorasi

Proses evaluasi prospek eksplorasi merupakan salah satu pekerjaan evaluasi **G&G (Geologi dan Geofisika)**, pekerjaan rutin dan secara nyata terlihat di bagian eksplorasi. Pekerjaan evaluasi prospek diawali dengan mengevaluasi data-data geologi dan geofisika yang tersedia baik secara manual maupun dengan teknologi yang ada. Sebagian dari data G&G tersebut, terlihat pada Tabel 1 berikut.

	DATA RELEVANCE	DATA COVERAGE	DATA QUALITY
SEISMIC DATA	Critical for prospect identification and mapping. Also important for mapping of basin configuration	Seismic grid density compared to prospect acreage	Critical for prospect identification and mapping
WELL DATA	Critical for correlation to seismic data, and determination of geological models	Number of wells penetrating relevant stratigraphic intervals	Critical for correlation to seismic data, and determination of geological models
SURFACE DATA	Limited relevance for prospect identification, quite useful for determination of geological models	Sampling density critical for establishment of correct geological model	Only useful if correlation to seismic data is possible (direct or indirect)
GRAVITY & MAGNETIC DATA	Useful mostly for establishing regional geological models; identification of basement highs, estimates of total sediment thickness, basin configuration and occasionally for prospect definition		
GENERAL	Depending on distance to prospect	Critical for interpolation and extrapolation of geological models to given prospect	Must be evaluated with respect to existence of alternative interpretations and models

Tabel 1. Data yang diperlukan untuk evaluasi suatu prospek di suatu daerah (CCOP, 2000)

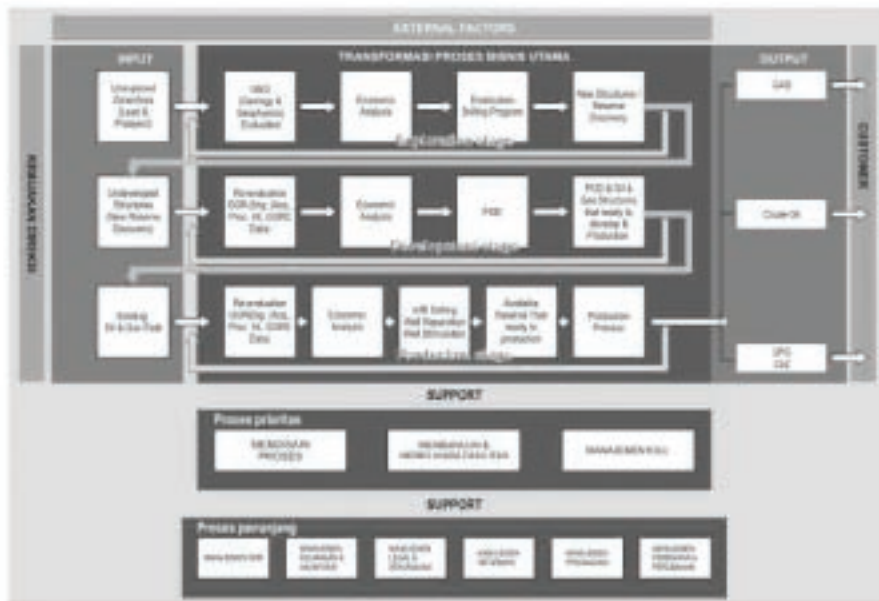
Alur untuk proses evaluasi prospek eksplorasi secara umum digambarkan Otis dan Schneidermann (1997), seperti pada Gambar 4. Proses evaluasi prospek tersebut didahului dengan membangun suatu *play concept*, terdiri dari penilaian terhadap empat unsur utama, batuan sumber, reservoir, bentuk perangkap, serta proses dinamis pergerakan hidrokarbon (*timing dan migration*).

Dari deskripsi mengenai *play concept* tersebut selanjutnya akan diperkirakan mengenai tingkat Risiko (geologi) atau probabilitas ditemukannya suatu hidrokarbon yang dapat diproduksi. Di sisi lain, pada saat yang bersamaan akan diperkirakan mengenai besaran volume hidrokarbon yang mungkin akan ditemukan. Besaran perkiraan volume hidrokarbon ini, akan menjadi dasar untuk estimasi perencanaan engineering, mengenai rencana suatu profil produksi, fasilitas produksi dan juga rencana transportasi.

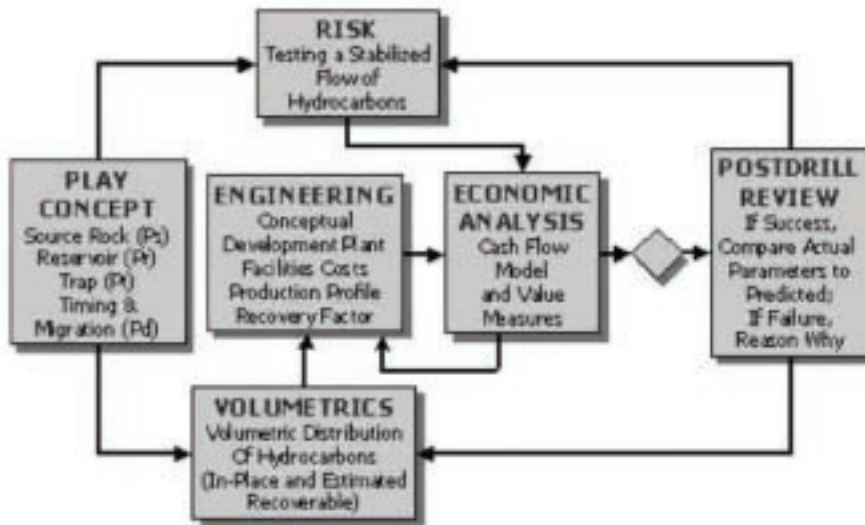
Berdasarkan pada analisa Risiko, estimasi volume hidrokarbon, dan juga perhitungan rencana engineering, selanjutnya akan diteruskan dengan analisa keekonomian. Tahapan-tahapan analisa tersebut akan menjadi suatu acuan untuk menilai kelayakan sebuah prospek yang diusulkan untuk dibor.

2.2. Risiko Eksplorasi.

Bailey et al. (2000) menyebutkan bahwa industri migas hulu dipenuhi oleh Risiko dan ketidakpastian. Risiko bisnis migas hulu menurut De'Ath (1997) dapat dibagi menjadi tiga aspek utama (Gambar 5), yaitu:



Gambar 3. Proses bisnis pengusahaan migas di sektor hulu



Gambar 4. Proses evaluasi prospek eksplorasi

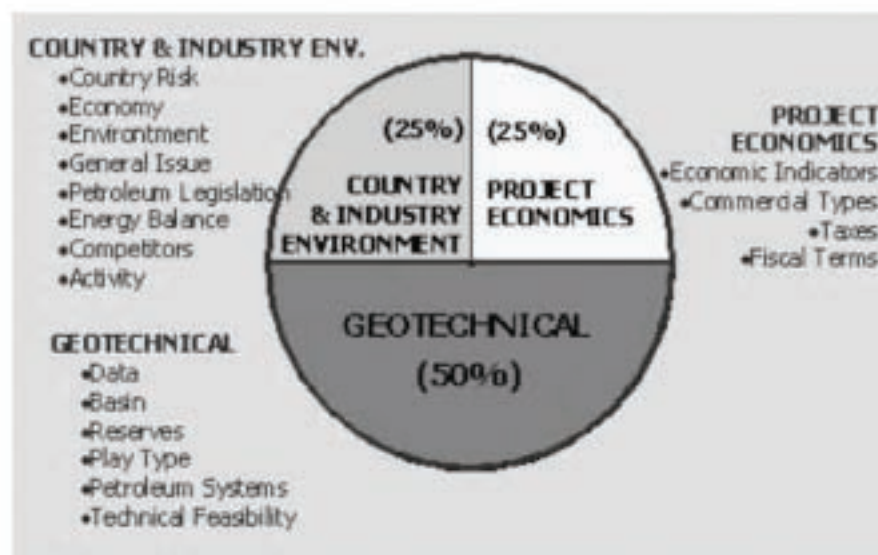
- a. Aspek Risiko Lingkungan Industri dan Keragaman (*Country and Industry Environment Risk*). Aspek Risiko ini berhubungan dengan kondisi usaha di suatu negara tertentu, lingkungan sekitar, serta kaitannya dengan karakteristik jenis bisnis yang bersangkutan. Termasuk dalam aspek Risiko ini adalah: *country risk, country economics, environment, general issue, petroleum legislation, energy balance, competition, dan activity*. Aspek Risiko ini diperlukan dalam evaluasi yang berhubungan dengan strategi bisnis, seperti pada bisnis migas hulu yang baru memulai usahanya di suatu negara (*business entry*).

