

Desain Casing Sumur Panas Bumi Berdasarkan Integrasi Data Beban-Panas-Laju Korosi Dan *Feed Zone* Dengan Pendekatan Umur Minimum Casing

Sudarmoyo, IB Jagranatha, Herianto, Catur Cahyo Nugroho

Teknik Perminyakan UPN Veteran Yogyakarta
darmoyo_upnv@yahoo.com, sudarmoyo@upnyk.ac.id

Abstrak

Desain casing adalah satu tahapan penting dari suatu pemboran dalam kaitannya untuk meminimalkan problem pemboran dan produksi dari aspek formasi, Desain casing pada sumur migas umumnya hanya mempertimbangkan faktor beban tekanan. Pada desain casing sumur panas bumi, selain faktor beban tekanan, faktor temperatur yang tinggi dan faktor korosi harus diberikan perhatian khusus. Untuk itu maka proses integrasi data beban tekanan, panas (temperatur), laju korosi dan feed zone pada casing dan liner harus dilakukan secara rinci. Temperatur semakin tinggi akan mempercepat laju korosi yang terjadi pada casing produksi dan liner karena mengalami kontak langsung dengan fluida produksi sehingga mempengaruhi umur casing. Prediksi laju korosi pada casing dan liner sumur panas bumi harus dilakukan secara rinci, sehingga umur casing dan liner dapat diperkirakan berdasarkan kekuatan material casing dan liner terhadap karakteristik korosive dari fluida produksi. Desain casing optimum pada penelitian ini dirancang dengan pendekatan umur minimum casing yang mampu bertahan minimal 30 th umur produksi. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan pemasangan casing (casing design) yang optimum pada sumur kajian CCN#4 lapangan panas bumi Indonesia berdasarkan integrasi data beban tekanan, panas, laju korosi dan feed zone. Desain casing yang optimum sumur kajian CCN#4 yaitu: stove pipe casing (0-30 mMD) grade X56 310 ppf, surface casing (0-340 mMD) grade K55 133 ppf STC, production casing (0-1817 mMD) grade P110 72 ppf STC, dan perforated liner 10 3/4" kedalaman (1767-2355 mMD) grade N80 40,5 ppf STC.

Kata Kunci : korelasi zone loss, laju korosi, setting depth, temperatur, umur minimum casing.

1. Pendahuluan

Temperatur yang tinggi pada sumur panas bumi akan mempercepat laju korosi casing, kondisi seperti ini secara langsung akan mempengaruhi umur casing selama produksi. Semakin tinggi temperatur semakin cepat laju korosi dan semakin pendek umur casing. Desain casing harus memenuhi kriteria umur minimum casing yang didasarkan antara lain pada lamanya kontrak lapangan panas bumi di Indonesia yaitu 30 tahun. Pemboran sumur panas bumi CCN#4 akan dilakukan dengan tujuan sebagai sumur *make-up* lapangan panas bumi dengan tipe sumur *big hole*. Pada sumur-sumur referensi (D#3 dan G#4) grade casing yang sudah dipasang adalah grade X56 310 ppf untuk *stove pipe casing*, grade K55 133 ppf BTC untuk *surface casing*, grade L80 68 ppf BTC untuk *production casing*, grade K55 40,5 ppf BTC untuk liner 10 3/4, grade K55 24 ppf BTC untuk liner 8 5/8.

Sejauh ini desain casing pada lapangan panas bumi dilakukan dengan memperhitungkan faktor pembebanan secara kuantitatif dan faktor korosi hanya secara kualitatif yang didasarkan pada *grade*

casing. Desain casing berdasarkan faktor pembebanan, kemampuan casing harus memenuhi syarat *safety factor* minimum.

S.Rahman (1995) dalam bukunya menerangkan bahwa kemampuan casing akan berubah terhadap perubahan temperatur sehingga koreksi perlu dilakukan dalam desain casing berdasarkan faktor pembebanan tersebut. Sedangkan dari faktor korosi, casing standar API telah digolongkan berdasarkan aplikasinya seperti: grade H-40, J-55, dan K-55 untuk penerapan umum, L-80, C-90, dan T-95 untuk lingkungan asam, N-80, P-110, dan Q-125 untuk desain dengan kebutuhan *casing strength* yang tinggi.

