

PENGARUH KENAIKAN TEKANAN PORI TERHADAP CASING DESIGN SUMUR "K" LAPANGAN "E".

P. Subiatmono
Eko Suyanto
Bambang Santosa Budi
Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta

Abstract

One of the problem at casing program in a well is less precise used casing, where attached casing design casing unable to arrest; detain burden which the was distress of pressure effect that is external pressure, internal pressure, and load tension. Failure of this casing design will cause problems later like happened leakage effect of casing break. The natural burden of casing comes from some pressures that is formation pore pressure, fracture formation pressure, and hydrostatic pressure. From third pressure factor, formation pore pressure is which directly and indirectly influence of well casing design. For the reason, determination of formation pore pressure is one of the factors in efficacy of casing design at a well.

The study about influence increase of pore pressure to casing design was done to know how big change of casing design at a well. Casing perceived start from conductor casing, surface, intermediate, and production. Casing Design of a well includes casing grade, nominal weight, and used extension type. Increase of formation pore pressure was done at 11 (Eleven) change of increase, that is 1.25 - 3.75 multiply of blank-off pressure with ascription of lithology is same similar.

This study result shows that conductor casing design don't experience of change of effect increase of formation pore pressure, but surface casing, intermediate casing, and production casing which is big relative effect increase of formation pore pressure. The Change which is big relative happened at casing section the inmost ness. Surface casing Design change big enough at increase of formation pore pressure 2,75 multiply, intermediate of casing change big enough at increase of formation pore pressure 2,25 times; rill, and casing production change big enough at increase of formation pore pressure 1,25 times; rill.

Abstrak

Salah satu masalah pada program casing sumur adalah casing yang digunakan kurang tepat, dimana casing design yang terpasang tidak mampu menahan beban yang diteritanya akibat tekanan yaitu tekanan luar (external pressure), tekanan dalam (internal Pressure), dan tension load. Kegagalan casing design ini akan berakibat timbulnya problem –problem di kemudian hari seperti terjadi kebocoran akibat casing pecah. Beban – beban yang dialami casing berasal dari beberapa tekanan yaitu tekanan pori formasi, tekanan rekah formasi, dan tekanan hidrostatik. Dari ketiga faktor tekanan tersebut, tekanan pori formasi merupakan tekanan yang secara langsung dan tidak langsung mempengaruhi casing design sumur. Oleh sebab itu, penentuan besarnya tekanan pori formasi merupakan salah satu faktor dalam keberhasilan casing design pada sumur.

Studi tentang pengaruh kenaikan tekanan pori terhadap casing design dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan casing design suatu sumur. Casing yang diamati mulai dari casing conductor, surface, intermediate, dan production. Casing design sumur meliputi grade casing, berat casing, dan tipe sambungan yang digunakan. Kenaikan tekanan pori formasi dilakukan pada 11 (Sebelas) perubahan kenaikan, yaitu 1.25 - 3.75 kali dari tekanan awal dengan anggapan lithology yang ditembus sama.

Hasil studi ini memperlihatkan bahwa casing design conductor tidak mengalami perubahan akibat kenaikan tekanan pori formasi, tetapi surface casing, intermediate casing, dan production casing mengalami perubahan yang relatif besar akibat kenaikan tekanan pori formasi. Perubahan yang relatif besar terjadi pada section casing yang terdalam. Design surface casing berubah cukup besar pada kenaikan tekanan pori formasi 2,75 kali, intermediate casing berubah cukup besar pada kenaikan tekanan pori formasi 2,25 kali, dan production casing berubah cukup besar pada kenaikan tekanan pori formasi 1,25 kali.

Kata –kata kunci : Tekanan pori formasi, casing design, maximum load concept.

PENDAHULUAN

Casing design suatu sumur perlu direncanakan dengan sebaik –baiknya sehingga casing yang terpasang pada sumur dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan tidak menimbulkan problem di kemudian hari. Salah satu faktor yang mempengaruhi casing design adalah tekanan pori formasi.

Maksud dari studi ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh tekanan pori formasi terhadap casing design sumur apabila ternyata tekanan pori formasi di lapangan lebih besar dari pada prediksi awal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan alternatif casing design sumur yang nantinya dapat digunakan pada sumur pengembangan dimana tekanan pori yang ada di lapangan lebih besar dari tekanan pori prediksi.

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Maximum Load Concept* dan dibantu dengan software *Osprey Risk*.

