

**EVALUASI *CASING DESIGN* SUMUR PEMBORAN
DENGAN METODE *MAXIMUM LOAD*
PADA SUMUR X DI LAPANGAN Y**

JURNAL ILMIAH

**TRI WIBOWO
NIM 12418002**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
AGUSTUS 2023**

**EVALUASI *CASING DESIGN* SUMUR PEMBORAN
DENGAN METODE *MAXIMUM LOAD*
PADA SUMUR X DI LAPANGAN Y**

JURNAL ILMIAH

**TRI WIBOWO
12418002**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Perminyakan



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG
KOTA DELTAMAS
AGUSTUS 2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**EVALUASI *CASING DESIGN* SUMUR PEMBORAN
DENGAN METODE *MAXIMUM LOAD*
PADA SUMUR X DI LAPANGAN Y**

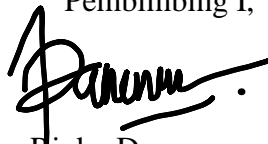
JURNAL ILMIAH

**TRI WIBOWO
12418002**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Perminyakan

Menyetujui,
Kota Deltamas, 13 Juli 2023

Pembimbing I,



Ganesha Rinku Darmawan, S.T., M.T.

Pembimbing II,

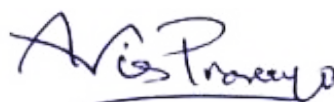


Samuel Halomoan Silitonga, S.T.

Mengetahui,

Kota Deltamas, 26 Juli 2023

Kepala Program Studi Teknik Perminyakan
Institut Teknologi Sains Bandung



Ir. Aries Prasetyo, M.T

NIDN: 04140468

EVALUASI CASING DESIGN SUMUR PEMBORAN DENGAN METODE MAXIMUM LOAD PADA SUMUR X DI LAPANGAN Y

Tri Wibowo

Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Sains Bandung

Email: tri.wibowofx@gmail.com

Pembimbing: Ganesha Rinku Darmawan, S.T., M.T & Samuel Halomoan Silitonga, S.T

Abstrak :

Dalam upaya pengangkatan minyak dan gas bumi dari *reservoir* ke permukaan perusahaan yang bergerak di bidang minyak dan gas harus melakukan operasi pemboran. Perencanaan *casing* dalam suatu perencanaan sumur sangat penting karena jika salah dalam melakukan perencanaan casing dapat menyebabkan kendala operasional yang berakibat realisasi biaya sumur menjadi jauh lebih mahal, misalnya terjadi *lost in hole*, hilang lubang, *sidetrack*, atau bahkan *blow out*. *Casing* adalah pipa berbahan baja yang memiliki peran penting dalam suatu pemboran sumur minyak dan gas. *Casing design* merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan atau dicermati dalam operasi pemboran. Faktor yang sangat berpengaruh dalam perencanaan casing adalah diameter casing, panjang casing, *pressure resistance*, serta beban pada casing. Pembebanan casing meliputi tiga macam, yaitu tekanan *Burst*, *Collapse*, *Tension* dan *Biaxial*. Sumur X merupakan sumur pengembangan dari suatu lapangan, evaluasi *casing design* sumur X lapangan Y dilakukan pada casing 13-3/8 trayek 17-1/2", casing 9-5/8 trayek 12-1/4", casing 7 trayek 8-1/2" dan casing r 4-1/2" trayek 6". Metode yang digunakan pada evaluasi kemampuan *grade casing* ini adalah metode *maximum load* dengan memperhitungkan beban *burst*, *collapse*, *tension* dan *biaxial*.

Kata Kunci: *Casing design*, *maximum load*, evaluasi.

Abstrak :

In an effort to lift oil and natural gas from the reservoir to the surface, companies engaged in the oil and gas sector must carry out drilling operations. Casing planning in a well planning is very important because if it is wrong in planning the casing it can cause operational problems which result in the realization of well costs being much more expensive, for example lost in hole, missing hole, sidetrack, or even blow out. Casing is a steel pipe that has an important role in drilling oil and gas wells. Casing design is one of the factors that must be considered or observed in drilling operations. Factors that are very influential in casing planning are the diameter of the casing, the length of the casing, the pressure resistance, and the load on the casing. Casing loading includes three kinds, namely Burst, Collapse, Tension and Biaxial pressure. Well X is a development well from a field, casing design evaluation of well X field Y is carried out on casing 13-3/8 route 17-1/2", casing 9-5/8 route 12-1/4", casing 7 route 8-1/2" and casing r 4-1/2" 6" route. The method used in evaluating the capability of this grade casing is the maximum load method by taking into account burst, collapse, tension and biaxial loads.

Keywords: *Casing design*, *maximum load*, evaluation

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat pemboran sumur minyak dan gas mencapai kedalaman tertentu, maka pada sumur tersebut perlu dipasang casing yang dilanjutkan dengan proses penyemenan. Casing merupakan suatu pipa selubung yang memiliki fungsi menjaga kestabilan lubang bor agar tidak

runtuh, menutup zona bertekanan abnormal, zona lost, dan sebagainya. Adapun tujuan utama daripada perencanaan casing adalah mendapat rangkaian casing yang kuat untuk melindungi sumur baik selama pemboran maupun produksi

Dalam perencanaan pemboran desain casing sangat penting karena casing merupakan hal benda yang harus disiapkan sebelum

operasi pemboran dan yang berhubungan langsung dengan fluida. Desain casing meliputi conductor casing, surface casing, intermediate casing, production casing, dan liner.

Faktor yang sangat berpengaruh dalam perencanaan casing adalah diameter casing, panjang casing, pressure resistance, serta beban pada casing. Pembebanan casing meliputi tiga macam, yaitu tekanan Burst, Collapse, dan Tension. Setelah membuat masing-masing beban mencapai angka safety factor terbesar, maka akan diperoleh rangkaian casing paling kuat dan aman

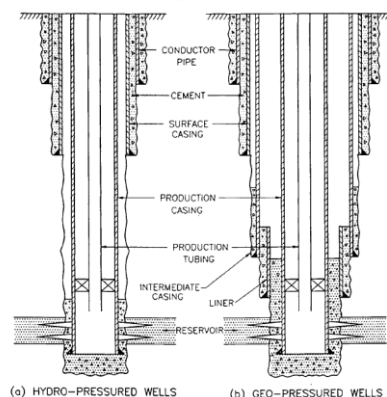
Casing salah satu komponen cukup mahal pada suatu sumur minyak dan gas bumi, sehingga casing yang digunakan ini merupakan investasinya cukup besar. Pemilihan ukuran casing, berat casing, dan tipe ulirnya (*thread*) merupakan aspek yang paling penting dipandang dari segi tekniknya yang juga akan menyangkut keekonomisan dan aspek keselamatannya. *Casing* mempunyai beberapa fungsi penting selama proses pengeboran minyak dan gas bumi, berikut adalah fungsi dari casing (Feldy Noviandy, 2015):

- a. Mencegah gugurnya dinding sumur
- b. Mencegah air tanah terkontaminasi oleh lumpur pemboran
- c. Menutup zona bertekanan abnormal dan zona *lost*
- d. Membuat diameter sumur tetap
- e. Mencegah hubungan langsung antar formasi
- f. Tempat kedudukan BOP dan peralatan produksi

Spesifikasi casing adalah suatu pengklasifikasian yang digunakan untuk mempermudah dalam pemilihan casing yang akan digunakan sesuai dengan keadaan sumur. Standarisasi spesifikasi casing sangat diperlukan dalam mendesain casing. Untuk itu API (*American Petroleum Institute*) telah mengembangkan casing standar yang telah diterima secara internasional oleh industri perminyakan.

Pada umumnya jenis-jenis casing yang dipakai antara lain; 1) *Conductor casing*, 2)

Surface casing, 3) *Intermediate casing*, 4) *Production casing*, dan 5) *Liner casing*.



Gambar 2.1 Jenis casing ((Rahman & Chilingarian, 1995)).