Yoshiaki Kureta dkk (1995) dalam papernya telah mempublikasikan persamaan untuk memprediksi *corrosion resistance* material casing berdasarkan komponen kimia penyusunnya dengan mengkonversi menjadi *chrome equivalent* (Cr.eq).

Ekasari, Novianti dan Marbun (2015) dalam papernya telah mempublikasikan pengembangan persamaan *Corrosion Rate* Kureta dkk dengan membuat berbagai koreksi dengan tujuan agar

dapat diaplikasikan di lapangan panas bumi di Indonesia.

Maksud dari penulisan makalah ini adalah merencanakan pemasangan casing (*casing design*) yang optimum sumur kajian CCN#4 pada lapangan panas bumi Indonesia berdasarkan integrasi data beban tekanan, panas, laju korosi dan *feed zone*.

Untuk memperoleh desain casing sumur CCN#4 yang optimum, maka faktor pembebanan dan faktor korosi diperhitungkan secara kuantitatif sehingga umur casing dapat diprediksi dengan menghitung kemampuan casing dalam menahan beban yang diterima setelah mengalami korosi pada kondisi temperatur fluida produksi. Kemampuan casing dalam menahan beban berdasarkan standar API antara lain *pipe body yield strength* (P_y), *joint strength* (J_y), *Burst Rating* (P_{br}), *Collapse Rating* (P_{cr}).

Pipe body yield strength

Pipe body yield strength (P_y) adalah gaya minimal yang dibutuhkan untuk menyebabkan plastik deformasi (deformasi permanen) casing, yang merupakan fungsi dari luas penampang dan *minimum yield strength* (Y_p). Besarnya dapat dihitung dengan persamaan (1):

$$P_y = 0,7854 (d_o^2 - d_i^2) Y_p \dots\dots\dots (1)$$

Joint Strength

Joint strength merupakan gaya regang minimal (*tensile force*) yang dibutuhkan untuk menyebabkan kerusakan pada joint casing.

a. Round thread

Besarnya *joint strength* untuk *round thread* dapat dihitung dengan persamaan (2) dan (3):

$$J_y = 0,95 A_{jt} L_{jt} \left[\frac{0,74 d_o^{-0,29} Y_{up}}{0,5 L_{jt} + 0,14 d_o} + \frac{Y_p}{L_{jt} + 0,14 d_o} \right] \dots\dots\dots (2)$$

$$A_{jt} = 0,7854 [(d_o - 0,1425)^2 - d_i^2] \dots\dots\dots (3)$$

b. Buttress thread coupling

Persamaan (4) dan (5) adalah persamaan untuk menghitung *joint strength* untuk *buttress thread coupling* (BTC):

$$J_y = 0,95 A_{jt} Y_{up} \times \left[1,008 - 0,0396 \left(1,083 + \frac{Y_p}{Y_{up}} \right) d_o \right] \dots\dots\dots (4)$$

$$A_{jt} = 0,7854 [d_o^2 - d_i^2] \dots\dots\dots (5)$$

c. Extreme line thread coupling

Untuk *extreme line thread coupling* (ETC), *joint strength* menggambarkan gaya terkecil yang diperlukan untuk menyebabkan kerusakan pada casing, box atau pin. Nilai terkecil ditentukan oleh luas penampang terkecil dari casing, pin, atau box. Persamaan (6) untuk menghitung *joint strength* untuk ETC pada casing,:

$$J_y = 0,7854 Y_{up} [d_o^2 - d_i^2] \dots\dots\dots (6)$$

Persamaan (7) untuk menghitung *joint strength*

untuk ETC pada box,:

$$J_y = 0,7854 Y_{up} [d_{jo}^2 - d_{box}^2] \dots\dots\dots (7)$$

Persamaan (8) untuk menghitung *joint strength* untuk ETC pada pin,:

$$J_y = 0,7854 Y_{up} [d_{pin}^2 - d_i^2] \dots\dots\dots (8)$$

Burst Rating

Burst rating (*internal yield pressure*) untuk casing dihitung dengan persamaan (9) dengan 12,5% toleransi pabrikan yang diizinkan oleh setandar API pada nominal ketebalan dinding casing.