DASAR TEORI

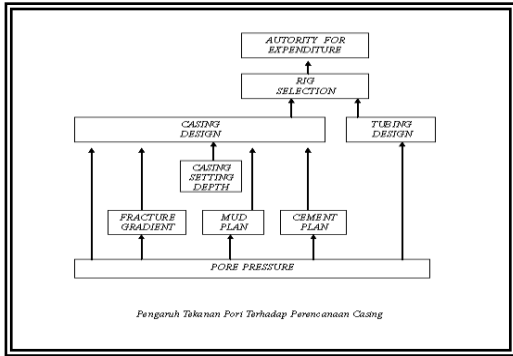
Tekanan Pori Formasi

Tekanan pori adalah tekanan yang berasal dari pori –pori batuan yang terisi oleh fluida baik berupa gas, minyak ataupun air. Besarnya tekanan pori tiap batuan yang terakumulasi menjadi satu formasi dinamakan tekanan pori formasi. Tekanan pori formasi merupakan salah satu faktor yang digunakan sebagai pertimbangan pada casing design suatu sumur. Oleh karenanya perubahan tekanan pori formasi akan mempengaruhi casing design sumur yang akan dibuat. Tekanan pori merupakan faktor yang mempengaruhi secara langsung maupun tidak langsung pada casing design suatu sumur seperti tampak pada **Gambar 1**.

Maximum Load Concept

Metode maximum load concept menggunakan anggapan casing dalam keadaan terburuk dalam menerima beban.

Beban Burst (Internal Pressure)



Gambar 1 . Pengaruh Tekanan Pori Terhadap Perencanaan Casing
(Adams .Neal. J, "Drilling Engineering", 1985)

Beban Burst diakibatkan oleh adanya tekanan yang berasal dari dalam casing (internal pressure) yang tidak mampu ditahan oleh casing. Internal pressure ini dapat terjadi ketika fluida formasi masuk ke dalam casing (kick), demikian halnya pada keadaan serupa seperti saat melakukan squeezing dan fracturing, maka casing harus mampu menahan tekanan dari dalam yang cukup tinggi.

Beban Collapse (External Pressure)

Pada penyemenan casing umumnya dilakukan sampai permukaan. Tinggi kolom semen ini memberikan beban collapse pada casing yang besarnya sama dengan tekanan hidrostatik semen. Apabila terjadi lost circulation, maka kolom lumpur akan turun hingga di bawah kaki casing, ini berarti bahwa di dalam casing kosong, tidak ada fluida yang membantu casing menahan collapse. Kondisi seperti ini merupakan kondisi terburuk yang dialami casing.

Beban Tension

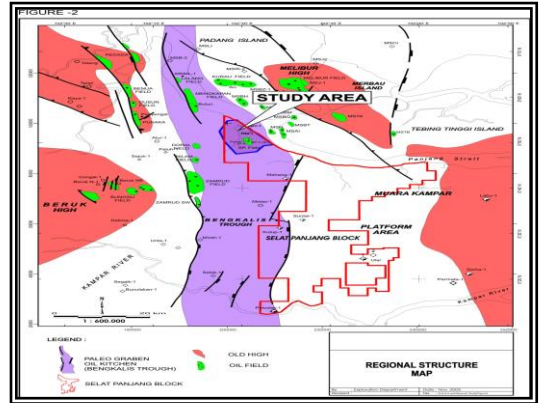
Beban terberat pada rangkaian casing terjadi pada sambungannya. Pada metode ini, mengabaikan faktor gaya apung (buoyancy factor).

Persiapan Data

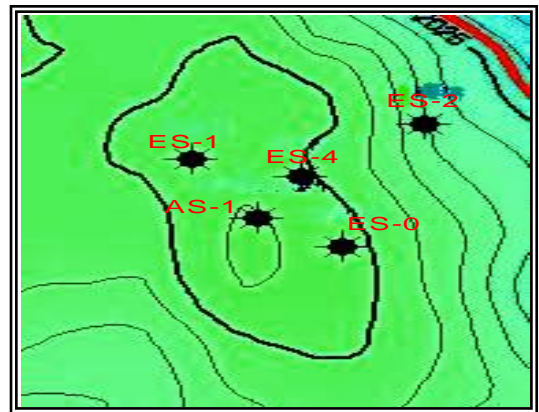
Data yang dibutuhkan pada casing design adalah :

1. Data Geologi
 - a. Lithologi Formasi
2. Data Reservoir
 - a. Tekanan Pori
 - b. Tekanan Rekah
3. Data Pemboran
 - a. Lokasi
 - b. Tipe Sumur
 - c. Trajectory
 - d. Jenis Casing
 - e. Lumpur
 - f. Semen
4. Data Produksi
 - a. Tipe Well Completion
 - b. Ukuran Tubing Produksi

Sumur "K" pada lapangan "E" merupakan sumur pengembangan. Oleh karenanya data Geologi dan Reservoir merupakan data korelasi dari sumur terdekat. Lapangan "E" memiliki 9 sumur. Sumur yang digunakan sebagai korelasi adalah sumur ES-1 dan AS-1 seperti pada Gambar 3.