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari studi ini ialah mengevaluasi casing design pada casing 18" 5/8, casing 13" 3/8, casing 9" 5/8 casing 7" dan casing 4" 1/2 terhadap desain existing dengan mempertimbangkan beban yang terjadi pada casing dan aspek keamanan..

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada studi ini, yaitu :

1. Pembahasan desain casing hanya akan dilakukan pada casing 18-5/8", casing 13-3/8, casing 9-5/8, casing 7-5/8" dan casing 4-1/2".
2. Tidak memperhitungkan keekonomian.
3. Tidak menentukan casing setting depth dan casing seat
4. Data pore pressure gradient sudah di dapatkan oleh subsurface team.
5. Tidak mempertimbangkan kick tolerance.

II.METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan metode mengumpulkan sumber data yang berasal dari rujukan buku ataupun informasi perusahaan yang berhubungan dengan tujuan studi yang lagi dilakukan. Studi literatur ini dilakukan saat sebelum serta sepanjang penelitian dilaksanakan.

b. Diskusi

Melaksanakan dialog ataupun pedalaman materi secara langsung ataupun secara tidak langsung melalui e-mail dengan pembimbing.

2.2 Prosedur Kerja

2.2.1 Studi literatur mengenai *casing design* dan pengumpulan data. Sebelum melakukan penelitian terhadap pemilihan *casing* yang baik dan efisien dilakukan *study* literatur untuk mempelajari sentar mengumpulkan data apa saja yang dibutuhkan dalam penelitian. Data- data yang diperlukan pada penelitian antara lain

- a. *True vertical depth* dan *measured depth*.
- b. Tekanan pori.
- c. Tekanan rekah formasi.
- d. *Mud weight*.
- e. Litologi batuan.

2.2.2 Memilih *grade casing* data seperti tekanan internal dan eksternal diperlukan untuk menentukan kualitas *casing* berdasarkan API. Data ini nantinya akan dibutuhkan untuk menghitung beban *burst* dan *collapse*. Metode *maximul load* digunakan untuk perhitungan ini yang artinya, penentuan sifat keadaan didasarkan pada kondisi terburuk yang terjadi pada rangkaian *casing*.

2.2.3 Analisis data perhitungan Hasil menurut perhitungan *grade casing* akan sebagai bahan pertimbangan buat meningkatkan secara optimal *grade casing* yg digunakan dimana parameter yg akan dianalisa yaitu *Burst, Collapse, Tension dan Biaxial*.

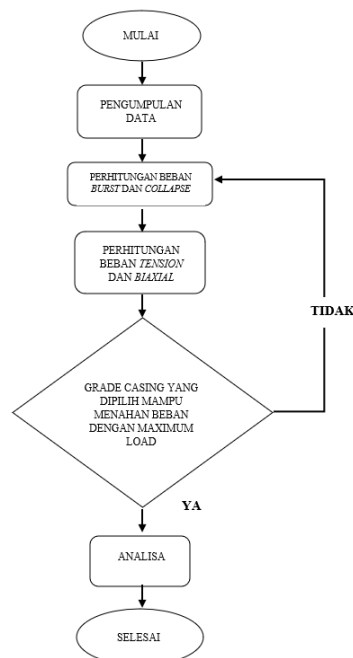
2.2.4 Evaluasi perhitungan

Hasil dari perhitungan beban *burst, collapse, tension* dan *biaxial* kemudian akan di evaluasi terhadap *grade casing* yang perusahaan tentukan, apakah *grade casing* tersebut mampu menahan beban *burst, collapse, tension* dan *biaxial* atau tidak. Dan jika tidak maka perlu penentuka *grade casing* baru.

2.2.5 Penulisan Laporan

Laporan penelitian Tugas Akhir ini akan ditulis sesuai dengan mengikuti kaidah penulisan laporan tugas akhir yang telah ditentukan oleh Program Studi Teknik Perminyakan Institut Teknologi Sains Bandung

2.3 Alur Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 2. 2 Alur pengerjaan Tugas Akhir

III.PEMBAHASAN

Pada tahap ini, akan dihitung beban-beban yang bekerja pada trayek di sumur "X" yaitu *burst*

load, collapse load, tension load dan biaxial load. Mulai dari Conductor casing, Surface casing, Intermediate casing, Production casing, dan Liner

3.1 Casing Design Conductor 13-3/8" (0-1532 ft)

Diameter casing (OD)	: 30-3/8"
Diameter lubang bor	: 17-1/2"
TVD	: 1627 ft
Gradien tekanan rekah (Gfr)	: 16.2 ppg
Berat lumpur	: 1.5 ppg
Densitas semen: 12.8 ppg dan 15.8 ppg	
Gradien tekanan gas (Gg)	: 0.12 psi/ft
Design factor burst load	: 1.1
Design factor collapse load	: 1.1
Design factor tension load	: 1.3

Perhitungan burst load Surface casing 13-3/8"

Tekanan injeksi (IP)

$$\begin{aligned} IP &= 0.052 \times (Gfr + 1) \times Lc \\ &= 0.052 \times (16.2 + 1) \times 1627 \\ &= 1455 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan dipermukaan (Ps)

$$\begin{aligned} Ps &= IP - 0.052 \times \rho g \times Lc \\ &= 1455 - 0.052 \times 0.12 \times 1627 \\ &= 2987 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan Eksternal (Pe)

$$\begin{aligned} Pe &= 0.465 \times Lc \\ &= 0.465 \times 1627 \\ &= 757 \text{ psi} \end{aligned}$$

Resultant di Permukaan

$$\begin{aligned} C@surface &= Ps - Pe@surface \\ &= 2987 - 0 \\ &= 2987 \end{aligned}$$

Resultant di lead

$$\begin{aligned} C@lead &= IP - Pe@lead \\ &= 1455 - 1020 \\ &= 435 \text{ psi} \end{aligned}$$

Resultan di tail

$$\begin{aligned} C@tail &= IP - Pe@tail \\ &= 1455 - 1259 \\ &= 216 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain factor di permukaan

$$BPD@surface = C@surface \times DF$$

$$\begin{aligned} &= 2987 \times 1.1 \\ &= 3286 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain faktor di lead

$$\begin{aligned} BPD@lead &= C@lead \times DF \\ &= 435 \times 1.1 \\ &= 479 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain faktor di tail

$$\begin{aligned} BPD@tail &= C@tail \times DF \\ &= 196 \times 1.1 \\ &= 216 \text{ psi} \end{aligned}$$

Kolom gas yang mengisi seluruh Panjang casing yang menimbulkan burst load pada surface casing. Karena tekanan injeksi pada kedalaman surface casing relatif rendah maka batas tekanan maksimum dipermukaan dapat diabaikan. Hal ini dapat diartikan juga bahwa tekanan peralatan BOP lebih besar dari tekanan gas di permukaan. Hal ini menyebabkan batasan tekanan maksimum hanya terdapat pada kaki casing sebesar tekanan injeksi.

Terdapat dua tekanan yang dihitung pada perhitungan burst load diantaranya tekanan internal dan tekanan eksternal. Pada saat pemboran trayek berikutnya, terjadi gas kick pada kedalaman ± 1627 ft yang menyebabkan fluida lumpur pemboran tergantikan dengan gas sehingga mendorong fluida lumpur pemboran masuk kedalam rekahan formasi di bawah casing seat. Tekanan eksternal berasal dari tekanan air asin (salt water) sebesar 712 psi yang membantu menahan tekanan dari dalam casing yang disebabkan oleh gas yang masuk ke dalam casing.