b. Aspek Risiko Geoteknik (*Geotechnical Risk*)

Aspek Risiko geoteknik merupakan aspek Risiko bisnis hulu yang berhubungan dengan aspek geologi dan teknis operasional. Aspek Risiko ini, berkaitan erat dengan kondisi bumi sebagai objek utama industri hulu migas.

c. Aspek Risiko Ekonomi (*Economic Risk*). Aspek Risiko ini berhubungan dengan aspek keekonomian, khususnya peluang untuk menghasilkan tingkat keuntungan tertentu sebagai tujuan akhir dari proses bisnis hulu. Aspek Risiko ekonomi secara umum meliputi: indikator ekonomi, *commercial types*, pajak dan *production option*. Aspek Risiko ini diperlukan untuk evaluasi yang berhubungan langsung dengan perhitungan keuntungan finansial sebagai akhir proses bisnis.

Dalam mengevaluasi keseluruhan proses mencari keuntungan di bisnis hulu, maka ketiga aspek Risiko tersebut memiliki bobot yang berbeda (Gambar 5), seperti yang dinyatakan oleh De'Ath (1997). Aspek Risiko geologi memiliki bobot 50% sedangkan dua aspek Risiko lainnya memiliki bobot 25%. Dari sini terlihat bahwa pendekatan geologi dalam mengevaluasi tingkat Risiko yang dihadapi oleh bisnis migas hulu memegang peranan yang sangat besar. Penentuannya akan dibahas pada bagian selanjutnya.



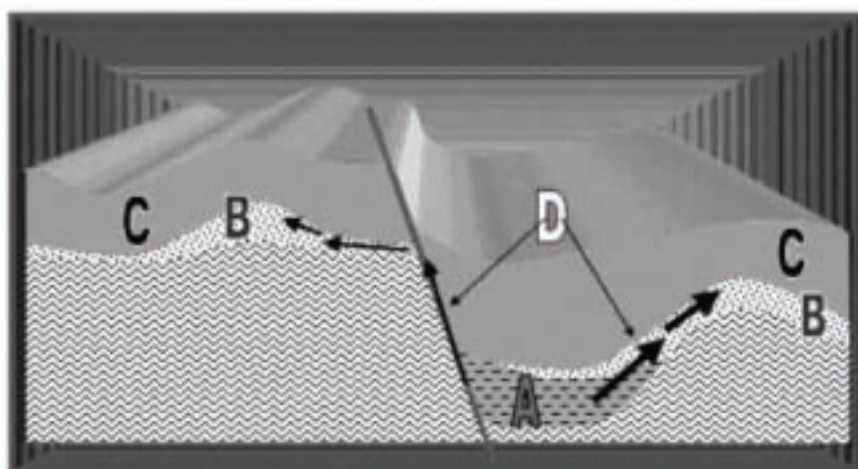
Gambar 5.
Tiga aspek Risiko dalam bisnis hulu

2.3. Mengukur Risiko Geoteknik dalam Eksplorasi Migas

Risiko geologi dinilai dengan mempertimbangkan kemungkinan ada tidaknya empat elemen utama yang saling *independent* dari suatu *play concept* (Otis dan Schneidemann, 1997). Keempat faktor utama tersebut adalah:

- Source rock (batuan induk). Batuan induk merupakan batuan sedimenter, biasanya batuan serpih, mengandung cukup unsur-unsur organik, dan akan menghasilkan (meng-generate) minyak dan gas saat dimatangkan (*heated*) di bawah permukaan bumi (Cole, 2005).

- b. *Reservoir rock* (batuan reservoir). Batuan reservoir merupakan tempat dimana minyak dan gas bumi yang dihasilkan dari *source rock*, terakumulasi atau terkumpul (JNOC-TRC, 2001). Termasuk kedalam batuan reservoir diantaranya adalah batu pasir, batu gamping dan konglomerat.
- c. *Trap Integrity* (bentuk jebakan hidrokarbon). Jebakan hidrokarbon didefinisikan sebagai bentuk atau susunan geometri batuan, tempat dimana migas terjebak atau terakumulasi (JNOC-TRC,2001). Termasuk dalam *trap integrity* adalah batuan penyekat (*seal rock*). *Seal rock* merupakan suatu batuan yang diharapkan dapat menahan larinya hidrokarbon yang terakumulasi dalam suatu batuan reservoir. Bentuk akumulasi hidrokarbon yang paling sederhana adalah antiklin (seperti bentuk sebuah kubah).
- d. *Dynamic Factors* (*timing dan migration*). Termasuk dalam faktor dinamis adalah waktu pembentukan antara batuan reservoir, batuan penyekat (*seal*) dan pembentukan hidrokarbon pada batuan induk dan migrasi atau proses Bergeraknya hidrokarbon dari batuan induk ke batuan reservoir. Ilustrasi dari keempat elemen tersebut terlihat pada gambar 6.



Keterangan:

- A: batuan induk,
- B: batuan reservoir,
- C: batuan penutup,
- D: alur migrasi migras.

2.3.1. Penentuan tingkat Risiko setiap elemen utama dari Risiko geologi

Sebelum mengukur tingkat probabilitas dari masing-masing faktor di atas, Otis dan Schneiderman (1997) menyarankan agar terlebih dahulu dilakukan analisa mengenai informasi yang tersedia menggunakan *risk assessment checklist* (Tabel 2) untuk memudahkan para asesor menggali sebanyak mungkin informasi yang berhubungan.

Checklist ini, dikompilasi dalam beberapa tahun dan hasil masukan dari orang-orang yang terlibat dalam evaluasi prospek, baik dari dalam Chevron maupun dari luar (Otis dan Scheidemann, 1997). Berdasarkan checklist tersebut, selanjutnya dilakukan survey opini untuk menilai elemen-elemen Risiko sebagai elemen unfavorable, questionable, neutral, encouraging, dan favorable.

A. SOURCE ROCK	B. RESERVOIR
<ol style="list-style-type: none"> Capacity for HC charge (within fetch area) Presence and Volume of source rock Thickness Areal extent Number of distinct source horizons Continuity Known HCs in area (fields, wells, seeps) Organic richness (TOC, S1+S2, etc.) SPI Kerogen Type Type I - lacustrine, oil prone Type II - marine, oil & gas prone Type III - gas prone Type IV - inert Source rock maturity Source rock data (Ro, Tmax, EI) Determine whether source rock in fetch has generated HC's 	<ol style="list-style-type: none"> Presence Lithology Distribution Depositional model (sequence stratigraphic framework) Quality (Capacity for stabilized flow) Lateral continuity and extension Thickness and vertical cyclicity Heterogeneity Porosity ranges and types Permeability ranges and types Fracture potential and preservation Diagenetic characteristics
C. TRAP	D. TIMING AND MIGRATION
<ol style="list-style-type: none"> Trap definition (confidence in data) Number and location of seismic lines Quality (resolution) of seismic data Reliability (velocity compactions, noise) Lateral velocity gradients Integration of gravity, magnetic, seismic and well logs information Trap characteristics Type of trap (anticline, fault, etc.) Amount of four-way closure Compartmentalization by faulting Alternate non-closing interpretations Seal Top seal Lithology and ductility Thickness Continuity Curvature over trap Degree of fracturing or faulting Fault seal Fault type Amount of throw Time(s) of movements Depth and pressure Lithologies juxtaposed Dip of beds across fault Potential for sealing groups Stratigraphic seal-bottom or lateral Others seals- diagenetic, pressure, etc. 	<ol style="list-style-type: none"> Timing Timing of reservoir, seal and trap developments relative to that of HC generation and migration Maturation model (burial history, paleogeothermal regime) Thermal gradients (BIT, heat flow, lithology) Migration Pathways Position of trap with respect to kitchen/ fetch area Amount of source rock in the oil window with in fetch area Migration style (vertical or lateral) Migration distance required (vertical and lateral) Migration conduits and barriers/ migration style Continuation of pathways to reservoir. Preservation/Sequestration Post entrapment tectonism or faulting Displacement of fluid by water or gas Biodegradation Thermal cracking Preferential migration gas

Tabel 2. Risk assessment checklist sebagai tahap awal dalam penilaian Risiko geologi, Otis dan Scheidemann (1997).