Gambar 2 . Lokasi Lapangan "E"
," Final Report Integrated G & G Plus R Study", Selat Panjang PSC Block, 2006.



Gambar 3.Lokasi sumur –sumur pada lapangan "E"
," Final Report Integrated G & G Plus R Study", Selat Panjang PSC Block, 2006.

Prosedur perhitungan

Perhitungan Beban Burst

Burst Load Line

Injection pressure (IP)

$$IP = 0.052 \times (Gfr + SF) \times D \dots \dots (1)$$

Surface pressure (Ps)

$$Ps = IP - \text{Gas Hydrostatic Pressure} \dots \dots (2)$$

Backup line

Merupakan tekanan di luar casing, menggunakan densitas lumpur terberat.

Result = load line – backup line.(3)

Design Line = Result x Safety Factor(4)

Keterangan :

Gfr : Gradient Rekah Pada Casing Shoe, Psi/ft

SF : Safety Factor

D : Kedalaman Penempatan Casing, ft

Tabel 1. Safety Factor

Beban / Gaya	Safety Factor		
	Tinggi	Rendah	Rata-rata
Burst (Ni)	1.25	0.875	1.1
Collapse (Nc)	1.25	0.7	1.0
Tension (Nj)	2.0	1.6	1.8

Perhitungan Beban Collapse

Collapse Load Line (Pe) = 0.052 ps Ls.....(5)

Design Line = Pe x SF.....(6)

Perhitungan Beban Tension

W max = Fj / Nj.....(7)

Keterangan :

W max : Berat Maksimum

Fj : Joint Strength Standart API

Nj : Design Factor Tension

Panjang Maksimum yang Mampu Ditahan Casing

L max = W max / Berat Nominal....(8)

PERHITUNGAN

Data Sumur “K”

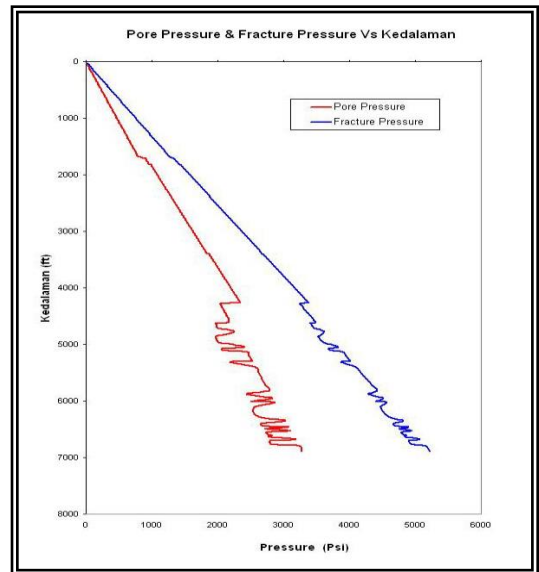
- Nama Sumur : Sumur K
- Nama Lapangan / Lokasi : Selat Panjang Block / Sumatera Tengah
- Klasifikasi Tipe Sumur : Sumur Pengembangan / Sumur Tegak
- Elevasi : RKB : 21.6 m dari GL
- Kedalaman Total : 6898.11 ft
- Ukuran Tubing Produksi : 2.875 in
- Tipe Kompleksi Sumur : Cased Hole

Pemilihan Ukuran Casing

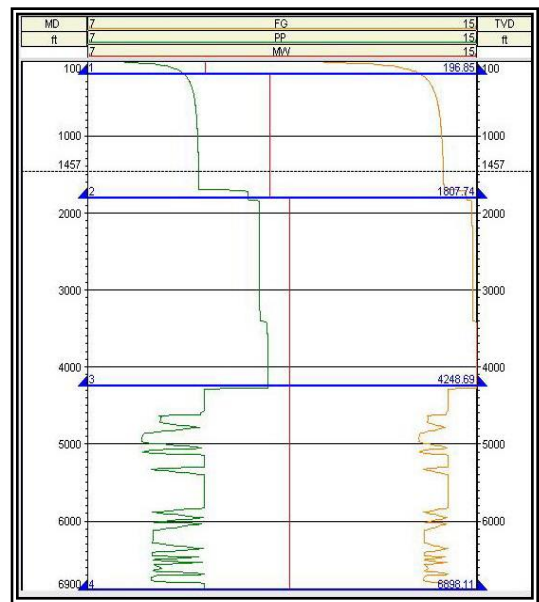
Tabel 2. Pemilihan Ukuran Casing dan Lubang Bor dengan Tubing 2 7/8