Perhitungan Collapse Load Conductor casing 13-3/8

Tekanan Eksternal di permukaan

$$\begin{aligned} Pe@surface &= 0.052 \times \rho s \times Lc \\ &= 0.052 \times 12.8 \times 0 \\ &= 0 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan eksternal di lead

$$\begin{aligned} Pe@lead &= 0.052 \times \rho s \text{ lead} \times Ls \text{ lead} \\ &= 0.052 \times 12.8 \times 1129 \\ &= 751 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan eksternal di tail

$$Pe @tail = Pe @lead + (0.052 \times \rho s tail \times Lc)$$

$$= 751 + (0.052 \times 15.8 \times 1627) \\ = 2088 \text{ psi}$$

Desain factor di permukaan

$$CPD@surface = Pe @surface \times DF \\ = 0 \times 1.1 \\ = 0$$

Desain factor di lead

$$CPD@lead = Pe @lead \times DF \\ = 751 \times 1.1 \\ = 827 \text{ psi}$$

Desain factor di tail

$$CPD @tail = Pe @tail \times DF$$

Perhitungan Beban Tension pada Surface Casing 13-3/8"

Grade casing N-80; 68 ppf; BTC

Collapse resistance : 2260 psi

Pipe body yield strength : 1556000 lbs

Nominal Weight (BN) : 68 ppf

Buoyancy factor (BF)

$$BF = 1 - \frac{\rho m}{65.5} \\ = 1 - \frac{9.5}{65.5} = 0.85$$

Berat casing (WM)

$$WM = L \times w_a \times BF \\ = 1627 \times 68 \times 0.84 \\ = 92900 \text{ lbs}$$

Luas penampang dinding casing (A)

$$A = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (OD^2 - ID^2) \\ = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (13 - 3/8^2 - 12.415^2) \\ = 27.5$$

Deviasi lubang (BL)

$$BL = 218 \times OD \times \theta \times A \\ = 218 \times 13.675 \times 0 \times 27.5 \\ = 0 \text{ lbs}$$

Sumur "X" ini adalah sumur dengan pemboran vertikal sehingga beban *tension* akibat deviasi lubang (BL) sebesar 0 lbs. Pada perencanaan beban *tension* ini juga diperlukan beban *overpull* untuk menjadi faktor keamanan apabila *casing* terjepit dan menjadikan stuck. Beban *overpull* yang ditambahkan sebesar 100.000 lbs. *Buoyancy factor* juga berpengaruh terhadap perhitungan *tension load*. Fluida

$$= 1988 \times 1.1$$

$$= 2187 \text{ psi}$$

Pada *collapse load* juga menghitung tekanan yang bekerja pada *surface casing*. Kondisi terburuk yang diasumsikan adalah terjadinya *lost circulation*. Pada kedalaman yang relatif rendah ini, kemungkinan buruk yang terjadi adalah fluida pemboran hilang seluruhnya sehingga tidak ada fluida pemboran di dalam *casing*. Sementara itu, dalam kegiatan penyemaman, tekanan *cement slurry* memiliki pengaruh terhadap tekanan eksternal tanpa adanya bantuan dari tekanan internal.

pemboran yang ada didalam lubang bor membantu menahan beban *tension casing* sehingga beban *tension* yang diterima *casing* tidak terlalu besar.

Perhitungan Beban Biaxial pada Surface Casing 13-3/8"

Faktor beban *Biaxial* (X)

$$X = \frac{\text{Beban Tension}}{\text{Body Yield Strength}} \\ = \frac{250771}{1556000} \\ = 0.16$$

Setelah didapatkan nilai X kemudian nilai Y dapatkan dari Tabel sebesar 0.964

Nilai *collapse resistance* untuk casing dengan spesifikasi N-80; 68 ppf; BTC adalah 2260 psi, maka :

$$\text{Penurunan } collapse resistant \\ = Y \times \text{Collapse resistant} \\ = 0.964 \times 2260 \\ = 2138 \text{ psi}$$

Safety Factor

Safety factor untuk burst

$$= \frac{\text{Burst Resistant}}{\text{Burst Pressure}} \\ = \frac{5020 \text{ psi}}{2987 \text{ psi}} \\ = 1.7$$

Safety factor untuk collapse

$$= \frac{\text{Collapse Resistant}}{\text{External Pressure}}$$

$$= \frac{2260 \text{ psi}}{1988 \text{ psi}}$$

$$= 1.1$$

Safety factor untuk tension

$$= \frac{\text{Yield Strength}}{\text{Tension Load}}$$

$$= \frac{1556000 \text{ lbs}}{250771 \text{ lbs}}$$

$$= 6.2$$

Safety factor untuk biaxial

$$= \frac{\text{Penurunan Collapse Rating}}{\text{DF Collapse@shoe}}$$

$$= \frac{2138 \text{ psi}}{2187 \text{ psi}}$$

$$= 1.0$$

Tabel 3. 1 Hasil SF Surface Casing 13-3/8"

Beban	SF	Keterangan
Burst , psi	1.7	Aman
Collapse psi	1.1	Aman
Tension , lbs	6.2	Aman
Biaxial , psia	1.0	Aman

3.2 Casing Design Intermediate Casing 9-5/8"(0-8327ft)

Diameter casing (OD)	: 9-5/8 inch
Diameter lubang bor	: 12-1/4 inch
TVD	: 8884 ft
Gradien tekanan rekah (Gfr)	: 16.2 ppg
Gradien tekanan gas (Gg)	: 0.12 psi/ft
Berat lumpur	: 11.5 ppg
Densitas lead cement	: 11.5 ppg
Densitas tail cement	: 15.8 ppg
Panjang casing	: 8884 ft
Design factor burst load	: 1.1
Design factor collapse load	: 1.1
Design factor tension load	: 1.3

Perhitungan Beban Burst Intermediate Tekanan injeksi (IP)

$$IP = 0.052 \times (Gfr + 1) \times Li$$

$$= 0.052 \times (16.2 + 1) \times 8884$$

$$= 7946 \text{ psi}$$

Tekanan dipermukaan (Ps)

$$Ps = IP - \rho m + \rho g$$

$$= 7946 - 11.5 \times 0.12$$

$$= 7565 \text{ psi}$$

Tinggi kolom gas (Hg)

$$Hg = \frac{IP - Ps - 0.052 \cdot \rho m \cdot Li}{0.115 - 0.052 \cdot \rho m}$$

$$= \frac{7946 - 5000 - 0.052(11.5)(8884)}{0.115 - 0.052(11.5)}$$

$$= 4857 \text{ ft}$$

Tinggi kolom lumpur (Hm)

$$Hm = Li - Hg$$

$$= 8884 - 4857$$

$$= 4027 \text{ ft}$$

Tekanan eksternal di Lead

$$Pe @ \text{lead} = 0.052 \times \rho s @ \text{lead} \times Li$$

$$= 0.052 \times 11.5 \times 8884$$

$$= 5313 \text{ psi}$$

Tekanan Eksternal di Tail

$$Pe @ \text{Tail} = 0.052 \times \rho s @ \text{tail} \times Li$$

$$= 0.052 \times 15.8 \times 8884$$

$$= 7299$$

Resultant di Permukaan

$$C @ \text{Surface} = Ps - Pe @ \text{Surface}$$

$$= 7565 - 300$$

$$= 7265$$

Resultant di lead

$$C @ \text{Lead} = Pi - Pe @ \text{Lead}$$

$$= 7946 - 5313$$

$$= 2633 \text{ psi}$$

Resultant di Tail

$$C @ \text{Tail} = Pi - Pe @ \text{Tail}$$

$$= 7946 - 7299$$

$$= 647 \text{ psi}$$

Desain Tekanan burst @Surface

$$BPD @ \text{Surface} = C @ \text{Surface} \times DF$$

$$= 7265 \times 1.1$$

$$= 7991 \text{ psi}$$

Desain Tekanan burst @Lead

$$BPD @ \text{Lead} = C @ \text{Lead} \times DF$$

$$= 2633 \times 1.1$$

$$= 2897 \text{ psi}$$

Desain Tekanan burst @Tail

$$BPD @ \text{Surface} = C @ \text{Tail} \times DF$$

$$= 647 \times 1.1$$

$$= 711 \text{ psi}$$

Pada perhitungan *burst load* menggunakan 2 macam tekanan yang terjadi pada casing, yaitu tekanan internal dan tekanan eksternal. Setelah dipasang casing 9-

5/8", pada saat proses pemboran trayek berikutnya terjadi gas kick pada kedalaman lubang trayek selanjutnya ±8884 ft yang menyebabkan fluida formasi (gas) masuk kedalam lubang bor dan kedalam casing yang telah dipasang.