Elemen Risiko dari sebuah prospek tersebut, dinilai terhadap kelengkapan data, analogi model lapangan migas yang ada, daerah sekitar (baik sumur yang produksi maupun yang kering, dry hole), dan data-data pendukung lainnya, disekitar prospek yang dievaluasi. Kriteria penilaian tersebut terangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria penilaian elemen-elemen Risiko berdasarkan risk assessment checklist beserta kelengkapan datanya, dirangkum dari Otis dan Schneidemann (1997).

NO	Kondisi elemen Risiko	Proba bilitas
1	Neutral. Kondisi ini tercapai apabila hasil penilaian atas data memperlihatkan nilai seimbang antara positif dan negatif.	0.5
Penilaian <i>encouraging</i> dan <i>questionable</i> didasarkan pada data-data tidak langsung (indirect data) seperti adanya <i>show</i> minyak di sekitar prospek, adanya <i>show</i> (kemungkinan migasi) di sumur sebelah dan keberadaan analogi langsung.		
2	Encouraging Jika data-data tersebut di atas mendukung secara positif.	0.5 - 0.7
3	Questionable Jika data-data di atas tidak mendukung, tidak adanya <i>show</i> di sumur sebelah, reservoir yang <i>jelek</i> , dan adanya bukti patahan muda.	0.3 - 0.5
Penilaian <i>favorable</i> dan <i>unfavorable</i> didasarkan pada data pendukung langsung langsung (direct data) yang menyatakan konfirmasi atau menolak model yang diajukan.		
4	Favorable. Contoh dari direct data yang mendukung penilaian <i>favorable</i> diantaranya adanya lapangan produksi di dekat model dengan play yang sama, adanya proven hydrocarbon system dengan source potential index moderata-high (>5 berdasarkan data evaluasi batuan dengan kualitas high) dan adanya model kesunung dengan parameter yang didukung sumur sebelah.	0.7 - 0.9
5	Unfavorable Contoh dari direct data yang mendukung penilaian <i>unfavorable</i> diantaranya hasil dry well testing pada struktur yang similar dengan dukungan good-quality seismic data, minimnya reservoir dari sumur sekitar dan suatu hydrocarbon system dengan source potential index rendah (<5 berdasarkan data evaluasi batuan dengan kualitas high).	0.1-0.3

2.3.2. Penentuan POS (probability of success)

Setelah dilakukan penilaian setiap elemen utama dari Risiko geologi, maka POS (probability of success) dapat dihitung.

Sebelum dilakukan perhitungan POS ada beberapa sifat yang perlu diperhatikan:

1. Setiap elemen utama dari Risiko geologi adalah saling independen.
2. Empat elemen utama tersebut, satu sama lain terkait dalam membentuk suatu membentuk sebuah petroleum system. Hal ini menyebabkan bahwa elemen-elemen tersebut secara serempak harus ada.

Dalam istilah statistik kedua sifat tersebut, dapat distilahkan sebagai suatu kejadian yang saling *independent*, tetapi kejadiannya harus berlangsung secara serempak.

Dengan kata lain dalam menghitung tingkat kemungkinannya atau probabilitasnya, secara statistik dapat dikategorikan sebagai perhitungan *probability of the simultaneous occurrence of several independent events* (CCOP, 2000). Sifat ini menegaskan bahwa perhitungan POS dilakukan dengan mengalikan keempat faktor tersebut diatas, atau

$$POS = P_s \times P_r \times P_t \times P_d \quad (\text{persamaan 1})$$

Dimana:

- POS : Probability of Success
 P_s : Probabilitas ada tidaknya batuan induk (source rock)
 P_r : Probabilitas ada tidaknya batuan reservoir (reservoir rock)
 P_t : Probabilitas ada tidaknya perangkap (trap)
 P_d : Probabilitas faktor dinamis.

Dengan merangkum penilaian dari setiap elemen dalam suatu *risk assessment worksheet* (tabel 4) dan dengan menggunakan persamaan 2.1, maka tingkat Risiko geologi dapat ditentukan.

Risk assessment worksheet merupakan suatu rangkuman atas penilaian setiap elemen Risiko geologi dan memberikan suatu metoda untuk mengubah penilaian kualitatif menjadi penilaian kuantitatif.

Prospect	:	_____	Control Area	:	_____
Country	:	_____	Basin	:	_____
HC Type	:	_____	Data	:	_____

RISK ASSESSMENT COMPUTATION				
Probability of HC Discovery	Probability of HC Source	Probability of Reservoir Quality	Probability of Trap Integrity	Probability of Timing & Migration
_____	_____	X _____	X _____	X _____
Geological Risk Factor = 1 / Probability of HC Discovery = _____				

Probability Factors

	Unfavorable	Questionable	Neutral	Encouraging	Favorable
A Source Evaluation					
1. Capacity to HC Charge					
2. Source Rock Maturity					
3. Other					
B Reservoir Quality					
1. Presence					
2. Quality (Porosity, Flow)					
3. Other					
C Trap Integrity					
1. Trap Definition					
2. Trap Characteristics					
3. Seal-Vertical & Lateral					
4. Other					
D Timing/Migration					
1. Timing					
2. Migration Pathways					
3. Preservation					
4. Other					

For any Risk Factor, the "weakest" element determines the Risk	
>6.30	Risk Factor contains unfavorable element(s)
6.25-6.50	One or more elements questionable
6.50	Elements adequate or no definitive data (Neutral)
6.50-6.75	All elements at least encouraging to favorable
>6.7	All elements well documented and encouraging to favorable

Unfavorable	Questionable	Neutral	Encouraging	Favorable
0.1	0.2	0.3	0.4	0.5

Model based
Model supported by data only →
Model fully documented by data from prospect area

Tabel 4. Risk assessment worksheet

Selanjutnya berdasarkan nilai POS (atau Pg) ini, Otis dan Scheidemann (1997) membuat suatu klasifikasi seperti pada Gambar 7.

Evaluation		Producing Area		Emerging Area		Frontier	
Shale Play Adjacent Structure	Shale Play Nearby Structure	Flow Play-Flow Trend Old Play-Flow Trend	Flow Play-Flow Basin or Play with Negative Data	Flow Play-Flow Basin or Play with Negative Data	Flow Play-Flow Basin or Play with Negative Data	Flow Play-Flow Basin or Play with Negative Data	Flow Play-Flow Basin or Play with Negative Data
Producing Area		Emerging Area		Frontier Area			
Delineation		Prospect		Play		Hydrocarbon System	
VERY LOW RISK	LOW RISK	MODERATE RISK	HIGH RISK				
1:2	1:4	1:8	1:16				
Avg Pg=0.75	Avg Pg=0.375	Avg Pg=0.1875	Avg Pg=0.09375				

Gambar 7. Klasifikasi Risiko suatu prospek eksplorasi.