Option Well		C	S csg	I csg	PL
		csg	(in)	(in)	csg
		(in)			(in)
Well	Casing Size (OD)	16	9 5/8	7	5
“K”	Wellbore Size	12 1/4	8 1/2	6 1/8	
Keterangan :					
	C	= Conductor			
	S	= Surface			
	I	= Intermediate			
	PL	= Production Liner			

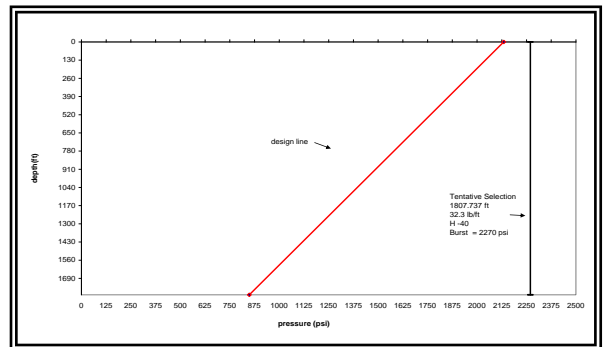
Hasil Perhitungan Pada Tekanan Awal



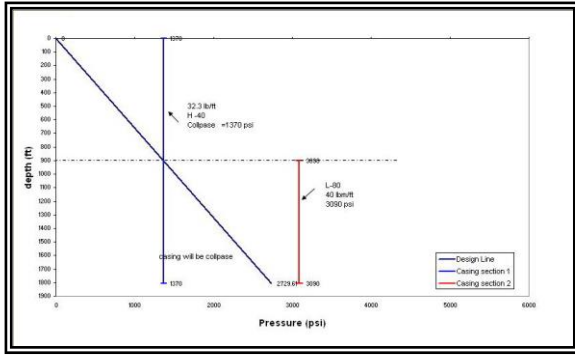
Gambar 4. Plot Kedalaman Vs Pore Pressure dan Fracture Pressure



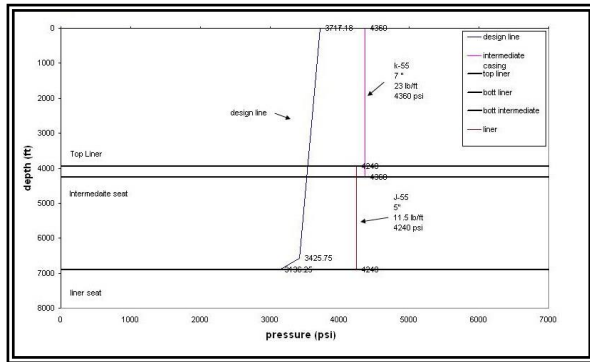
Gambar 5. Grafik Setting Depth Casing Berdasarkan Tekanan Pori, Tekanan Rekah, dan Berat Lumpur



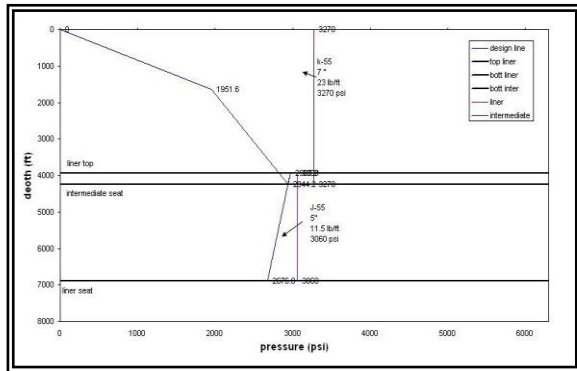
Gambar 6. Beban Burst pada Surface Casing dan Pemilihan surface Casing



Gambar 7. Beban Collapse pada Surface Casing dan Pemilihan surface Casing



Gambar 8. Beban Burst pada Intermediate Casing Dan Liner



Gambar 9. Beban Collapse pada Intermediate Casing Dan Liner

Tabel 3. Hasil Pemilihan Casing

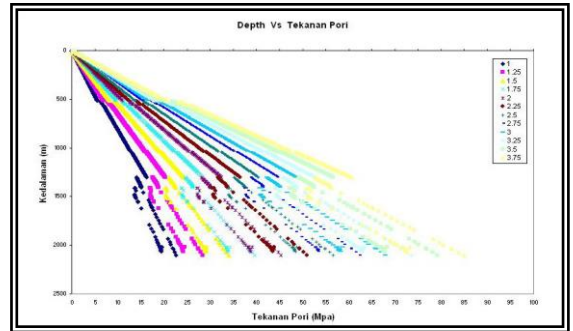
Diameter (in)	Length (ft)	Grade	Weight (lb/ft)	Joint
9,625	900	H-40	32,2	STC
	900 - 1807.74	L-80	40	STC
7	4248.69	K-55	23	BTC
5	3946 - 6898.11	K-55	15	STC