Influx gas yang masuk akan menimbulkan rekahan dibawah casing shoe dan akan mengakibatkan hilangnya lumpur kedalam rekahan. Kehilangan lumpur maksimal didalam casing terbatas pada jumlah yang akan menyebabkan tekanan internal casing naik sampai batas tekanan yang dapat ditahan BOP sehingga mencegah terjadi *blowout*. Dengan tekanan maksimum tersebut maka ditentukan berapat tinggi kolom gas dan lumpur yang berada didalam casing yang telah dipasang. Kolom gas yang mengisi casing sebesar 4857 ft dan kolom lumpur yang ada didalam casing sebesar 4027 ft

Perhitungan Beban Collapse Intermediate Casing 9-5/8"

Tekanan collapse @ surface

$$P_c @ surface = 0.052 \times \rho_s \times D @ surface$$

$$= 0.052 \times 11.5 \times 0$$

$$= 0$$

Tekanan collapse @ surface

$$P_c @ Lead = 0.052 \times 17.5 \times 600$$

$$= 546 \text{ psi}$$

Tekanan collapse @ Tail

$$P_c @ Tail = 0.052 \times 17.5 \times 1600$$

$$= 1456 \text{ psi}$$

Pressure External @ Lead

$$P_1 = 0.052 \times \rho_s \times L_i \text{ lead}$$

$$= 0.052 \times 11.5 \times 6932$$

$$= 4145 \text{ psi}$$

Pressure External @ Tail

$$P_2 = 0.052 \times ((\rho_m \times L_i) + (H_s \text{ Lead} \times \rho_s \text{ Lead})) + (H_s \text{ Tail} \times \rho_s \text{ Tail})$$

$$= 0.052 \times ((11.4 \times 643) + (6932 \times 11.5)) + (1870 \times 15.8)$$

$$= 6063 \text{ psi}$$

Resultant @ Surface

$$C @ Surface = P_e @ surface - P_c @ surface$$

$$= 0 - 0$$

$$= 0 \text{ psi}$$

Resultant @ Lead

$$C @ Lead = P_e @ Lead - P_c @ Lead$$

$$= 4145 - 546$$

$$= 3599 \text{ psi}$$

Resultant @ Tail

$$C @ Tail = P_e @ Tail - P_c @ Tail$$

$$= 6063 - 1456$$

$$= 4607 \text{ psi}$$

Desain Tekanan collapse @ Surface

$$CPD @ surface = P_c @ surface \times DF$$

$$= 0 \times 1.1$$

$$= 0$$

Desain Tekanan collapse @ Lead

$$CPD @ Lead = P_c @ Lead \times DF$$

$$= 546 \times 1.1$$

$$= 600.6 \text{ psi}$$

Desain Tekanan collapse @ Tail

$$CPD @ Tail = P_c @ Tail \times DF$$

$$= 1456 \times 1.1$$

$$= 1601.6 \text{ psi}$$

Beban collapse pada intermediate casing terdiri atas tekanan hidrostatik lumpur saat casing dipasang dan tekanan hidrostatik semen. Kondisi terburuk apabila lumpur mengalami *lost circulation*, sehingga kolom lumpur didalam casing turun. *Lost circulation* terjadi antara lain karena turunnya gradien tekanan formasi. Tetapi perlu diingat bahwa batas minimum *gradient* tekanan formasi adalah sebesar *gradient* tekanan hidrostatik air asin, Karena pada metoda *maximum load* selalu mencari kondisi terburuk untuk setiap pembebanan, maka dianggap *gradient* tekanan formasi turun sampai kebatas minimumnya ini. Pada *interval* kedalaman lubang yang belum di casing dapat dipahami bahwa tekanan formasi terkecil akan berada tepat dibawah kaki casing.

Perhitungan Beban Tension Intermediate Casing 9-5/8" Grade casing P-110; 47 ppf; New Vam

Internal pressure resistance: 9440 psi

Collapse resistance : 5300 psi

Pipe body yield strength: 1493000 lbs

Nominal Weight (BN) : 47 ppf

ID : 8.681 inch

Buoyancy factor (BF)

$$\begin{aligned} \text{BF} &= 1 - \frac{\rho m}{65.5} \\ &= 1 - \frac{11.4}{65.5} \\ &= 0.83 \end{aligned}$$

Berat casing (WM)

$$\begin{aligned} \text{WM} &= L \times w_a \times \text{BF} \\ &= 8884 \times 47 \times 0.83 \\ &= 344876 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Luas penampang dinding casing (A)

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (OD^2 - ID^2) \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (9 - 5/8^2 - 8.681^2) \\ &= 14.30 \text{ in} \end{aligned}$$

Deviasi lubang (BL)

$$\begin{aligned} \text{BL} &= 218 \times OD \times \theta \times A \\ &= 218 \times 9.625 \times 0 \times 14.30 \\ &= 0 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Sumur "X" ini adalah sumur dengan pemboran vertikal sehingga beban *tension* akibat deviasi lubang (BL) sebesar 0 lbs. Pada perencanaan beban *tension* ini juga diperlukan beban *overpull* untuk menjadi faktor keamanan apabila casing terjepit dan menjadikan *stuck*. Beban *overpull* yang ditambahkan sebesar 100.000 lbs. *Bouyancy factor* juga berpengaruh terhadap perhitungan *tension load*. Fluida pemboran yang ada didalam lubang bor membantu menahan beban *tension casing* sehingga beban *tension* yang diterima casing tidak terlalu besar.

Perhitungan Beban Biaxial Intermediate Casing 9-5/8"

Faktor beban *Biaxial* (X)

$$\begin{aligned} X &= \frac{\text{Beban Tension}}{\text{Body Yield Strength}} \\ &= \frac{578338}{1493000} \\ &= 0.39 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai X kemudian nilai Y didapatkan dari Tabel sebesar 0.825

Nilai *collapse resistance* untuk casing dengan spesifikasi P-110; 47 ppf; BTC adalah 5300 psi, maka :

Penurunan *collapse resistant*

$$= Y \times \text{Collapse resistant}$$

$$= 0.825 \times 5300$$

$$= 4372.5 \text{ psi}$$

Safety Factor**Safety factor untuk burst**

$$= \frac{\text{Burst Resistant}}{\text{Burst Pressure}}$$

$$= \frac{9440 \text{ psi}}{7265 \text{ psi}}$$

$$= 1.3$$

Safety factor untuk collapse

$$= \frac{\text{Collapse Resistant}}{\text{External Pressure}}$$

$$= \frac{5300 \text{ psi}}{4146 \text{ psi}}$$

$$= 1.3$$

Safety factor untuk tension

$$= \frac{\text{Yield Strength}}{\text{Tension Load}}$$

$$= \frac{1493000 \text{ lbs}}{578338 \text{ lbs}}$$

$$= 2.6$$

Safety factor untuk biaxial

$$= \frac{\text{Penurunan Collapse Rating}}{\text{DF Collapse@shoe}}$$

$$= \frac{4372.5 \text{ psi}}{4561 \text{ psi}}$$

$$= 1$$

Tabel 3. 2 Hasil SF Intermediate Casing 9-5/8"

Beban	SF	Keterangan
<i>Burst</i> , psi	1.3	Aman
<i>Collapse</i> psi	1.3	Aman
<i>Tension</i> , lbs	2.6	Aman
<i>Biaxial</i> , psia	1	Aman

3.3 Casing Design Production Casing 7"

Diameter casing (OD)	: 7 inch
Diameter lubang bor	: 8-1/2 inch
TVD	: 10695 ft
Gradien tekanan rekah (Gfr)	: 16.7 ppg
Gradien tekanan gas (Gg)	: 0.12 psi/ft
Berat lumpur	: 17 ppg

Densitas cement	: 17.5 ppg	=111 × 1.1
Top of cement	: 8402 ft	= 122 psi
Panjang casing	: 10695 ft	
Design factor burst load	: 1.1	
Design factor collapse load	: 1.1	
Design factor tension load	: 1.3	