$$P_{br} = 0,875 \frac{2 Y_p t}{d_o} \dots\dots\dots (9)$$

Collapse Rating

Collapse rating berdasarkan standar API dihitung pada kondisi transisi dengan persamaan,

$$P_{icr} = Y_p \left(\frac{F}{G} - G \right) \dots\dots\dots (10)$$

$$A = 2,8762 + 0,10679 \times 10^{-3} Y_p + 0,21301 \times 10^{-10} Y_p^2 - 0,53132 \times 10^{-6} Y_p^3 \dots\dots\dots (11)$$

$$B = 0,026233 + 0,50609 \times 10^{-3} Y_p \dots\dots\dots (12)$$

$$F = \frac{46,95 \times 10^6 \left(\frac{3B}{2+A} \right)^2}{Y_p \left(\frac{3B}{2+A} - A \right) \left(1 - \frac{3B}{2+A} \right)} \dots\dots\dots (13)$$

$$G = \frac{F B}{A} \dots\dots\dots (14)$$

2. Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Langkah awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan data dari sumur-sumur acuan (*wells reference*), antara lain seperti data lithologi, tekanan dan temperatur *heating up test*, drilling parameter, zona *loss*, *feed zone*, profil sumur dan data casing, dan temperatur lumpur keluar. Data dari sumur kajian (CCN#4) antara lain data prognosis pemboran seperti total depth, profil sumur, data *trajectory*, program lumpur dan semen.

2.2 Analisis Data

Analisa data dilakukan dengan terlebih dahulu membuat korelasi sumur kajian (CCN#4) dengan sumur-sumur *reference*, menentukan *setting depth casing* per trayek, pemilihan ukuran bit dan casing per trayek, membuat desain casing sumur kajian (CCN#4), validasi desain casing sumur kajian dengan desain casing sumur *reference*, melakukan analisa korosi untuk mengetahui prediksi umur casing. Iterasi desain casing dilakukan jika diperoleh umur casing < 30 tahun dan diperoleh desain casing sumur CCN#4 optimum jika umur casing 30 tahun.

Setting Depth Casing

Setting depth casing bertujuan menentukan kedalaman yang optimum untuk mendudukan

casing shoe pada batuan formasi tertentu. Didalam perencanaan *setting depth* casing, yang terpenting adalah menentukan *setting depth* casing produksi. Penempatan *setting depth* casing produksi yang salah dapat menyebabkan dampak negatif. Apabila *setting depth* melewati zona produktif, penyemenan casing produksi tidak akan sempurna karena cenderung terjadinya *chanelling* dan apabila terlalu jauh diatas dari zona produktif akan menyebabkan laju alir masa yang diharapkan tidak tercapai, karena diperlukan liner yang panjang dengan kapasitas yang lebih kecil dari casing produksi. Penentuan *setting depth* casing pada sumur panasbumi dibagi menjadi 2 tahap, yaitu penentuan *setting depth* casing produksi dan penentuan *setting depth* casing yang lain (*stove pipe* dan *surface casing*).

a. Setting Depth Casing Produksi

Pendekatan untuk pemasangan casing produksi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Analisa kenaikan temperatur dari lumpur yang keluar untuk memperkirakan temperatur pada dasar sumur. Umumnya temperatur lumpur yang keluar lebih besar dari 150°F(65,6°C) sudah memberikan temperatur formasi sebesar tiga kali temperatur lumpur tersebut.
2. Analisa Cutting digunakan untuk mendapatkan data intensitas alterasi (ubahan hidrothermal) dan jenis batuan serta ada tidaknya mineral indikator. Alterasi *hidrothermal* terjadi karena adanya zona permeable dan fluida panas. Intensitas alterasi yang tinggi mengindikasikan semakin dekatnya dengan zona permeable. Intensitas alterasi ini ditentukan berdasarkan persentase mineral sekunder dalam massa batuan. Intensitas alterasi terbagi menjadi 4, yaitu lemah (0-10%), sedang (11-25%), kuat (26-50%), dan sangat kuat (>50%). Mineral sekunder yang digunakan sebagai indikator adalah mineral *epidot* yang digolongkan kedalam jenis alterasi *propilit*. Zona alterasi *propilit* merupakan zona reservoir pada lapangan panasbumi.