Pengaruh Casing Design Terhadap Kenaikan Tekanan Pori

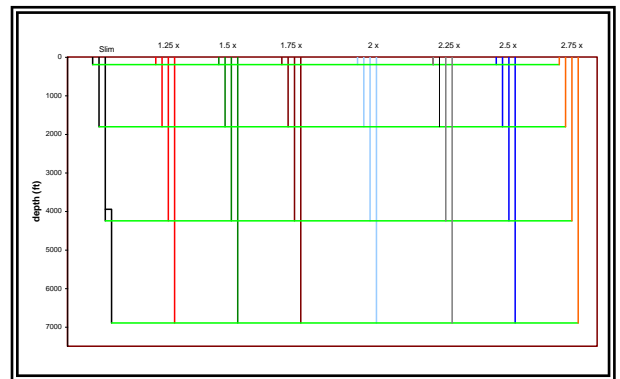
Kenaikan tekanan pori formasi dilakukan pada 11 (Sebelas) perubahan kenaikan, yaitu 1.25 ; 1.5 ; 1.75 ; 2 ; 2.25 ; 2.5 ; 2.75 ; 3 ; 3.25 ; 3.5 ; 3.75 dengan anggapan lithology yang ditembus sama.

Kenaikan tekanan pori ini dilakukan tiap kedalaman dengan kelipatan yang sama seperti tampak pada **Gambar 10** dimana terlihat bahwa kenaikan tekanan pori cenderung memiliki pergerakan yang hampir sama. Oleh karenanya penempatan kedalaman casing tidak mengalami perubahan, yaitu conductor casing pada 196.85 ft, surface casing pada 1807.74 ft, intermediate pada 4248.69 ft dan production pada 6869.11 seperti tampak pada **Gambar 11**.

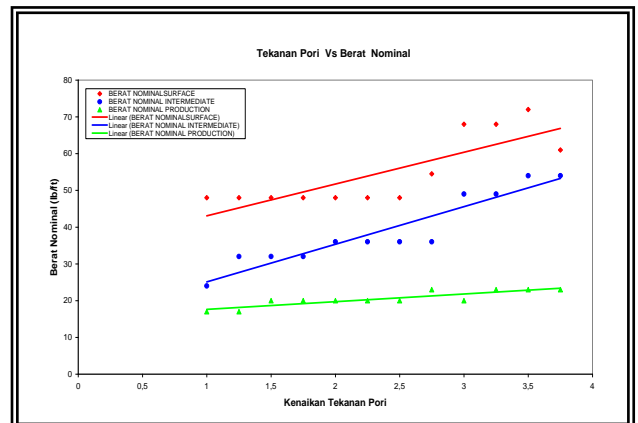
Pada casing design pengaruh yang diamati meliputi perubahan grade casing, berat casing, dan jenis sambungan casing.



Gambar 10. Grafik Perubahan Tekanan Pori Berdasarkan Asumsi



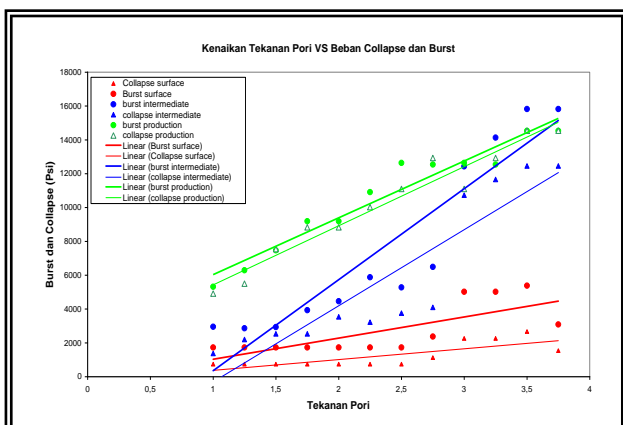
Gambar 11. Skematik Casing Setting Depth Berdasarkan Perubahan Tekanan Pori