Perhitungan Beban *Burst Production Casing 7"*

Tekanan Internal (Pi)

$$\begin{aligned} P_i &= 0.052 \times (G_{fr} + 1) \times L_{pd} \\ &= 0.052 \times (16.7 + 1) \times 10695 \\ &= 9844 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan Burst di permukaan

$$\begin{aligned} P_s &= P_i - 0.052 \times G_g \times L_{pd} \\ &= 9884 - (0.052 \times 0.12 \times 10695) \\ &= 9777 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan Eksternal di Surface

$$P_{e@surface} = 0$$

Tekanan Eksternal di Top Cement

$$\begin{aligned} P_{e@Topcement} &= 0.052 \times \rho_m \times L_{pd} \\ &= 0.052 \times 17 \times 10695 \\ &= 9454 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan Eksternal di Shoe

$$\begin{aligned} P_{e@Shoe} &= 0.052 \times \rho_s \times L_{pd} \\ &= 0.052 \times 17.5 \times 10695 \\ &= 9732 \text{ psi} \end{aligned}$$

Resultant di surface

$$\begin{aligned} C@surface &= P_s - P_{e@surface} \\ &= 9777 - 0 \\ &= 9777 \text{ psi} \end{aligned}$$

Resultant di Top Cement

$$\begin{aligned} C@Topcement &= P_i - P_{e@Top cement} \\ &= 9844 - 9454 \\ &= 389 \text{ psi} \end{aligned}$$

Resultant di Shoe

$$\begin{aligned} C@Shoe &= P_i - P_{e@Shoe} \\ &= 9844 - 9732 \\ &= 111 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain tekanan *burst @surface*

$$\begin{aligned} BPD@surface &= C@surface \times DF \\ &= 9777 \times 1.1 \\ &= 10755 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain tekanan *burst di Top cement*

$$\begin{aligned} BPD@topcement &= C@top cement \times DF \\ &= 389 \times 1.1 \\ &= 428 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain tekanan *burst @Shoe*

$$BPD @Shoe = C@Shoe \times DF$$

Pada perhitungan *burst load* menggunakan 2 macam tekanan yang terjadi pada *casing*, yaitu tekanan internal dan tekanan eksternal. Setelah dipasang *casing 7"*, pada saat proses pemboran trayek berikutnya terjadi *gas kick* pada kedalaman lubang trayek selanjutnya ± 10695 ft yang menyebabkan fluida formasi (gas) masuk kedalam lubang bor dan kedalam *casing* yang telah dipasang.

Influx gas yang masuk akan menimbulkan rekahan dibawah *casing shoe* dan akan mengakibatkan hilangnya lumpur kedalam rekahan. Kehilangan lumpur maksimal didalam *casing* terbatas pada jumlah yang akan menyebabkan tekanan *internal casing* naik sampai batas tekanan yang dapat ditahan BOP sehingga mencegah terjadi *blowout*.

Perhitungan Beban *Collapse Production Casing 7"*

Tekanan Collapse @Surface

$$\begin{aligned} P_c @surface &= 0.052 \times \rho_s \times D@surface \\ &= 0.052 \times 17.5 \times 0 \\ &= 0 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan Top cement pada collapse load

$$\begin{aligned} P_1 &= 0.052 \times \rho_m \times L_m \\ &= 0.052 \times 17.5 \times 8402 \\ &= 7427 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan Shoe pada Collapse Load

$$\begin{aligned} P_2 &= P_1 \times (0.052 \times \rho_s \times H_s) \\ &= 6681 \times (0.052 \times 17.5 \times 2293) \\ &= 9514 \text{ psi} \end{aligned}$$

Resultant @Surface

$$\begin{aligned} C@Surface &= P_c@surface - \\ &P_{e@surface} \\ &= 0 - 0 \\ &= 0 \text{ psi} \end{aligned}$$

Resultant @Top cement

$$\begin{aligned} C@top cement &= P_1 - P_c@top cement \\ &= 7427 - 1690 \\ &= 5737 \text{ psi} \end{aligned}$$

Resultant @shoe

$$\begin{aligned} C@shoe &= P_2 - P_c@shoe \\ &= 9514 - 2366 \\ &= 7148 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain tekanan collapse @ surface

$$\begin{aligned} \text{CPD@surface} &= C@surface \times DF \\ &= 0 \times 1.1 \\ &= 0 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain tekanan collapse @top cement

$$\begin{aligned} \text{CPD@topcement} &= C@top \text{ cement} \times SF \\ &= 5737 \times 1.1 \\ &= 6311 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain tekanan collapse @shoe

$$\begin{aligned} \text{CPD@shoe} &= C@shoe \times SF \\ &= 7148 \times 1.1 \\ &= 7863 \text{ psi} \end{aligned}$$

Beban *collapse* pada *production casing* terdiri atas tekanan hidrostatik lumpur saat casing dipasang dan tekanan hidrostatik semen. Kondisi terburuk apabila lumpur mengalami *lost circulation*, sehingga kolom lumpur didalam casing turun. *Lost circulation* terjadi antara lain karena turunnya gradien tekanan formasi. Tetapi perlu diingat bahwa batas minimum *gradient* tekanan formasi adalah sebesar *gradient* tekanan hidrostatik air asin, Karena pada metoda *maximum load* selalu mencari kondisi terburuk untuk setiap pembebanan, maka dianggap *gradient* tekanan formasi turun sampai kebatas minimumnya ini. Pada *interval* kedalaman lubang yang belum di casing dapat dipahami bahwa tekanan formasi terkecil akan berada tepat dibawah kaki casing.

Perhitungan Beban Tension Production Casing 7"

<i>Internal pressure resistance</i>	: 11220 psi
<i>Collapse resistance</i>	: 8530 psi
<i>Pipe body yield strength</i>	: 929000 lbs
<i>Nominal Weight (BN)</i>	: 29 ppf
ID	: 6.184 inch

Buoyancy factor(BF)

$$\begin{aligned} \text{BF} &= 1 - \frac{\rho m}{65.5} \\ &= 1 - \frac{17.5}{65.5} \\ &= 0.73 \end{aligned}$$

Berat Casing (WM)

$$\begin{aligned} \text{WM} &= L \times wa \times \text{BF} \\ &= 10167 \times 29 \times 0.73 \end{aligned}$$

$$= 216068 \text{ lbs}$$

Luas penampang dinding casing (A)

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (OD^2 - ID^2) \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (7^2 - 6.184^2) \\ &= 8.4 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Deviasi lubang (BL)

$$\begin{aligned} \text{BL} &= 218 \times OD \times \theta \times A \\ &= 218 \times 7 \times 0 \times 8.4 \\ &= 0 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Sumur "X" ini adalah sumur dengan pemboran vertikal sehingga beban *tension* akibat deviasi lubang (BL) sebesar 0 lbs. Pada perencanaan beban *tension* ini juga diperlukan beban *overpull* untuk menjadi faktor keamanan apabila casing terjepit dan menjadikan *stuck*. Beban *overpull* yang ditambahkan sebesar 100.000 lbs. *Bouyancy factor* juga berpengaruh terhadap perhitungan *tension load*. Fluida pemboran yang ada didalam lubang bor membantu menahan beban *tension casing* sehingga beban *tension* yang diterima casing tidak terlalu besar.