b. Setting Depth Casing yang lain

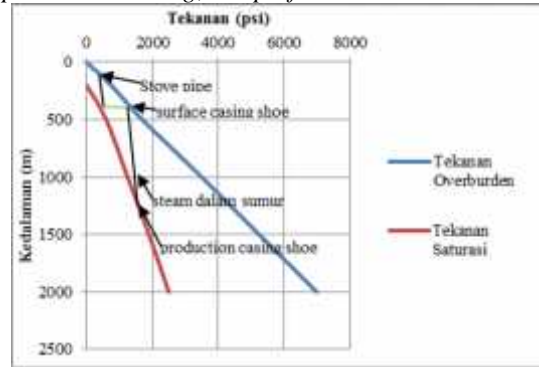
Penentuan *setting depth* casing yang lain ini menggunakan pendekatan korelasi antara kondisi lithologi dan stratigrafi lapangan, beban tekanan terbesar pada casing. Pengelompokan lithologi didasarkan pada hambatan-hambatan operasi pemboran akibat kondisi lithologi dan struktur geologi lapangan. Sedangkan *setting depth* casing berdasarkan beban tekanan terbesar pada casing dengan batas tekanan *overburden* dan tekanan fluida produksi. Contoh penentuan *setting depth* casing yang lain ditampilkan pada **Gambar 1**.

Pemilihan Diameter Bit dan Casing

Pemilihan diameter bit dan casing pada lapangan panas bumi umumnya dipengaruhi oleh 3 faktor,

yaitu: ukuran *production liner* , jumlah casing yang dibutuhkan untuk mencapai kedalaman akhir, dan kondisi pemboran.

Jumlah casing yang dibutuhkan untuk mencapai formasi produktif dipengaruhi oleh *setting depth* dan kondisi geologi. Pada sumur panas bumi, casing yang dibutuhkan minimum ada 4 jenis yaitu: *conductor casing*, *surface casing*, *production casing*, dan *perforated liner*.



Gambar 1. Grafik Setting Depth Casing yang lain

Kondisi pemboran mempengaruhi pemilihan ukuran casing karena ukuran bit yang digunakan untuk pemboran trayek berikutnya, hidrolik lubang bor, dan kebutuhan untuk *cementing casing*. Diameter dalam casing digunakan untuk memilih ukuran diameter bit yang digunakan untuk pemboran trayek berikutnya. Diameter bit digunakan untuk menentukan diameter luar maksimal dari casing.

Pemilihan Berat Nominal, Grade dan Sambungan Casing

Setelah jumlah casing, *setting depth*, dan diameter luar casing ditentukan, selanjutnya adalah pemilihan berat nominal, grade, dan sambungan casing. Pada prakteknya, masing-masing casing didesain untuk menahan beban maksimal yang diantisipasi selama *running casing*, pemboran, dan produksi. Konsep pembebanan yang dialami oleh casing adalah: beban *burst*, beban *collapse*, beban aksial (*tension*), beban biaksial, beban triaksial, dan pengaruh temperatur.

a. Beban Burst

Beban *burst* akan maksimum jika tekanan internal maksimum dan tekanan eksternal minimum. Tekanan internal maksimum saat steam dengan gradien tekanan (G_s) keluar dari dasar lubang pada kedalaman (NHTD) dengan tekanan saturasi ($P_f @NHTD$). Tekanan eksternal minimum saat besarnya sama dengan nol, sehingga beban *burst* dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_B = P_i - P_e \dots\dots\dots(15)$$

$$P_i = P_f @NHTD - G_s(NHTD - D_{TVD}) \dots\dots\dots(16)$$

$$P_e = 0 \dots\dots\dots(17)$$

Safety faktor (SF) minimum desain beban *burst* sebesar 1.1. Safety faktor beban *burst* dapat dihitung dengan persamaan (18):

$$SF = \frac{F_{B\text{ corr}}}{P_B} \dots\dots\dots (18)$$

b. Beban Collapse

Beban *collapse* akan maksimum jika tekanan eksternal maksimum dan tekanan internal minimum. Tekanan eksternal maksimum terjadi saat eksternal casing terisi oleh lumpur sehingga tekanan eksternal sama dengan besarnya tekanan hidrostatis lumpur dan tekanan internal sama dengan nol. Beban collapse dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_i = P_a - P_1 \dots\dots\dots (19)$$

$$P_a = 0,052 \times P_{\text{mud}} \times D_{\text{TVD}} \dots\dots\dots (20)$$

$$P_1 = 0 \dots\dots\dots (21)$$

Bilangan safety faktor (SF) maksimum untuk beban *collapse* adalah 1.1. Safety faktor beban *burst* dapat dihitung dengan persamaan:

$$SF = \frac{P_{C\text{ corr}}}{P_C} \dots\dots\dots (22)$$

c. Beban Aksial (Tension)