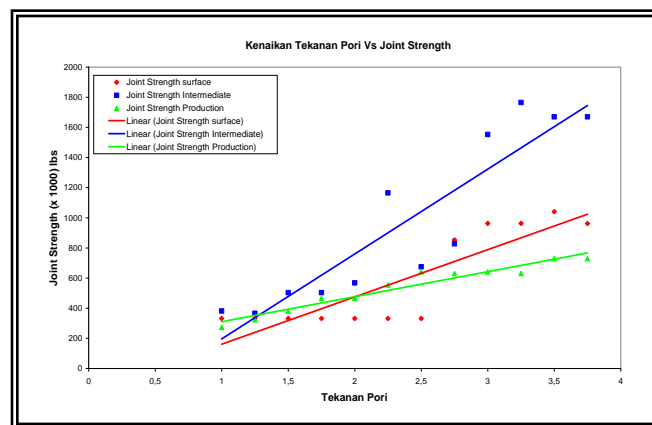
Gambar 12. Perubahan Berat Tiap Section Casing Terhadap Kenaikan Tekanan Pori

Tabel 4. Perubahan Casing Design Terhadap Kenaikan Tekanan Pori

Casing	1 X	1.25 X	1.5 X	1.75 X	2 X	2.25 X	2.5 X	2.75 X	3 X	3.25 X	3.5 X	3.75 X
Conductor	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC	H-40 87.5 lb/ft STC
Surface	H-40 48 lb/ft STC	H-40 48 lb/ft STC	H-40 48 lb/ft STC	H-40 48 lb/ft STC	H-40 48 lb/ft STC	H-40 48 lb/ft STC	H-40 48 lb/ft STC	H-40 48 lb/ft STC	J-55 68 lb/ft STC	N-80 68 lb/ft STC	N-80 72 lb/ft STC	J-55 61 lb/ft STC
Intermediate	J-55 24 lb/ft STC	H-40 32 lb/ft STC	J-55 32 lb/ft STC	J-55 32 lb/ft STC	J-55 36 lb/ft STC	M-65 36 lb/ft LTC	M-65 36 lb/ft LTC	N-80 36 lb/ft LTC	P-110 49 lb/ft LTC	Q-125 49 lb/ft LTC	Q-125 54 lb/ft LTC	Q-125 54 lb/ft LTC
Production	J-55 17 lb/ft STC	M-65 17 lb/ft LTC	M-65 20 lb/ft LTC	N-80 20 lb/ft LTC	N-80 20 lb/ft LTC	C-95 20 lb/ft LTC	P-110 20 lb/ft LTC	C-95 23 lb/ft LTC	P-110 20 lb/ft LTC	C-95 23 lb/ft BTCH	P-110 23 lb/ft LTC	P-110 23 lb/ft BTCH



Gambar 13. Perubahan Pada Beban Burst dan Collapse Tiap Section Casing Terhadap Kenaikan Tekanan Pori



Gambar 14. Perubahan Joint Strength Tiap Section Casing Terhadap Kenaikan Tekanan Pori

Tabel 5. Persamaan Garis Untuk Perubahan Design Surface Casing, Intermediate Casing, dan Production Casing

	Surface	Intermediate	Production
Berat Nominal	$y = 8.65035x + 34.14$	$y = 10.238x + 14.852$	$y = 2.0979x + 15.517$
Beban Burst	$y = 1247.7x + 214.1$	$y = 5379x + 5026.8$	$y = 3356.5x + 2677.5$
Beban Collapse	$y = 637.48x + 260.69$	$y = 4495.9x + 4797.9$	$y = 3493x + 1934.9$
Joint Strength	$y = 313.8x + 153.2$	$y = 563.44x + 367.67$	$y = 166.17x + 143.77$

PEMBAHASAN

Casing design suatu sumur dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya tekanan pori, tekanan rekah, lumpur, semen, dan casing setting depth. Dari kelima faktor yang mempengaruhi casing design, tekanan pori merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi casing design dan juga mempengaruhi keempat faktor yang lain. Oleh karenanya analisa tekanan pori suatu lapangan diperlukan guna mendapatkan casing design yang benar – benar aman secara teknis.

Casing yang terpasang akan menerima beban – beban yang ditimbulkan oleh tekanan yang terjadi secara bersamaan. Oleh karenanya rangkaian casing yang direncanakan untuk suatu lapangan harus memenuhi

persyaratan yaitu mampu menahan beban burst, collapse, dan tension.

Perhitungan Perencanaan Casing

Perhitungan perencanaan casing pada sumur “K” dilakukan dengan metode Maximum Load Concept dan dibantu dengan software.