Perhitungan Beban Biaxial Production Casing**Faktor beban Biaxial (X)**

$$\begin{aligned} X &= \frac{\text{Beban Tension}}{\text{Body Yield Strength}} \\ &= \frac{428554}{929000} \\ &= 0.46 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai X kemudian nilai Y dapatkan dari Tabel sebesar 0.776

Nilai *collapse resistance* untuk casing dengan spesifikasi P-110; 29 ppf; BTC adalah 8530 psi, maka :

Penurunan collapse resistant

$$= Y \times \text{Collapse resistant}$$

$$= 0.776 \times 8530$$

$$= 6619 \text{ psi}$$

Safety Factor

Safety factor untuk burst

$$= \frac{\text{Burst Resistant}}{\text{Burst Pressure}}$$

$$= \frac{11220 \text{ psi}}{9860 \text{ psi}}$$

$$= 1.1$$

Safety factor untuk collapse

$$= \frac{\text{Collapse Resistant}}{\text{External Pressure}}$$

$$= \frac{8530 \text{ psi}}{7224 \text{ psi}}$$

$$= 1.2$$

Safety factor untuk tension

$$= \frac{\text{Yield Strength}}{\text{Tension Load}}$$

$$= \frac{929000 \text{ lbs}}{428554 \text{ lbs}}$$

$$= 2.2$$

Safety factor untuk biaxial

$$= \frac{\text{Penurunan Collapse Rating}}{\text{DF Collapse@shoe}}$$

$$= \frac{6619 \text{ psi}}{7863 \text{ psi}}$$

$$= 0.8$$

Tabel 3. 3 Hasil SF Production Casing 7"

Beban	SF	Keterangan
Burst , psi	1.1	Aman
Collapse psi	1.2	Aman
Tension , lbs	2.2	Aman
Biaxial , psia	0.8	Aman

Production Liner 4-1/2"

Diameter casing (OD)	: 4-1/2 inch
Diameter lubang bor	: 6 inch
TVD	: 2732 ft
Gradien tekanan formasi (Gf)	: 16.5 ppg
Gradien tekanan gas (Gg)	: 0.12 psi/ft
Berat lumpur	: 13 ppg
Berat Semen	: 14 ppg
Panjang Casing (L)	: 11994 ft
Design factor Burst	: 1.1
Design factor Collapse	: 1.1

Design factor Tension : 1.3

Tekanan surface (Ps) : 5000 psi

Pore Pressure : 14.5 ppg

Perhitungan Beban Burst Production Liner 4-1/2

Tekanan Internal pada TOL

$$\text{PI@TOL} = P_s + (0.052 \times G_f \times D@TOL)$$

$$= 5000 + (0.052 \times 16.5 \times 9262)$$

$$= 12947 \text{ psi}$$

Tekanan Eksternal pada TOL

$$\text{Pe@TOL} = 0.052 \times \text{Pore Pressure} \times D@TOL$$

$$= 0.052 \times 14.5 \times 9262$$

$$= 6996 \text{ psi}$$

Tekanan Internal pada casing shoe

$$\text{Pi@Shoe} = P_s + (0.052 \times G_f \times L_c)$$

$$= 5000 + (0.052 \times 16.5 \times 2732)$$

$$= 7344 \text{ psi}$$

Tekanan eksternal pada casing shoe

$$\text{Pe@Shoe} = 0.052 \times \rho_s \times L_c$$

$$= 0.052 \times 14 \times 2732$$

$$= 1989 \text{ psi}$$

Resultant @TOL

$$\text{C@TOL} = \text{Pi@TOL} - \text{Pe@TOL}$$

$$= 12947 - 6996$$

$$= 5951 \text{ psi}$$

Resultan @shoe

$$\text{C@shoe} = \text{Pi@shoe} - \text{Pe@shoe}$$

$$= 7344 - 1989$$

$$= 5355 \text{ psi}$$

Desain Tekanan Burst @TOL

$$\text{BPD@TOL} = \text{C@TOL} \times \text{DF}$$

$$= 5951 \times 1.1$$

$$= 6546 \text{ psi}$$

Desain Tekanan Burst @shoe

$$\text{BPD @shoe} = \text{C@shoe} \times \text{DF}$$

$$= 5355 \times 1.1$$

$$= 5891 \text{ psi}$$

Beban tekanan internal yang diterima oleh casing didapatkan dari tekanan fluida produksi akibat adanya kebocoran pada casing (tubing leak), serta tekanan eksternal casing didapatkan dari tekanan hidrostatik air asin sebesar 6996 psi @shoe.

Perhitungan Beban Collapse Production Liner 4-1/2"

Tekanan Internal @TOL

$$\begin{aligned} P_{i@TOL} &= 0.052 \times \rho m \times D@TOL \\ &= 0.052 \times 13 \times 9262 \\ &= 6261 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan Internal @shoe

$$\begin{aligned} P_{i@shoe} &= 0.052 \times \rho m \times Lc \\ &= 0.052 \times 13 \times 2732 \\ &= 2344 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan collapse @TOL

$$\begin{aligned} P_{c@TOL} &= 0.052 \times Gf \times D@TOL \\ &= 0.052 \times 16.5 \times 9262 \\ &= 7947 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tekanan collapse @Shoe

$$\begin{aligned} P1 &= 0.052 \times \rho s \times Ls \\ &= 0.052 \times 14 \times 2732 \\ &= 1989 \text{ psi} \\ P2 &= P1 + (0.052 \times \rho s \times D@TOL) \\ &= 1989 + (0.052 \times 14 \times 9262) \\ &= 8732 \text{ psi} \end{aligned}$$

Resultant di TOL

$$\begin{aligned} C@TOL &= P_{c@TOL} - P_{i@TOL} \\ &= 7947 - 6261 \\ &= 1686 \text{ psi} \end{aligned}$$

Resultant di kaki casing

$$\begin{aligned} C@shoe &= P2 - P_{i@shoe} \\ &= 8732 - 2344 \\ &= 6388 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain tekanan collapse @TOL

$$\begin{aligned} CPD@TOL &= C@TOL \times SF \\ &= 1686 \times 1.1 \\ &= 1854 \text{ psi} \end{aligned}$$

Desain tekanan collapse @shoe

$$\begin{aligned} CPD@shoe &= C@shoe \times SF \\ &= 6388 \times 1.1 \\ &= 7026 \text{ psi} \end{aligned}$$

Perhitungan pembebanan *collapse* pada casing ini menggunakan 2 jenis tekanan, yaitu tekanan internal dan tekanan eksternal. Perhitungan tekanan *collapse* ini didasari oleh masalah yang terjadi pada saat sumur mulai berproduksi

Perhitungan Beban Tension Production Liner 4-1/2"

Internal pressure resistance : 11590 psi

Collapse resistance : 9210 psi

Pipe body yield strength : 396000 lbs

Nominal Weight (BN) : 12.6 ppf

ID : 3.958 inch

Beban Tension**Buoyancy factor (BF)**

$$\begin{aligned} BF &= 1 - \frac{\rho m}{65.5} \\ &= 1 - \frac{13}{65.5} \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

Berat casing (WM)

$$\begin{aligned} WM &= L \times wa \times BF \\ &= 2732 \times 11.6 \times 0.80 \\ &= 25401 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Luas penampang dinding casing (A)

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (OD^2 - ID^2) \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (4 - 1/2 - 83.958^2) \\ &= 3.6 \text{ in} \end{aligned}$$

Deviasi lubang (BL)

$$\begin{aligned} BL &= 218 \times OD \times \theta \times A \\ &= 218 \times 4.5 \times 0 \times 3.6 \\ &= 0 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Pada perhitungan tension untuk sumur "X" beban yang dihitung adalah beban akibat deviasi lubang, dan tekanan *overpull*. Pada sumur "X" ini adalah pemboran vertical sehingga untuk deviasi lubang bernilai 0 lbs. Pada perencanaan beban tension ini ditambahkan pula beban *overpull* yang menjadi faktor keamanan apabila rangkaian casing terjepit sehingga diperlukan gaya tambahan untuk melepaskannya, beban *overpull* tersebut sebesar 100000 lbs. *Bouyancy factor* juga berpengaruh terhadap perhitungan *tension load*. Fluida pemboran yang ada didalam lubang bor membantu menahan beban *tension casing* sehingga beban *tension* yang diterima casing tidak terlalu besar.