Beban *tension* adalah beban aksial (Fa) yang dialami oleh casing karena adanya tarikan. Pada saat casing di *running* kedalam lubang, beban *tension* adalah jumlah dari beban casing di dalam lumpur (W@mud), beban *bending* (Fb), dan *shockload* (Fs) yang dapat dihitung dengan rumus:

$$F_{\text{ARLH}} = W_{\text{mud}} + F_b + F_s \dots\dots\dots (21)$$

$$W_{\text{mud}} = W_n L_s BF \dots\dots\dots (22)$$

$$BF = 1 - \frac{P_m}{65,4} \dots\dots\dots (23)$$

$$F_b = 63 d_o W_n \theta \dots\dots\dots (24)$$

$$F_s = \frac{1}{2} W_n V_p V_s \dots\dots\dots (25)$$

d. Efek Biaksial

Beban aksial *tension* akan menyebabkan kenaikan *burst rating* dan penurunan *collapse rating*, sedangkan *compression* akan menyebabkan penurunan *burst rating* dan kenaikan *collapse rating*. *Burst* dan *collapse rating* akibat efek biaksial dapat dihitung dengan terlebih dahulu menentukan besarnya efektif *yield strength* (Y_{pa}) dengan persamaan:

$$Y_{pa} = Y_p Y \dots\dots\dots (26)$$

$$Y = \pm \left(\sqrt{1 - 0,75(\pm X)^2} - 0,5(\pm X) \right) \dots\dots\dots (27)$$

$$X = \frac{\sigma_{\text{axial}}}{Y_p} = \frac{F_a}{0,7854 (d_o^2 - d_i^2) Y_p} \dots\dots\dots (29)$$

Efektif *yield strength* (Y_{pa}) digunakan untuk menghitung besarnya *burst rating* menggunakan persamaan (9), menghitung faktor *collapse rating* menggunakan persamaan (11), (12), (13), (14), dan menghitung *collapse rating* menggunakan persamaan (10). Penurunan *burst* dan *collapse rating* (P_{B corr} dan P_{C corr}) akibat efek biaksial ini dikontrol menggunakan bilangan safety faktor (SF) yang besarnya sama seperti beban *collapse* dan beban *burst*. Safety faktor beban *burst* dan *collapse* akibat efek biaksial dapat dihitung dengan persamaan:

$$SF = \frac{F_{B\text{ corr}}}{P_B} \dots\dots\dots (30)$$

$$SF = \frac{F_{C\text{ corr}}}{P_C} \dots\dots\dots (31)$$

e. Beban Triaksial

Beban triaksial terjadi karena radial stress (σ_r), tangential stress (σ_t), dan stress aksial (σ_a). Besarnya beban triaksial dapat dihitung dengan persamaan "Von Mises Equivalent Stress" (σ_{VME}),

$$\sigma_{VME} = \sqrt{\frac{(\sigma_{\text{axial}} - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_t)^2 + (\sigma_t - \sigma_{\text{axial}})^2}{2}} \dots\dots\dots (32)$$

$$\sigma_r = \frac{-P_1 r_i^2 (r_o^2 - r^2) - P_2 r_o^2 (r^2 - r_i^2)}{r^2 (r_o^2 - r_i^2)} \dots\dots\dots (33)$$

$$\sigma_t = \frac{P_1 r_i^2 (r_o^2 + r^2) - P_2 r_o^2 (r^2 + r_i^2)}{r^2 (r_o^2 - r_i^2)} \dots\dots\dots (34)$$