Surface Casing (9 5/8”)

Perencanaan kedalaman surface casing adalah pada 1807.74 ft. Pada perhitungan bursting pressure untuk surface casing diperoleh harga 1301.78 psi di permukaan dan 1509.677 psi di kaki casing kemudian untuk design burstnya 2134.9192 psi di permukaan dan

848.7492 psi di kaki casing, sedangkan pada perhitungan collapse pressure diperoleh harga 0 psi di permukaan dan 1516.45 psi di kaki casing, kemudian untuk design collapsenya 0 psi dipermukaan dan 2729.61 psi di kaki casing. Dari data tersebut dilakukan plot seperti tampak pada **Gambar 6 dan Gambar 7**. Kemudian dilakukan pengecekan joint strength dan diperoleh berat maksimum casing yang mampu ditahan adalah 49129,59 lb dan panjang maksimum casing yang mampu ditahan adalah 1525.76 ft dimana panjang casing yang mampu ditahan kurang dari setting depth casing, maka perlu disambungkan dengan casing lain. Dengan demikian perencanaan surface casing dipasang dua section. Section pertama pada kedalaman 900 ft, H-40, 32.2 lb/ft, STC dan section kedua 900 ft – 1807 ft, L-80, 40 lb/ft, STC. Jenis casing ini sudah dapat untuk mengatasi pengaruh internal pressure, eksternal pressure, dan tension load yang bekerja.

Intermediate Casing (7") dan Liner (5")

Perencanaan intermediate yang disambung dengan liner berbeda apabila intermediate dipasang secara terpisah dengan production casing, hal ini disebabkan karena intermediate casing juga bertindak sebagai casing produksi.

Perencanaan kedalaman intermediate casing adalah pada 4248.69 ft dan liner digantung pada kedalaman 3946 ft dengan casing seat pada 6898.11 ft. Pada perhitungan bursting pressure untuk intermediate casing dan liner diperoleh harga 1926 psi di permukaan dan 5596 psi di kaki casing kemudian untuk design burstnya 3717 psi di permukaan dan 3136 psi di kaki casing, sedang pada perhitungan collapse pressure diperoleh harga 0 psi di permukaan dan 907 psi di kaki casing, kemudian untuk design collapsenya 0 psi dipermukaan dan 1912 psi di kaki casing. Dari data tersebut dilakukan plot seperti tampak pada **Gambar 8 dan Gambar 9**. Kemudian dilakukan pengecekan joint strength dan diperoleh berat maksimum casing yang mampu ditahan intermediate adalah 166315.8 lb dan panjang maksimum casing yang mampu ditahan adalah 7231 ft dimana berat casing dan panjang casing yang mampu ditahan intermediate casing lebih besar dari setting depth intermediate dan berat liner yang menggantung, dengan demikian intermediate casing yang dipasang adalah pada kedalaman 4248.69 ft, K-55, 23 lb/ft, BTC sedangkan pada liner pada kedalaman 3946 ft - 6898.11 ft, K-55, 15 lb/ft, STC.

Analisa Pengaruh Tekanan Pori Terhadap Casing Design

Casing design suatu sumur menggambarkan kemampuan dan kekuatan dari konstruksi sumur. Casing design meliputi grade, berat nominal, dan tipe sambungan dimana casing tersebut harus mampu menahan beban –beban yang akan dialaminya seperti beban burst, collapse, dan tension.

Tekanan pori merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi casing design sumur yang mana apabila tekanan pori berubah (abnormal), maka casing design sumur juga akan berubah.

Analisa pengaruh tekanan pori dilakukan pada 11 (Sebelas) asumsi perubahan kenaikan, yaitu 1.25 - 3.75 kali dari tekanan awal dengan anggapan lithology yang ditembus sama.

Casing Setting Depth

Perubahan kenaikan tekanan pori ini dilakukan tiap kedalaman dengan kelipatan yang sama seperti tampak Pada **Gambar 10** dimana terlihat bahwa kenaikan tekanan pori cenderung memiliki pergerakan yang hampir serupa. Oleh karenanya penempatan kedalaman casing tidak mengalami perubahan, yaitu conductor pada 196.85 ft, surface pada 1807.74, intermediate pada 4248.69 ft dan production pada 6898.11 ft seperti tampak pada **Gambar 11**.

Casing Design

Perubahan kenaikan tekanan pori hanya mempengaruhi design surface casing, intermediate casing, dan production casing seperti tampak pada **Tabel 4**. Perubahan ini meliputi grade, berat casing, ketahanan terhadap beban burst, collapse, dan tipe sambungan.

Pada surface casing perubahan berat terjadi ketika tekanan pori naik 2.75 kali, berat casing relatif bertambah dari yang sebelumnya 48 lb/ft menjadi 54.5 lb/ft, dan pada kenaikan 3 kali perubahan relatif cukup besar menjadi 68 lb/ft. Pada intermediate casing terjadi perubahan berat secara bertahap dimulai dari 24 lb/ft lalu 32 lb/ft dan 36 lb/ft. Perubahan yang relatif cukup besar terjadi ketika tekanan pori menjadi 3 kali yaitu menjadi 49 lb/ft. Perubahan berat ini naik sebesar 13 lb/ft, sedangkan pada production casing perubahan berat casing relatif kecil mulai dari 17 lb/ft sampai 23 lb/ft. Perubahan ini dapat dilihat pada **Gambar 12**.