Perhitungan Beban Biaxial Production Liner 4-1/2"

Faktor beban Biaxial (X)

$$\begin{aligned}
X &= \frac{\text{Beban Tension}}{\text{Body Yield Strength}} \\
&= \frac{163022}{396000} \\
&= 0.41
\end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai X kemudian nilai Y didapatkan dari Tabel sebesar 0.812

Nilai *collapse resistance* untuk casing dengan spesifikasi P-110; 29 ppf; BTC adalah 8530 psi, maka :

Penurunan *collapse resistant*

$$\begin{aligned}
&= Y \times \text{Collapse resistant} \\
&= 0.812 \times 7580 \\
&= 6155 \text{ psi}
\end{aligned}$$

Safety Factor

Safety factor untuk burst

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{Burst Resistant}}{\text{Burst Pressure}} \\
&= \frac{10690 \text{ psi}}{5951 \text{ psi}} \\
&= 1.8
\end{aligned}$$

Safety factor untuk collapse

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{Collapse Resistant}}{\text{External Pressure}} \\
&= \frac{7580 \text{ psi}}{6388 \text{ psi}} \\
&= 1.2
\end{aligned}$$

Safety factor untuk tension

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{Yield Strength}}{\text{Tension Load}} \\
&= \frac{396000 \text{ lbs}}{163022 \text{ lbs}} \\
&= 2.4
\end{aligned}$$

Safety factor untuk biaxial

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{Penurunan Collapse Rating}}{\text{DF Collapse@shoe}} \\
&= \frac{7285 \text{ psi}}{8095 \text{ psi}} \\
&= 0.89
\end{aligned}$$

Tabel 3. 4 Hasil SF Liner 4-1/2"

Beban	SF	Keterangan
<i>Burst</i> , psi	1.8	Aman
<i>Collapse</i> psi	1.2	Aman
<i>Tension</i> , lbs	2.4	Aman
<i>Biaxial</i> , psia	0.9	Aman

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Berikut hasil *safety factor* dari casing dalam menahan beban tiap trayek

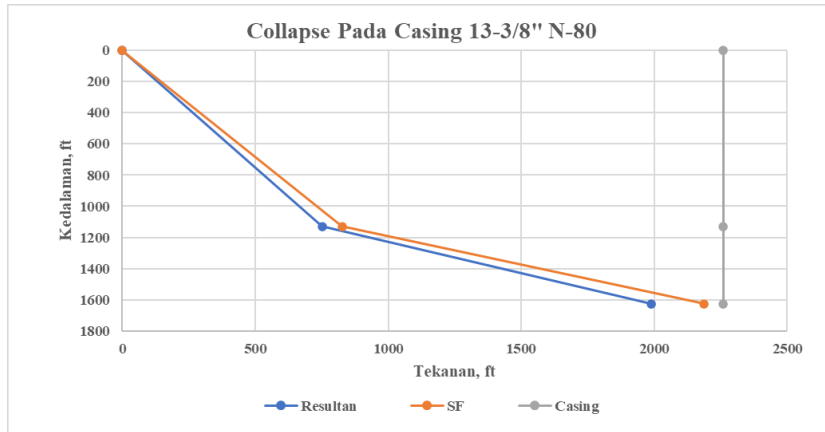
- a. *Surface Casing*
 - SF burst :1.7
 - SF collapse :1.1
 - SF tension :6.2
 - Biaxial* :1.0
- b. *Intermediate casing*
 - SF burst :1.3
 - SF collapse :1.3
 - SF tension :2.6
 - Biaxial* :1
- c. *Production casing*
 - SF burst :1.1
 - SF collapse :1.2
 - SF tension :2.2
 - Biaxial* :0.8
- d. *liner*
 - SF burst :1.8
 - SF collapse :1.2
 - SF tension :2.4
 - Biaxial* :0.9

4.2Saran

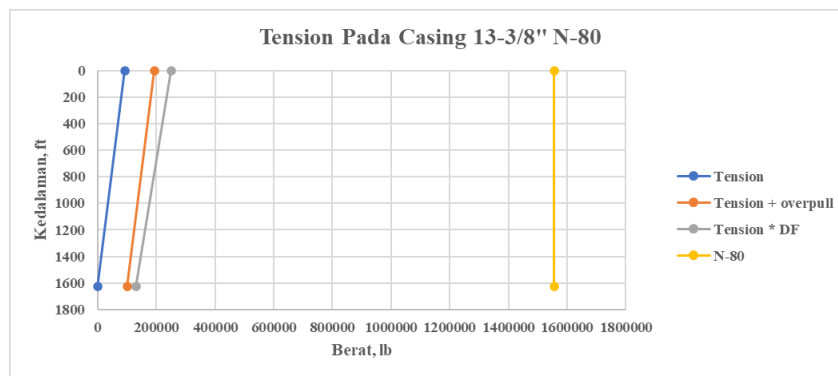
Setelah dilakukan studi ini, saran untuk kedepannya yaitu diperlukan kajian keekonomian pada *grade casing* sudah dipilih agar dapat dilakukan pertimbangan sehingga pada membuat *drilling cost* lebih ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

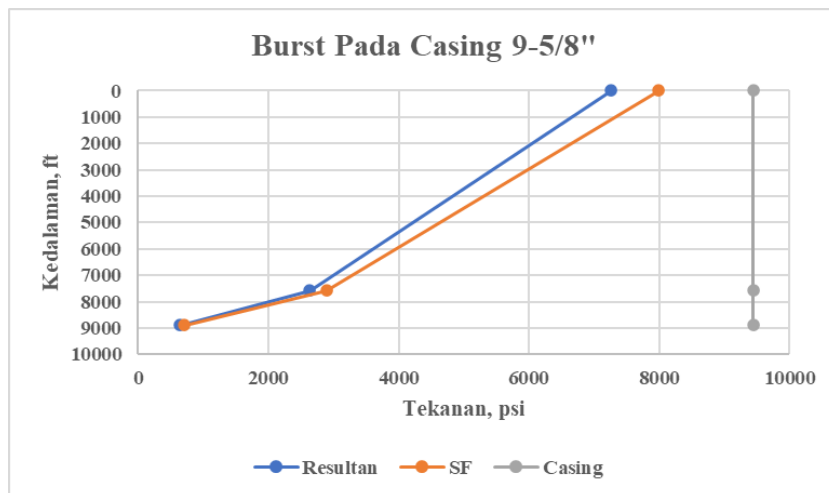
- [1] Adam, N. J. 1985. *“Drilling Engineering A Complete Well Planning Approach”*. Penwell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma.
- [2] Rahman, S. S., & Chilingarian, G. V. (1995). *Casing design theory and practice*. ELSEVIER SCIENCE B.V.
[https://doi.org/10.1016/s0920-4105\(96\)00032-0](https://doi.org/10.1016/s0920-4105(96)00032-0)
- [3] Rubiandini, Rudi. 2012. *Teknik Operasi Pemboran Volume 1 Edisi 2*. Penerbit ITB, Bandung.
- [4] Rubiandini, Rudi. 2012. *Teknik Operasi Pemboran Volume 2 Edisi 2*. Penerbit ITB, Bandung.
- [5] Rubiandini, Rudi. 2012. *Teknik Operasi Pemboran Modern Volume 3 Edisi 1*. Penerbit ITB, Bandung.