Beban triaksial maksimum terjadi pada sisi terluar casing (r_o). Safety faktor minimum untuk beban triaksial adalah 1.1 dengan membandingkan terhadap *yield strength* (Y_p) seperti persamaan,

$$SF = \frac{Y_p}{\sigma_{VME}} \dots\dots\dots (35)$$

f. Pengaruh Thermal

Faktor penting dalam desain casing sumur panas bumi adalah pengaruh temperatur tinggi dan fluida produksi yang korosif. Dengan temperatur yang semakin tinggi, maka casing akan mengalami perubahan Panjang dan *Yield Strength*. Perubahan *yield strength* pada variasi temperatur disebut *hot yield strength* (Y_{pt}), seperti pada **Table.1**.

Tabel 1. Yield Strength pada Beberapa Variasi Temperature (Rahman dan Chilingirian, 1995: 234)

API-steel grade	Hot yield strength, σ _Y , in psi					Steel composition
	68°F	212°F	392°F	572°F	752°F	
B-40 (ST)	40,000	34,000	48,000	52,500	41,000	ST grade
J-K-55 (ST)	55,000	51,150	65,000	61,500	51,150	ST grade
C-75 (ST)	75,000	64,680	58,505	56,300	51,890	P 38 Mn6
C-75 (TR)	75,000	68,355	63,060	60,858	59,240	P 26 Cr Mo4
L-80 (ST)	80,000	68,945	62,475	59,975	55,125	P 28 Mn6
L-80 (TR)	80,000	72,910	67,325	64,827	63,210	P 26 Cr Mo4
N-80 (ST)	80,000	76,000	73,600	69,600	58,400	P 38 Mn6
C-95 (ST)	95,000	86,730	81,880	78,940	71,295	P 41 Mn V5
C-95 (TR)	95,000	88,641	85,700	83,790	78,940	P 34 Cr Mo4
P-105 (ST)	105,000	102,000	100,000	102,000	90,000	P 41 Mn V4
P-110 (ST)	111,425	92,460	89,230	84,672	75,850	P 41 Mn V5
P110 (TR)	111,425	100,400	93,640	91,435	88,035	P 34 Cr Mo4

ST = standard, TR = thermal resistance

Besarnya perubahan panjang dipengaruhi oleh koefisien ekspansi thermal (α) dari casing dan perbedaan temperatur (ΔT) yang dapat dihitung,

$$\Delta l = l_s \alpha \Delta T \dots\dots\dots (36)$$

Besarnya ΔT (° F) adalah selisih antara temperatur permukaan dengan temperatur fluida produksi.

Untuk *production casing*, karena casing dalam keadaan tersemen sehingga ikatan semen dengan casing akan menahan casing untuk berekspansi, akibatnya kecenderungan ekspansi casing berubah menjadi *compression stress* yang disebut sebagai *thermal stress* (σ_{thermal}). Besarnya *thermal stress* dipengaruhi oleh *modulus elastisitas* casing (E), koefisien ekspansi *thermal* (α), dan perubahan suhu (ΔT) yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_{thermal} = \beta E \Delta T \dots\dots\dots (37)$$

Besarnya T ($^{\circ}F$) pada *thermal stress* adalah selisih antara temperatur statik dasar sumur dengan temperatur fluida produksi. Safety faktor minimum untuk *thermal stress* adalah 1,

$$SF = \frac{YPE}{\sigma_{thermal}} \dots\dots\dots (38)$$

Thermal stress akan menyebabkan penurunan *burst rating* dan kenaikan *collapse rating* sehingga perlu dilakukan koreksi *burst* dan *collapse rating* menggunakan cara seperti pada perhitungan efek biaksial, aksial stress digantikan dengan *thermal stress*.

g. Pengaruh Fluida Korosif

Besarnya *corrosive resistance* dipengaruhi oleh material penyusun casing. Pemilihan *grade casing* dalam ketahanannya terhadap korosi dapat mencegah terjadinya kegagalan casing sehingga umur casing bisa lebih lama. Yoshiaki Kureta dkk (1995) dalam papernya telah mempublikasikan persamaan untuk memprediksi *corrosion resistance* material casing berdasarkan komponen kimia penyusunnya dengan mengkonversi menjadi *chrome equivalent* (Cr.eq) material casing. Chrome adalah komposisi dasar dari material tahan terhadap korosi. Besarnya *chrome equivalent* dapat dihitung dengan persamaan (39). Nilai *Chrome equivalent* API casing disajikan pada **Tabel 2**.