Arti dari klasifikasi tersebut menurut Otis dan Schneidermann (1997), adalah sebagai berikut:

1. Risiko sangat rendah (*very low risk*) memiliki kisaran nilai Pg antara 0.5 dan 0.99 atau lebih baik dari 1:2. Keadaan ini terjadi apabila seluruh aspek Risiko menunjukkan kriteria kualitatif baik (*favorable*). Kasus ini terjadi pada pemboran eksplorasi untuk menguji play terbukti, di sebelah lapangan produksi pada jarak kurang dari 5 km.
2. Risiko rendah (*low risk*) memiliki kisaran nilai Pg antara 0.25 dan 0.5, atau antara 1:4 dan 1:2. Keadaan ini terjadi apabila seluruh aspek Risiko menunjukkan kriteria kualitatif "cenderung baik" (*encouraging*) hingga baik (*favorable*). Kategori ini berasosiasi dengan suatu sumur eksplorasi yang menguji play terbukti dekat lapangan terdekat 5-10 km.
3. Risiko menengah (*moderate risk*), memiliki kisaran nilai Pg antara 0.125 dan 0.25, atau antara 1:4 dan 1:8. Keadaan ini terjadi apabila dua atau tiga aspek Risiko menunjukkan kriteria kualitatif cenderung baik hingga baik, sedangkan satu atau dua Risiko lainnya bersifat cenderung baik atau netral. Kategori ini berhubungan dengan sumur eksplorasi yang menguji play baru pada cekungan yang berproduksi atau play yang terbukti yang berada pada jarak lebih dari 10 km dari lapangan migas yang ada.
4. Risiko tinggi (*high risk*), memiliki kisaran nilai Pg antara 0.063 dan 0.125, atau antara 1:16 dan 1:8. Satu atau dua Risikonya adalah cenderung baik, sedangkan dua atau tiga Risiko lainnya netral. Kondisi ini berhubungan dengan pemboran sumur eksplorasi untuk menguji play baru pada cekungan yang berproduksi dengan jarak lebih dari 20km dari lapangan migas yang ada.
5. Risiko sangat tinggi (*very high risk*), memiliki kisaran nilai Pg antara 0.01 dan 0.063 atau lebih buruk dari 1:16. Dua atau tiga aspek Risikonya tidak lebih baik dari netral, dengan satu atau dua Risiko lainnya dipertanyakan atau tidak cukup baik. Kategori ini berasosiasi dengan sumur eksplorasi untuk menguji play baru di suatu area yang belum terbukti.

2.4. Perhitungan Volume Sumberdaya Migas.

Disamping aspek Risiko seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya, salah satu aspek penting untuk kajian keekonomian adalah perkiraan besarnya volume sumberdaya yang akan didapatkan. Pada tahapan eksplorasi, perhitungan sumber daya (*resources*) dilakukan dengan cara volumetric. Secara sederhana perhitungan tersebut dirumuskan (Craft dan Hawkins, 1967) sebagai berikut:

$$V_{oil} = 7758 \times A \times h \times \phi \times S_h \times (1/B_{oi}) \times R_{fo} \quad (\text{persamaan 2})$$

Atau

$$V_{gas} = 43560 \times A \times h \times \phi \times S_h \times (1/B_{gi}) \times R_{fg} \quad (\text{persamaan 3})$$

dimana :

Voil atau V gas	: Volume oil atau gas (barrel atau kubik feet)
A	: Area dari suatu reservoir yang akan dihitung (acre)
h	: ketebalan reservoir (feet)
Ø	: porositas reservoir (%)
Sh	: Saturasi hidrokarbon
Boi/Bgi	: Faktor volume awal oil atau gas

Dengan diketahuinya besaran sumberdaya tersebut, maka perhitungan keekonomian seperti nilai NPV, IRR, POT, PI dan indikator keekonomian lainnya dapat dilakukan.

3. PEMILIHAN DAN PERENCANAAN PORYEK PEMBORAN EKSPLORASI

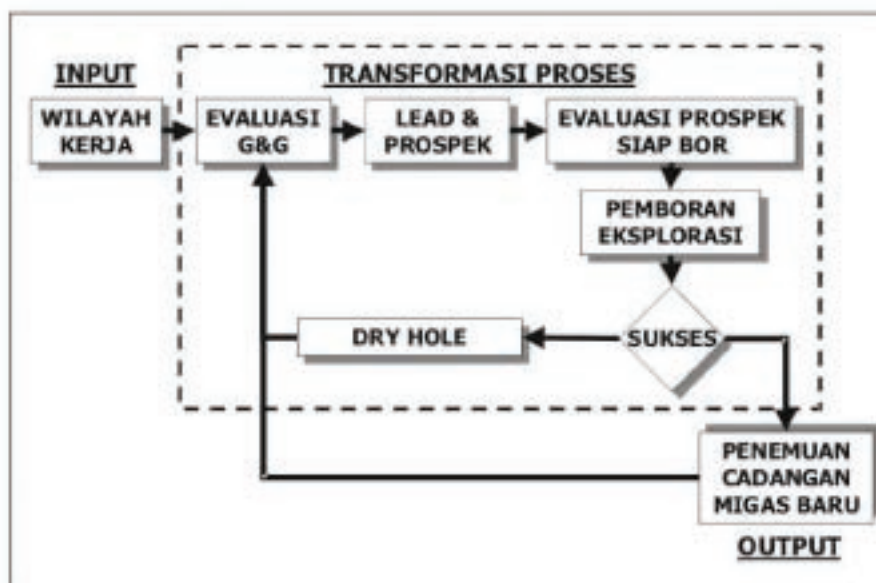
3.1. Penilaian Individual.

Seiring dengan berjalannya waktu, jumlah cadangan yang dimiliki oleh suatu perusahaan migas, secara alamiah akan berkurang sejalan dengan dilakukannya proses produksi. Untuk menjaga kelangsungan bisnisnya, setiap perusahaan migas disektor hulu, secara kontinyu, melakukan tahapan pencarian (eksplorasi). Tahapan eksplorasi ini, merupakan tahapan pencarian cadangan migas baru. Persoalan yang sama dihadapi oleh PT PERTAMINA DOH Jawa Bagian Barat yang memiliki wilayah kerja di daerah Jawa Barat Bagian Utara dan sebagian di Jawa Tengah. Kegiatan pengusahaan migas di PT PERTAMINA DOH JBB telah dimulai sejak abad ke-18. Hal ini menyebabkan beberapa wilayah kerjanya menjadi suatu daerah yang telah mature (daerah matang), artinya aktifitas kegiatan eksplorasi dan produksi di wilayah ini telah sedemikian rupa intensifnya. Selain dari karakteristik daerah yang telah mature, beberapa daerah yang belum dieksplorasi, memiliki tingkat Risiko yang cukup tinggi. Dengan persoalan tersebut, maka diperlukan suatu strategi eksplorasi baru dalam mengoptimalkan kegiatan eksplorasi dan produksinya di daerah ini.

Hingga saat ini, pendekatan yang dilakukan untuk mengevaluasi suatu prospek, yaitu suatu daerah harapan akan ditemukannya cadangan migas baru, masih sangat kental akan evaluasi teknisnya, seperti terlihat pada gambar 8 dan 9, mengenai proses bisnis di eksplorasi. Akibat dari hal ini, maka strategi eksplorasi, terlalu bertumpu pada hasil kajian-kajian teknis yang mengarahkan perusahaan untuk melakukan kegiatannya pada daerah-daerah dengan Risiko menengah ke bawah. Suatu aktifitas eksplorasi pada daerah-daerah dengan tingkat Risiko tinggi, yang boleh jadi memberikan suatu return tinggi, jarang dilakukan.

Perencanaan dan persiapan suatu proyek pemboran eksplorasi, biasanya dilakukan beberapa tahun sebelumnya. Salah satu yang dipersiapkan untuk proyek pemboran eksplorasi pada tahun/ periode berikutnya, adalah evaluasi prospek siap bor (seperti terlihat pada gambar 8 dan gambar 9).