Perubahan grade pada surface casing mulai terjadi ketika tekanan pori naik 2.75 kali dari yang sebelumnya H-40 berubah menjadi J-55, dan pada kenaikan 3 kali – 3.5 kali berubah menjadi N-80. Perubahan grade intermediate casing terjadi secara bertahap dari H-40 lalu J-55, M-65, dan N-80. Ketika tekanan naik 3 kalinya grade casing berubah cukup jauh kemampuannya menjadi sangat besar dari N-80 menjadi P-110. Perubahan grade pada production casing mulai dari J-55, M-65, N-80, C-95, dan P-110. Perubahan ini menunjukkan kenaikan terhadap kemampuan dalam menahan beban eksternal dan internal yang bekerja pada casing. Perubahan ini dapat dilihat pada **Gambar 13**.

Tipe sambungan pada surface casing tidak mengalami perubahan tetap menggunakan tipe STC, sedangkan pada intermediate casing tipe sambungan mulai terjadi perubahan pada kenaikan 2.25 kali dari STC menjadi LTC, sedangkan pada production casing tipe

sambungan yang digunakan mulai kenaikan 1.25 kali adalah LTC dari yang sebelumnya adalah STC. Perubahan ini dapat dilihat pada **Gambar 14**.

Dilihat dari perubahannya dan berdasarkan grafik hasil plot, maka kecenderungan surface casing mulai berubah pada kenaikan tekanan pori mulai 2.75 kali, intermediate casing pada 2.25 kali, dan production casing pada 1.25 kali. Perubahan untuk casing design surface, intermediate, dan production diwakili oleh persamaan garis hasil plot seperti tampak pada **Tabel 5**.

KESIMPULAN

1. Casing design pada sumur "K" adalah :
 - Surface casing 9.625 in, dua section. Section I adalah H-40, 32,2 lb/ft, STC dipasang pada kedalaman 0 -900 ft. Section II adalah L-80, 40 lb/ft, STC dipasang pada kedalaman 900 – 1807.74 ft.
 - Intermediate casing 7 in adalah K-55, 23 lb/ft, BTC dipasang pada kedalaman 0 – 4248.69 ft
 - Production Liner 5 in adalah K-55, 15 lb/ft, STC digantung pada kedalaman 3946 ft dan casing shoe pada kedalaman 6898.11 ft.
2. Kenaikan tekanan pori mempengaruhi casing design surface, intermediate, dan production dimana perubahannya meliputi perubahan grade, berat casing, dan tipe sambungan.
3. Perubahan casing design surface terjadi ketika tekanan pori naik 2.75 kali.
4. Perubahan casing design intermediate terjadi ketika tekanan pori naik 2.25 kali.
5. Perubahan casing design production terjadi ketika tekanan pori naik 1.25 kali.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, Neal. J. , "*Drilling Engineering*" , Penn Well Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1985.
- Adams, Neal , "*Well Control Problem and Solutions*" , Penn Well Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1980.
- Adam T. Bourgoyne Jr, Keith K. Millheim, Martin E. Chanevert, F.S. Young Jr, "*Applied Drilling Engineering*" , First Printing, Society of Petroleum Engineers, Richardson, TX, 1986.
- Bambang .T. Ir., "*Teknik pemboran I & II*" , HMTM PATRA, ITB , Bandung, 1975.
- G.V Chilingarian and P. Verabutr, " *Drilling and drilling fluids*" , ELSEVIER SCIENTIFIC PUBLISHING COMPANY, AMSTERDAM- OXFORD-NEW YORK, 1981.
- Nelly, S.J. *Oil Reservoir Engineering* . Huntington, New York; Robert E.Krieger Publishing Company, 1977.
- Rubiandini, Rudi, R.S, "*Teknik Pemboran Bagian II*" ,

Jurusan Teknik Perminyakan , Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional"Veteran" Yogyakarta, 1998.

Rabia, H., "*Oil Well Drilling Engineering*" , 1985

Sismarjanto S ., "*Diktat Kuliah Pemboran : Casing Design*" , Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional"Veteran" Yogyakarta, 1995.

Sudjana, "*Metoda Statistika*" Tarsito, Bandung, 175.

_____ , "*Final Report Integrated G & G Plus R Study*" , Selat Panjang PSC Block, 2006.