$$Cr_{eq} = Cr - 13,73 C + 1,598 Si - 0,433 Mn + 27,28 P - 51,12 S + 0,237 Ni + 0,712 Mo - 1,06 Cu \dots\dots\dots (39)$$

Tabel 2. Chrom Equivalent API Casing

Grade casing (API 5CT)	Cr equivalent	
	Min.	Maks.
H40	-8,5	-7,5
J55	-6	-5,4
K55	-6	-5
N80-1	-2	-1,5
N80Q	-2	-1,5
M65	-5,5	-4,3
P110	-2,4	2
L80-1	-2,4	-1,8
L80-9Cr	10	11,5
L80-13Cr	11	12

Sumber: Ekasari dan Bonar, 2015

Yoshiaki Kureta dkk (1995) dalam papernya mempublikasikan juga persamaan untuk memprediksi nilai *Corrosion Rate* (CR) pada material casing yang besarnya dipengaruhi oleh temperatur, tingkat keasaman (pH), dan *chrome equivalent*. Persamaan CR ini merupakan hasil penelitiannya pada beberapa lapangan panas bumi di Jepang.

Ekasari, Novianti dan Marbun (2015) pada *Proceedings World Geothermal Congress* telah mempublikasikan pengembangan persamaan CR Kureta dkk, dengan membuat berbagai koreksi dengan tujuan agar dapat diaplikasikan di lapangan panas bumi di Indonesia. Persamaan CR (40):

$$C.R = 10^{2,981 - 2911 Cr_{eq} - 4,532 pH - 25,052 (\frac{1}{T})} \dots\dots (40)$$

Casing memerlukan ketebalan tertentu untuk tetap dapat menahan beban, ketebalan ini disebut ketebalan minimum (t_{min}). Apabila suatu casing memiliki ketebalan (t), maka ketebalan yang diizinkan terkorosi ($t_{corrosion}$) dapat dihitung dengan persamaan (41), dan umur (LT) casing dapat ditentukan dengan persamaan (42)

$$t_{corrosion} = t - t_{min} \dots\dots\dots (41)$$

$$L.T = \frac{25,4 t_{corrosion}}{C.R.} \dots\dots\dots (42)$$

Ketebalan casing yang dibutuhkan berbeda-beda untuk menahan suatu beban dengan beban lainnya. Untuk menahan beban *burst* (P_B) dan beban *collapse* (P_C) dengan safety faktor (SF), casing memerlukan *burst rating* (P_{Br}) dan *collapse rating* (P_{Cr}) yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan (43) dan (44),

$$P_{Br} = SF P_B \dots\dots\dots (43)$$

$$P_{Cr} = SF P_C \dots\dots\dots (44)$$

Ketebalan untuk menahan beban *bursts* dapat dihitung dengan mengubah persamaan (9) menjadi,

$$t = \frac{d_o P_{Br}}{1,75 Y_p} \dots\dots\dots (46)$$

Ketebalan untuk menahan beban *collapse* dapat dihitung dengan mengubah persamaan 10 menjadi,

$$t = \frac{d_o}{F} \left(\frac{P_{Cr}}{Y_p} + G \right) \dots\dots\dots (47)$$

t_{min} beban *burst* dihitung dengan mensubstitusikan persamaan (43) ke persamaan (46) dan t_{min} beban *collapse* dihitung dengan mensubstitusikan persamaan (44) ke persamaan (47),

$$t_{Bmin} = \frac{d_o SF P_B}{1,75 Y_p} \dots\dots\dots (48)$$

$$t_{Cmin} = \frac{d_o}{F} \left(\frac{SF P_C}{Y_p} + G \right) \dots\dots\dots (49)$$

Pada keadaan casing menerima efek biaksial, t_{min} akan bernilai lebih besar. Untuk menghitung *burst* dan *collapse rating* pada keadaan efek biaksial digunakan parameter efektif *yield strength* (Y_{pa}) sehingga persamaan (48) dan (49) menjadi:

$$t_{Bmin} = \frac{d_o SF P_B}{1,75 Y_{pa}} \dots\dots\dots (50)$$

$$t_{Cmin} = \frac{d_o}{F} \left(\frac{SF P_C}{Y_{pa}} + G \right) \dots\dots\dots (51)$$