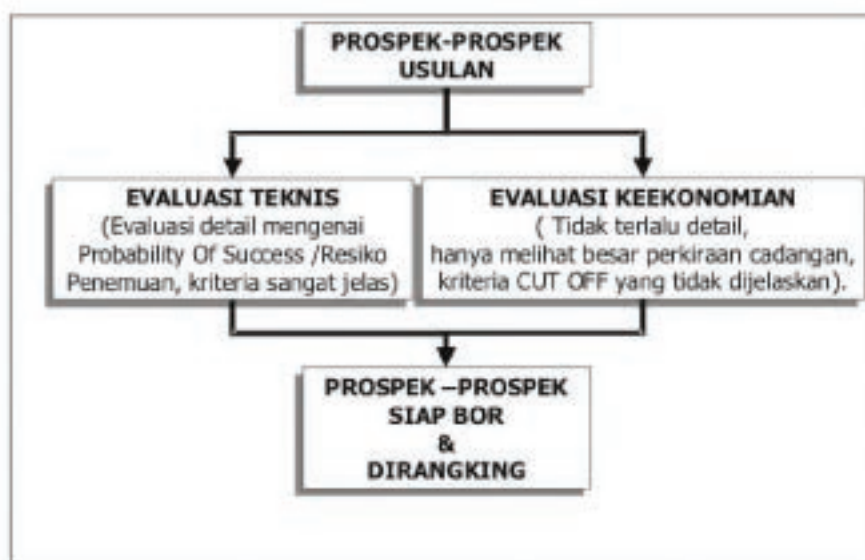
Gambar 8.
Proses bisnis pada tahapan
eksplorasi di PT PERTAMINA
DOH JBB



Pada Tabel 5, sebanyak sepuluh rencana proyek pemboran eksplorasi telah dipersiapkan untukantisipasi pemboran pada tahun berikutnya. Kesepuluh proyek tersebut telah melewati evaluasi teknis dan evaluasi keekonomian secara individual yang dilakukan oleh para ahli (expertise) di lingkungan PT PERTAMINA(PERSERO) Direktorat Hulu.

Hingga saat ini kemampuan PT PERTAMINA DOH JBB, dalam merealisasikan pemboran eksplorasi adalah tiga proyek pemboran setiap tahunnya. Kondisi ini antara lain disebabkan oleh kemampuan finansial yang terbatas.

Gambar 9.
Proses detail pada tahapan
evaluasi prospek siap bor



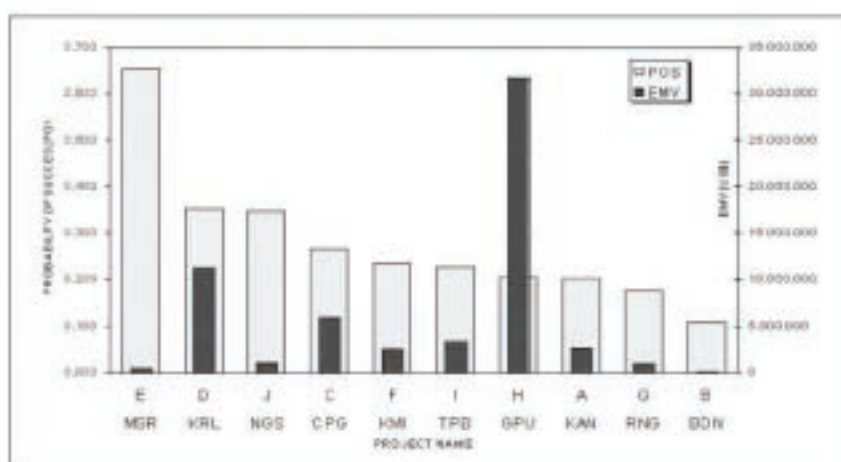
Untuk mengatasi keterbatasan dana tersebut, maka prioritas dan pemilihan proyek untuk setiap tahunnya harus dilakukan.

NO	PROJECT		SUMBERDAYA		LUAS		KEMUNGKINAN BERHASIL
			MINYAK	GAS	MINYAK	GAS	
			MMBO	BCFG	(acre)		
1	KAN	A	15.0	25.0	800	900	0.202
2	BDN	B	25.0	0.0	1200	0	0.108
3	CPG	C	20.0	0.0	1100	0	0.265
4	KRL	D	30.0	0.0	1400	0	0.353
5	MSR	E	0.0	15.0	0	500	0.654
6	KMI	F	15.0	30.0	1000	850	0.235
7	RNG	G	20.0	15.0	840	500	0.176
8	GPU	H	80.0	0.0	3000	0	0.206
9	TPB	I	10.0	25.0	800	1000	0.227
10	NGS	J	0.0	26.0	0	850	0.350

Tabel 5.
Sepuluh rencana proyek
pemboran eksplorasi
Pertamina DCH JBB.

Penyelesaian atas permasalahan tersebut (memilih tiga proyek dari sepuluh proyek yang ada, untuk satu tahun kedepan) dilakukan dengan cara:

1. Melakukan pemeringkatan atas proyek-proyek tersebut berdasarkan tingkat keberhasilan dari masing-masing proyek (seperti pada Gambar 10.).
2. Menganalisa tingkat keekonomian dari setiap proyek secara individual (tidak dianalisa dalam kaitannya satu proyek dengan proyek lainnya).



Gambar 10.
Grafik proyek vs tingkat
keberhasilan setiap proyek
dan EMV
(expected monetary value)
dari masing-masing proyek

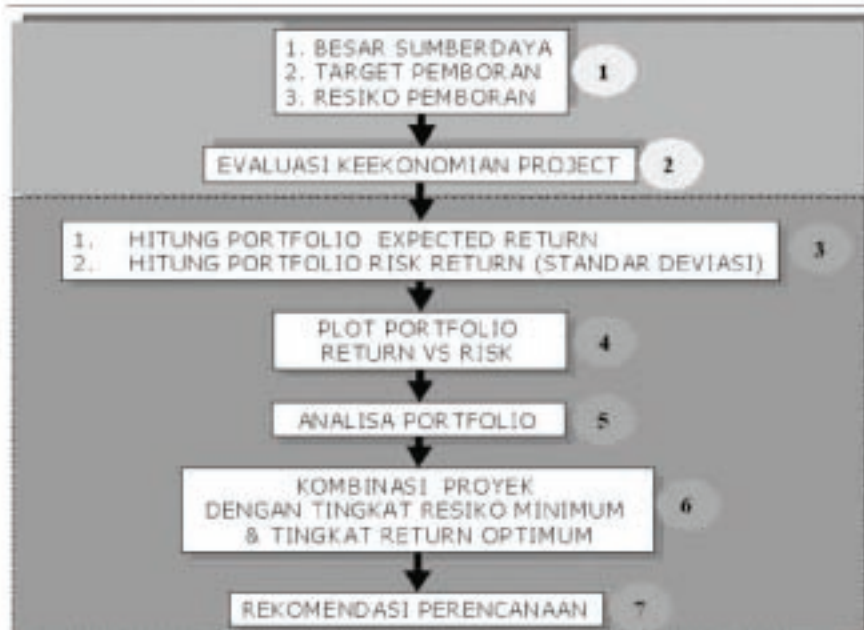
Dari hasil pemeringkatan proyek tersebut (gambar), terlihat bahwa proyek E, D, dan J merupakan tiga proyek pertama yang memiliki tingkat keberhasilan paling besar dan kemungkinan akan menjadi kandidat utama untuk dipilih pada tahun pertama proyek. Sedangkan berdasarkan tingkat keekonomian (seperti EMV), maka rencana proyek pemboran H, D, dan C merupakan tiga peringkat teratas.

Dua sudut pandang yang berbeda tersebut, jika dilihat secara terpisah, tidak memberikan suatu solusi yang optimal. Di satu sisi hasil di atas, didapatkan kelompok proyek (E,D,J) memiliki Risiko rendah, tetapi tingkat return yang tidak optimal. Di sisi lain didapatkan kelompok proyek (H,D,C) dengan return tinggi, tetapi Risiko tidak optimal.

Untuk menyelesaikan permasalahan ini, dalam tulisan ini akan diajukan suatu asas diversifikasi dari analisa portfolio. Tujuan dari diversifikasi portfolio (gabungan beberapa proyek) adalah mendapatkan tingkat pengembalian (*return*) yang maksimal dengan tingkat Risiko yang minimal (Rodani dan Yong, 2002).