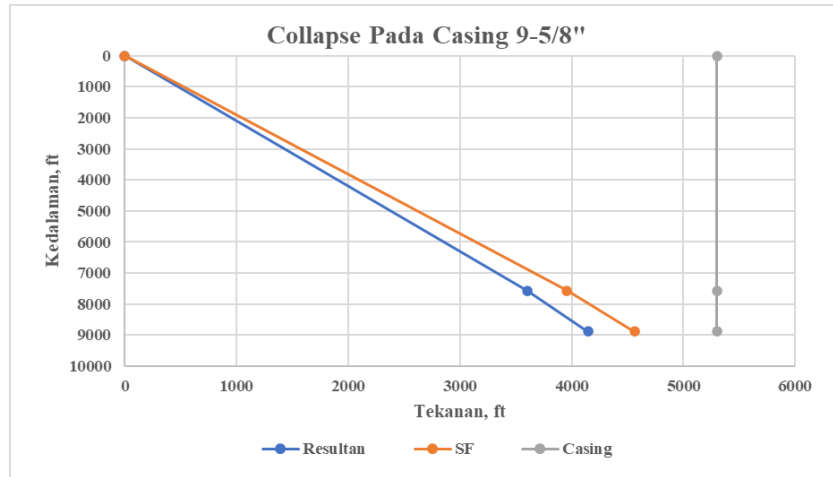
Gambar 3. Collapse Design Surface Casing 13-3/8"



Gambar 4. Tension Design Surface Casing 13-3/8"



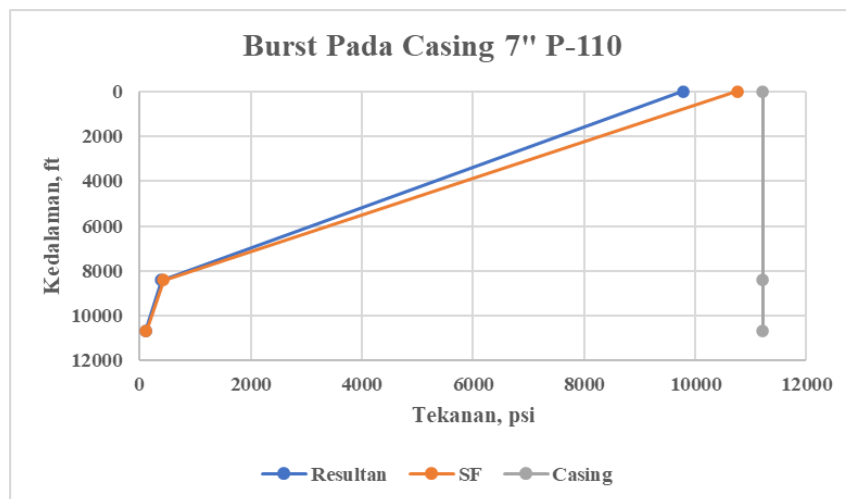
Gambar 5. Burst Design Intermediate Casing 9-5/8"



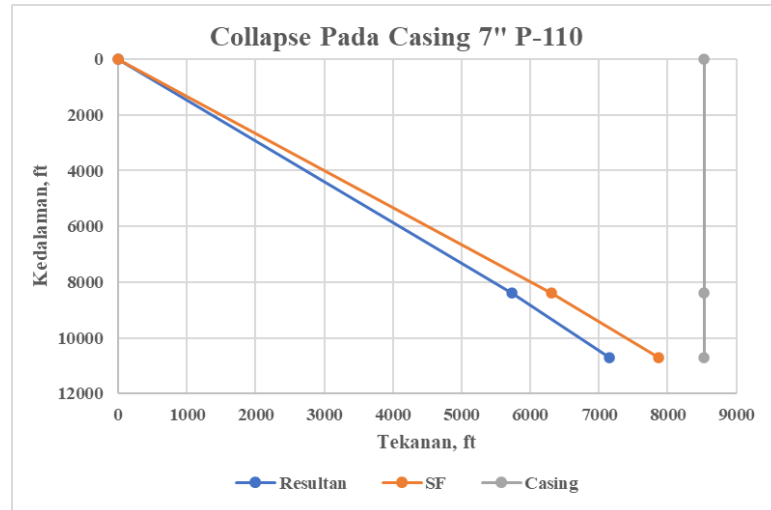
Gambar 6. Collapse Design Intermediate Casing 9-5/8"



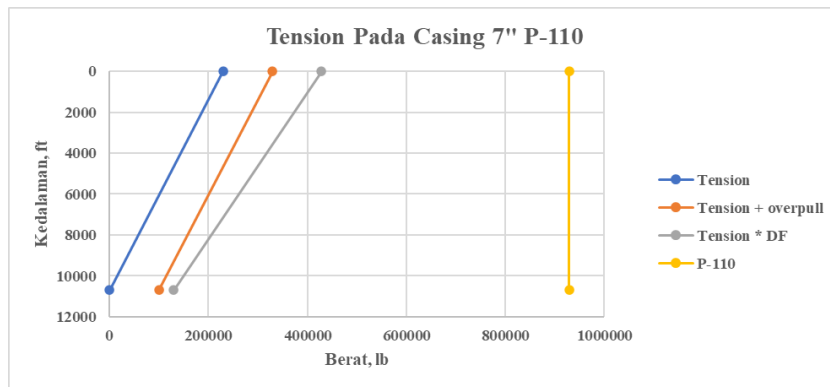
Gambar 7. Tension Design Intermediate Casing 9-5/8"



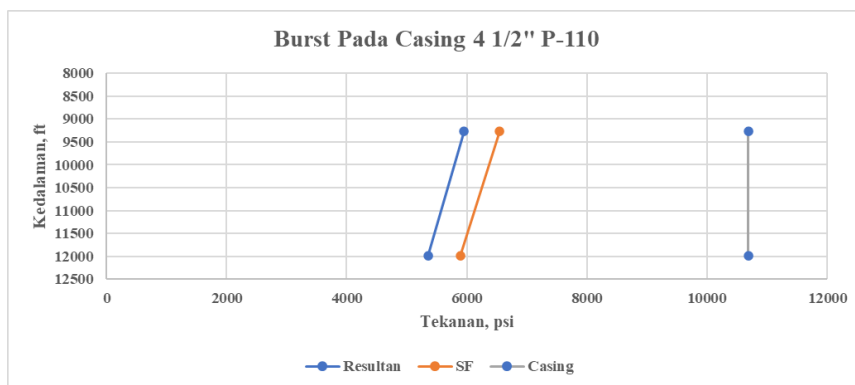
Gambar 8. Burst Design Production Casing 7"



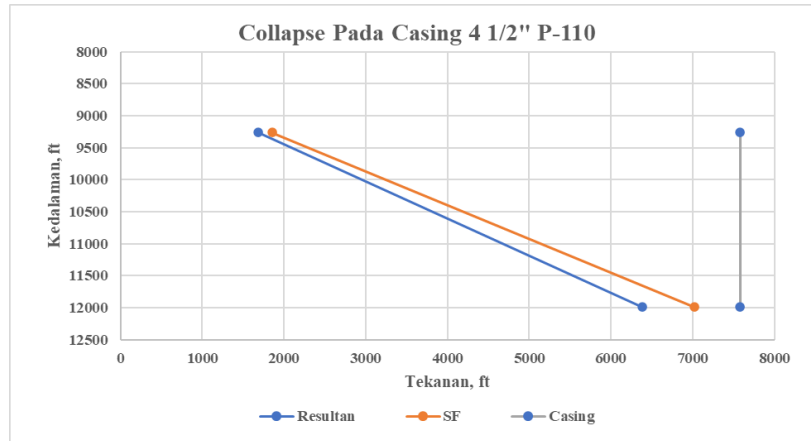
Gambar 9. Collapse Design Production Casing 7"



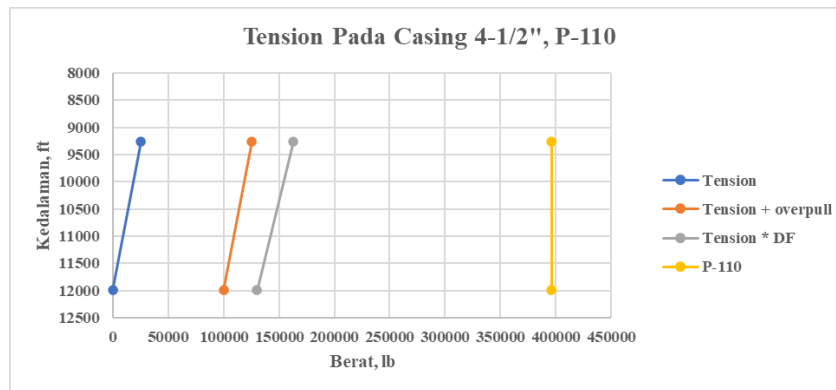
Gambar 10. Tension Design Production Casing 7"



Gambar 11. Burst Design Production Liner 4-1/2"



Gambar 12. Collapse Design Production Liner 4-1/2"



Gambar 13. Tension Design Production Liner 4-1/2"