3.2. Penilaian berdasarkan analisa Portfolio.

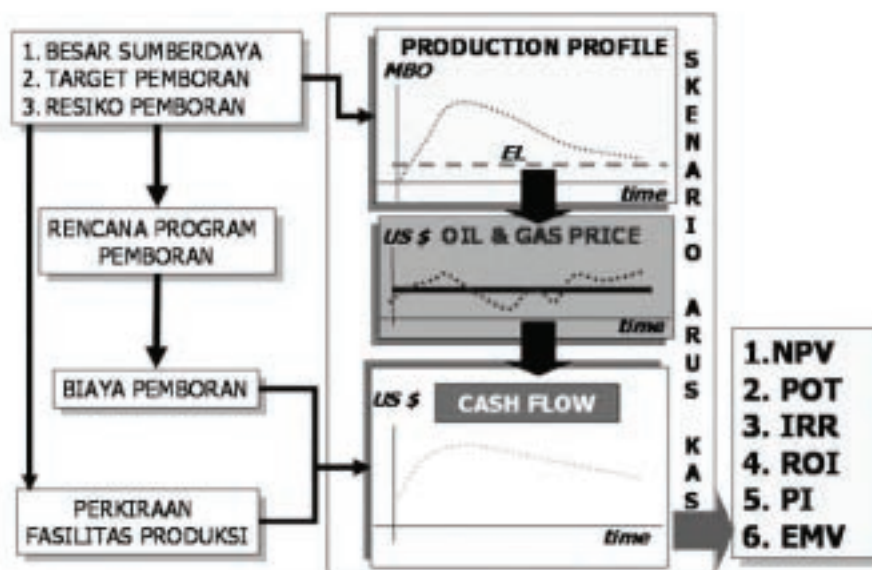
Tujuan akhir dari tulisan ini adalah diperolehnya suatu portfolio (gabungan tiga proyek pemboran eksplorasi) optimal, dari sepuluh proyek eksplorasi yang dipersiapkan untuk satu beberapa tahun kedepan. Untuk mencapai tujuan tersebut, beberapa langkah penyelesaian telah dibuat, seperti pada gambar 11.



Gambar 11. Metodologi pemecahan masalah.

3.2.1. Evaluasi Keekonomian Proyek

Keekonomian sepuluh proyek yang diperoleh (Tabel 5), yaitu penentuan indikator dasar investasi, seperti NPV, IRR, POT, PI, dan EMV, telah dihitung dan dievaluasi dengan menggunakan spreadsheet yang biasa digunakan di Fungsi Eksplorasi Jawa Bagian Barat. Secara umum alur evaluasi keekonomian suatu proyek pemboran eksplorasi, terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12.
Alur perhitungan keekonomian proyek pemboran eksplorasi

Dari Gambar 12 tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Besarnya perkiraan sumberdaya (SDA) merupakan inputan untuk memprediksikan skenario produksi dan arus kas masuk dengan mengasumsikan harga jual migas untuk satu periode hidup proyek. Sejalan dengan skenario produksi tersebut, maka dapat diperkirakan kebutuhan akan fasilitas produksi dan biaya produksinya. Besaran tersebut akan menjadi komponen arus kas keluar.
2. Target pemboran (kedalaman pemboran) akan menentukan besarnya biaya pemboran eksplorasi yang akan menjadi komponen investasi. Dengan pertimbangan tersebut akan diperoleh nilai keekonomian kesepuluh proyek pemboran eksplorasi seperti terlihat pada Table 6.

Tabel 6.
Resume perhitungan keekonomian sepuluh proyek menggunakan standard spreadsheet calculation di Fungsi Eksplorasi Pertamina DOH JBB.

No	PROJ.	SDA				LULUS		Batas Injeksi	Biaya Exp.Fund.	P5 Y1	NPV @ 12%	EABV	BIB	POT	PI	UP
		S	G	G	G	M	G									
										998.93		%	10		31	
1	A	0.20	17	20	900	900	4000	25000	33700	20001	2,012,824	26.79	0.22	1.85	19	
2	B	0.11	25	0	1200	0	4000	15000	36630	27067	35.717	25.98	7.23	2.13	21	
3	C	0.20	20	0	1000	0	3700	20000	32090	31987	5,889,834	26.29	7.12	2.00	19	
4	D	0.35	34	0	1400	0	5000	15000	42022	41040	11,243,202	24.80	7.59	1.98	20	
5	E	0.05	0	17	0	900	2000	2500	7034	1706	463,144	20.21	0.31	1.23	7	
6	F	0.24	16	30	1000	800	3700	15000	41946	27064	2,521,911	21.94	0.95	1.55	20	
7	G	0.18	20	15	940	500	4250	25000	34620	24882	483,829	22.70	0.84	1.31	20	
8	H	0.21	30	0	8000	0	4000	40000	17086	146928	31,666,276	49.60	6.78	3.17	18	
9	I	0.25	10	20	800	1000	3100	15000	36736	25000	3,044,922	32.18	0.83	2.0	14	
10	J	0.35	0	40	0	800	2200	7000	10190	7070	1,034,980	26.12	0.68	1.49	9	

Asumsi-asumsi serta keterangan yang digunakan dalam perhitungan keekonomian tabel 3.2 adalah sebagai berikut:

- 1. Laju penurunan produksi Minyak(M) = 0.5 % per bulan dan Gas (G) = 0.75 % per bulan.
- 2. Radius pengurangan M=0.4 km, G:0.4 km, Produksi Awal M=900 BOPD(barrel oil per day) dan G=800MCFG.Biaya produksi M: 4.5 US\$ per barrel dan G: 0.2 US \$/MCFG
- 3. Discounted Rate : 12%, Pajak Pemerintah 60%, Bunga Pinjaman 10%.
- 4. Harga Jual M=30 US\$ per barrel dan Gas 2 US\$ per MCFG.
- 5. SDA (Sumberdays) Minyak dalam MMBO (milion milion barrel oil) dan gas dalam BCFG (Billion Cubic Feet Gas).

3.2.2. Penentuan Expected Return dan Risiko Portfolio

Elton et al. (2003) menyatakan bahwa dua attribut utama dalam analisa portfolio adalah portfolio *expected return* dan *portfolio risk*. *Expected return* (E (R)) dari suatu portfolio dihitung dengan persamaan (3.1) berikut:

$$E(R) = \sum X_j \bar{R}_j \quad (\text{persamaan 4})$$

Sedangkan untuk Risiko suatu portfolio, pada umumnya ditentukan dari nilai standar deviasi (σ) seperti pada persamaan (3.2) berikut:

$$\sigma = \left\{ \sum X_j^2 \sigma_j^2 + \sum \sum X_j X_j \sigma_{ij} \right\}^{1/2} \quad (\text{persamaan 5})$$

Besaran-besaran dari persamaan 4 dan 5 adalah :

- X_i : fraksi masing-masing proyek yang membentuk suatu portfolio
- \bar{R} : *expected return* masing-masing proyek.
- σ_i : standar deviasi dari proyek i
- σ_{ij} : kovariansi dari proyek -i dan proyek -j

Elton et al. (2003) menambahkan untuk aset-aset/ proyek yang saling independen, maka kovariansi diantara aset tersebut adalah nol. Karena sifat dari proyek pemboran eksplorasi adalah saling independen, satu sama lain, maka kovariansi atau suku kedua dari persamaan 5 di atas adalah nol.

Untuk keseluruhan proyek eksplorasi di atas, maka langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

- I Menentukan variansi masing-masing proyek, menggunakan persamaan statistik dasar untuk variansi sebagai berikut:

$$\sigma^2 = E (X - \mu)^2 = \sum (X_j - \mu)^2 \rho (X_j) \quad (\text{persamaan 6})$$

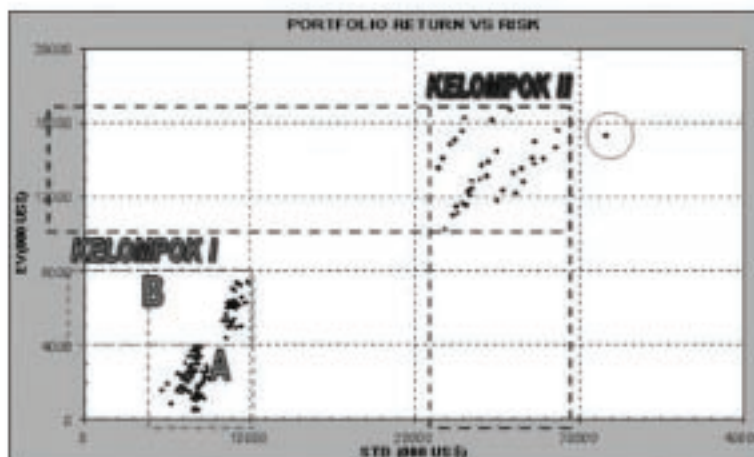
dimana

σ^2	: Variansi untuk setiap proyek
x_i	: Nilai ke- i dari suatu proyek
$\rho(x_i)$: kemungkinan terjadinya x_i
μ	: EMV untuk setiap proyek (dari tabel 6)

- I Menentukan faktor bobot/ fraksi untuk setiap proyek yang membentuk suatu portfolio.
 - Penentuan bobot dari tiga proyek eksplorasi yang membentuk suatu portfolio, ditentukan berdasarkan nilai atau biaya masing-masing proyek dibagi dengan total biaya ketiga proyek yang membentuk portfolio tersebut.
 - Contoh: proyek A, B, dan C dengan biaya proyek pemboran eksplorasi secara berurutan sebesar US \$ 4,0 juta, US \$ 4,5 juta dan US \$ 3,5 juta. Total biaya A-B-C adalah US \$ 12 juta. Maka faktor bobot (fraksi) untuk A, B, C, masing-masing adalah
 - $X_A = \text{US } \$ 4,0 \text{ juta} / \text{US } \$ 12 \text{ juta} = 0,333$
 - $X_B = \text{US } \$ 4,5 \text{ juta} / \text{US } \$ 12 \text{ juta} = 0,375$
 - $X_C = \text{US } \$ 3,5 \text{ juta} / \text{US } \$ 12 \text{ juta} = 0,292$
- I Menghitung expected return setiap portfolio dengan persamaan 4.
- I Menghitung standar deviasi (menggunakan persamaan 5) dari setiap portfolio, yang merupakan ukuran Risiko portfolio.

3.3. Analisis dan Interpretasi Hasil

Hasil dari perhitungan tersebut secara grafis terlihat pada Gambar 13. Dari gambar tersebut, setidaknya dapat dibedakan tiga kelompok utama, yaitu:



Gambar 13. Grafik antara expected return vs standar deviasi dari portfolio yang dibentuk dari 120 kombinasi proyek.

- Kelompok IA, yaitu kelompok portfolio (gabungan ketiga proyek, sebanyak 58 pasang) dengan tingkat Risiko dan pengembalian rendah (*low risk low return*). Tingkat pengembalian berada pada nilai US\$ 428,552 sampai US\$ 4.996,672 dan standard deviasi (Risiko) antara US\$ 4,673,890 sampai US\$ 9,504,452.
- Kelompok IB, kelompok portfolio dengan tingkat Risiko dan pengembalian menengah (*medium risk medium return*), dengan kisaran tingkat pengembalian dari US \$ 5,251,074 sampai US \$ 7,405,516 dan standard deviasi (Risiko) antara US \$ 8,375,798 sampai US \$ 9,864,483.
- Kelompok II, kelompok portfolio dengan tingkat Risiko dan pengembalian tinggi (*high risk high return*), dengan kisaran tingkat pengembalian antara US\$ 10,257,586 sampai US\$ 16,710,128 dan standard deviasi (Risiko) antara US\$ 21,474,595 sampai US \$ 31,612,301

Berdasarkan analisa keekonomian individual, proyek pemboran eksplorasi "H" memiliki nilai keekonomian terbesar dari sepuluh proyek pemboran eksplorasi lainnya (nilai EMV: US\$31,666,278, lihat tabel 6). Hal ini mengindikasikan bahwa pemilihan proyek pemboran eksplorasi "H" akan memberikan *expected return* yang besar bagi setiap portfolio yang terbentuk. Sementara itu proyek pemboran eksplorasi "D" ada pada setiap portfolio yang terbentuk pada Kelompok IIB (Gambar 13). Proyek pemboran eksplorasi "D" ini secara individual memiliki nilai keekonomian terbesar ke-2 setelah proyek pemboran eksplorasi "H". Lebih jauh apabila kedua proyek pemboran eksplorasi tersebut (proyek H dan D) secara bersamaan membentuk suatu portfolio, maka nilai harapan dan standard deviasi yang diberikan lebih baik dibandingkan kombinasi proyek lainnya. Hal ini tercermin dari delapan portfolio pertama pada kelompok II, memuat proyek H dan D (lihat Tabel 7)

Untuk mengevaluasi lebih lanjut hasil dari portfolio yang terbentuk, maka dihitung suatu besaran koefisien variansi untuk seluruh portfolio, yaitu suatu perbandingan besarnya standar deviasi terhadap *expected return*. Dari perhitungan ini, yang dicari adalah nilai koefisien variansi terkecil. Dengan kriteria ini, maka portfolio yang memiliki nilai koefisien variansi terkecil untuk kelompok II adalah portfolio yang tersusun atas proyek-proyek pemboran eksplorasi C-D-H.

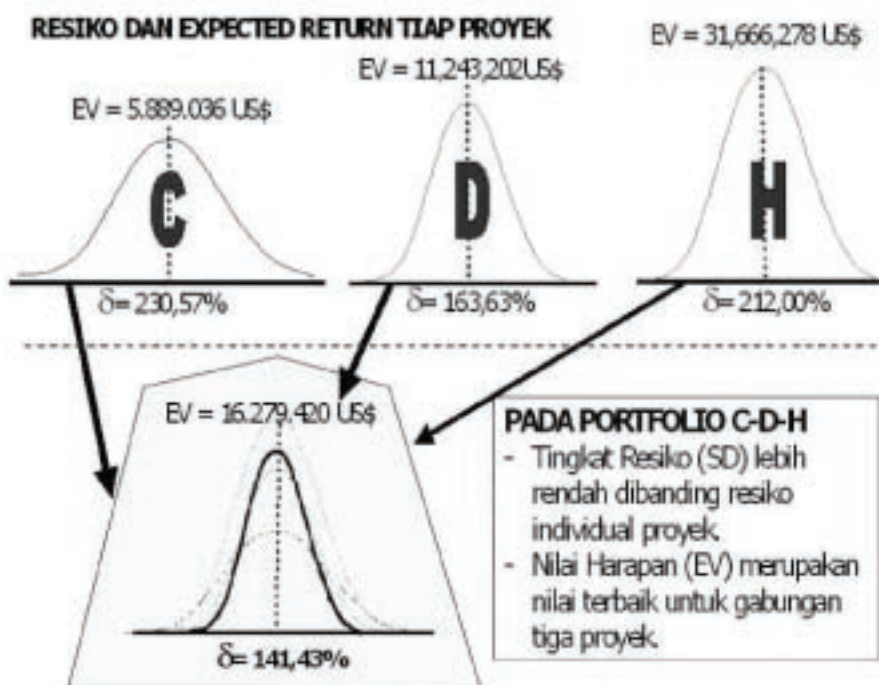
Tabel 7.
Expected Return (EV) dan Standard deviasi (SD) Portfolio Kelompok II.

NO	PORTFOLIO			EV	SD	SD/EV
	I	J	K			
1	C	D	H	16.279.402	22302.800,38	1,41
2	D	H	I	15.987.708	22019.9879,28	1,41
3	A	D	H	14.827.172	22213.5385,28	1,49
4	D	F	H	15.093.236	22032.960,68	1,49
5	D	H	I	16.127.372	21889.705,38	1,53
6	D	C	H	14.287.808	21.68993,7	1,54
7	D	E	H	16.710.128	20803.681,38	1,24
8	B	D	H	12.827.368	21743.66,04	1,56
9	C	H	I	14.493.088	20941.910,08	1,72
10	A	C	H	15.716.648	20863.194,68	1,75
11	C	F	H	13.851.772	21483.826,12	1,76
12	C	H	I	14.868.392	22040.80,14	1,80
13	C	E	H	12.855.752	2201.6962,36	1,81
14	C	E	H	14.404.748	20870.6815,07	1,84
15	A	H	I	12.941.188	20419.705,75	1,85
16	A	F	H	12.474.228	22342.1214,68	1,89
17	B	C	H	12.301.456	22510.067,04	1,89
18	H	I	I	14.093.024	27149138,43	1,93
19	C	I	I	12.607.688	26419475,3	1,93
20	B	H	I	14.493.408	2692508,11	1,93
21	A	H	I	13.304.984	26482995,35	1,99
22	F	H	I	13.542.888	26481405,93	1,99
23	A	I	H	11.401.616	2095574,1	1,94
24	F	C	H	11.458.264	22817802,14	1,99
25	A	E	H	13.464.672	27287498,52	1,99
26	B	F	H	14.094.327	27617202,23	1,99
27	H	H	I	11.368.422	20738848,4	2,02
28	A	B	H	10.965.571	22517140,05	2,03
29	B	F	H	11.139.716	23449398,21	2,03
30	C	H	I	12.374.022	25238686,59	2,03
31	H	H	I	16.279.402	2742200,72	2,09
32	A	C	H	12.874.968	26828266,64	2,07
33	B	H	I	11.381.072	26427694,38	2,12
34	B	C	H	10.257.586	21848008,88	2,12
35	B	E	H	12.168.880	26194739,4	2,13

3.4. Perbandingan analisa portfolio dengan analisa individual proyek.

Pada Gambar 14 untuk setiap proyek C, D, dan H, secara individual digambarkan nilai standard deviasi dan expected value-nya. Terlihat bahwa portfolio yang terbentuk memiliki nilai standard deviasi (SD) yang lebih rendah dibanding ketiga proyek yang ada.

Sementara itu untuk nilai pengembalian yang diharapkan (*expected return*), memberikan hasil yang lebih optimal yaitu US \$16,729 juta, lebih besar dibanding proyek C-D, akan tetapi lebih rendah dibanding proyek H. Dengan gambaran ini, terlihat bahwa analisa portfolio mempunyai kelebihan dari sudut metodologis yaitu lebih komprehensif, disamping itu analisa portofolio juga dapat mengevaluasi pengaruh setiap proyek pada keseluruhan proyek yang akan dieksekusi setiap tahunnya.



Gambar 14. Perbandingan nilai harapan (*expected value*) dan standard deviasi masing-masing proyek terhadap portfolio yang dibentuk.

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

4.1. KESIMPULAN.

1. Portfolio analysis dalam perencanaan investasi proyek pemboran eksplorasi dapat membantu untuk mencari tingkat optimum, yaitu tingkat pengembalian yang diharapkan (*expected return*) yang maksimum dan tingkat Risiko minimum. Sehingga tahapan *portfolio analysis* dapat dijadikan suatu "tools" dalam perencanaan strategi eksplorasi perusahaan. *Portfolio analysis* ini dapat diterapkan setelah ditakukanya review menyeluruh akan prospek-prospek dari proyek siap bor yang akan dijadikan proyek pemboran eksplorasi.

- Salah satu input untuk analisis portfolio ini adalah tingkat Risiko (geologi). Bahwasanya saat ini, penilaian Risiko tersebut masih dilakukan oleh tim ahli (expert) perusahaan, perlu kiranya kedepan perusahaan membuat suatu penilaian Risiko berdasarkan data statistik yang ada, sehingga penilaian Risiko tersebut akan lebih bersifat objektif.
- Dalam melakukan strategi operasional, Perusahaan dapat mengoptimalkan software dan sumber daya yang ada, dalam rangka melengkapi *tools of analysis* yang telah ada saat ini, atau bekerjasama dengan pihak Perguruan Tinggi atau Lembaga Konsultan yang memiliki kompetensi dalam bidang ini, untuk membantu pengaplikasian metoda yang lebih baik.

4.2. REKOMENDASI

- Dari hasil analisis dan pengalaman masa lalu untuk mengaplikasikan dan memposisikan analisis portfolio ini, sebaiknya pengerjaannya dilakukan setelah proses evaluasi teknis secara detail telah dilakukan oleh Tim Ahli.
- Tahap pengerjaan ini sebaiknya dilakukan oleh tim perencanaan dan direview oleh tim manajemen.

DAFTAR PUSTAKA

- Bailey, W. et al. (2000), "Taking a Calculated Risk", *Oilfield Review*, 12(3): 20-35.
- Brigham & Ehrhardt (2002), *Financial Management*, 10/e, South-Western, Cincinnati, Ohio.
- Carl, Olsson (2002), *Risk Management in Emerging Markets: How to Survive and Prosper*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- CCOP (2000) *The CCOP Guidelines of Risk Assessment of Petroleum Prospects*, Bangkok, Thailand, Dikutip dari <http://www.ccop.or.th/RiskAsses.pdf>
- Chance, Don M. (2004), *An Introduction to Derivatives and Risk Management*, 6th edition, Thomson, South-Western, Cincinnati, Ohio.
- Chapman, Robert J. (2006), *Simple Tools and Techniques for Enterprise Risk Management*, Wiley, New York.
- Chimblo, C.K. dan Chimblo, R. (2004), "Real Options in Oil and Gas Exploration: The Basics", *The Leading Edge*: 444-447.
- Craft, B.C. dan Hawkins, M.F. (1959), *Applied Petroleum Reservoir Engineering*, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Crouhy, Michel, Dan, Galai, Robert, Mark (2005), *The Essentials of Risk Management*, McGraw-Hill.

- De'Ath, N.G. (1997), "Risk analysis in international exploration: A qualitative Approach", *World Oil*.
- Dowd, Kevin, (2005), *Measuring Market Risk*, John Wiley & Sons.
- Elmiger, Gregory dan Kim, Steve S. (2003), *Risk Grade Your Investments: Measure Your Risk and Create Wealth*, Wiley, New York.
- Elton E.J. et al. (2003), *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, 6th ed., Wiley, New York.
- Evans, James R. dan David L. Olson (2000), *Introduction to Simulation and Risk Analysis*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Eydeland, Alexander & Krzysztof, Wolyniec (2003), *Energy and Power Risk Management New Developments in Modeling, Pricing, and Hedging*, Wiley, Hoboken, New Jersey.
- Gitman, L.J. (2003), *Principles of Managerial Finance*, 10th Ed., Addison Wesley.
- Greene, Mark R. dan James S. Trieschmann (1988), *Risk and Insurance*, South-Western Publishing, Cincinnati, Ohio.
- Harrington, Scott E. dan Gregory R. Niehaus (2003), *Risk Management and Insurance*, McGraw-Hill, Singapore.
- Heldman, Kim (2005), *Project Manager's Spotlight on Risk Management*, Harbor Light Press, San Fransisco.
- Kato, M. (2001), *Geophysical Course Material: Fundamental Petroleum Geology for Geophysicist (Unpublished)*, Japan :JNOC.
- Lewis, Nigel da Costa (2004), *Operational Risk with Excel and VBA, Applied Statistical Methods for Risk Management*, Wiley, New York.
- Magoon, L.N. dan Dow, W.G. (1994), "The Petroleum System", in Magoon, L.B., and Dow, W.G., *The Petroleum System-from Source to Trap*, AAPG Memoir 60, AAPG.
- Mun, Jonathan (2004), *Applied Risk Analysis: Moving beyond Uncertainty in Business*, Wiley, New York
- Mun, Jonathan (2006), *Modeling Risk*, Wiley, New York.
- Ong, H.L. (2005), *Practical Investment Appraisal and Business Decision Analysis in Petroleum Exploration & Production with special reference to the Indonesian PSC system (unpublished)*, IPA.
- Otis, R.M. dan Schneidermann, N. (1997), "A Process for Evaluating Exploration Prospects", *AAPG Bulletin*, 81 (6): 1087-1109.

Pearson Neil D. (2002), *Risk Budgeting: portfolio problem solving with Value at Risk*, Wiley, New York.

Rodoni, A. dan Yong, O. (2002), *Analisa investasi & Teori Portofolio*, Raja Grafindo Persada, Jakarta.

Vaughan, Emmett J. (1997), *Risk Management*, Wiley, New York.