Jika *hot yield strength* (Y_{pt}) adalah *minimum yield strength* (Y_p) pada tempetarut (T) tertentu, maka pada kondisi efek biaksial dan efek thermal persamaan (26) menjadi:

$$Y_{pa} = Y_{pt} Y \dots\dots\dots (52)$$

Besarnya t_{min} dihitung dengan mensubstitusikan persamaan 52 ke persamaan (50) dan (51), menjadi

$$t_{Bmin} = \frac{d_o SF P_B}{1,75 Y_{pt} Y} \dots\dots\dots (53)$$

$$t_{Cmin} = \frac{d_o}{F} \left(\frac{SF P_C}{Y_{pt} Y} + G \right) \dots\dots\dots (54)$$

Untuk menahan beban aksial *tension* (F_a) dan beban aksial *compression* ($-F_a$) dengan safety faktor (SF), casing memerlukan *body yield strength* (P_y) yang besarnya dapat dihitung sbb:

$$P_y = SF F_a \dots\dots\dots (55)$$

$$P_y = SF (-F_a) \dots\dots\dots (56)$$

Subtitusikan persamaan 55 dan 56 ke persamaan (1), menjadi,

$$SF F_a = 0,7854 (d_o^2 - d_i^2) \gamma_p \dots\dots\dots (57)$$

$$SF (-F_a) = 0,7854 (d_o^2 - d_i^2) \gamma_p \dots\dots\dots (58)$$

Jika diameter luar (d_o) terbatas, maka diameter dalam maksimum ($d_{i \max}$) untuk dapat menahan beban aksial dapat dihitung dengan mengubah persamaan (57) dan (58) menjadi:

$$d_{i \max \text{ tension}} = \sqrt{d_o^2 - \frac{SF F_a}{0,7854 \gamma_p}} \dots\dots\dots (59)$$

$$d_{i \max \text{ compression}} = \sqrt{d_o^2 - \frac{SF (-F_a)}{0,7854 \gamma_p}} \dots\dots\dots (60)$$

Jika, ketebalan dirumuskan sebagai berikut:

$$t = \frac{d_o - d_i}{2} \dots\dots\dots (61)$$

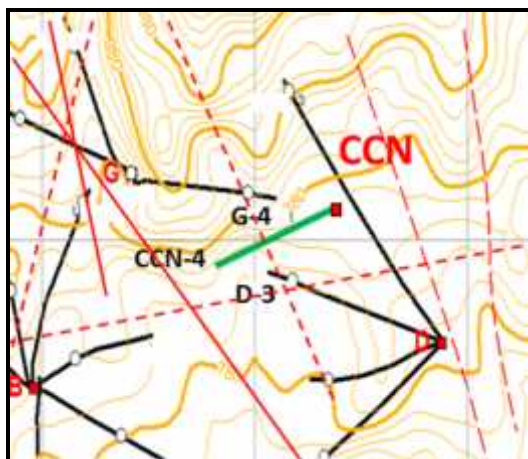
maka ketebalan minimum (t_{\min}) untuk menahan beban aksial dapat dihitung dengan mengubah persamaan 59 dan 60 menjadi persamaan 62 dan 63,

$$t_{\min \text{ tension}} = 0,5 \left(d_o - \sqrt{d_o^2 - \frac{SF F_a}{0,7854 \gamma_p}} \right) \dots\dots (62)$$

$$t_{\min \text{ compression}} = 0,5 \times \left(d_o - \sqrt{d_o^2 - \frac{SF (-F_a)}{0,7854 \gamma_p}} \right) \dots\dots\dots (63)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pendekatan korelasi data dari sumur-sumur *reference* dilakukan untuk memperkirakan kondisi geologi Sumur CCN#4 terutama zona produktif. Sumur D#3 dan G#4 merupakan sumur yang digunakan sebagai sumur *reference* karena melalui patahan yang sama dengan target pemboran Sumur CCN#4, seperti dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Peta Lokasi dan Arah Sumur CCN#4 (PT. Pertamina Geothermal Energy)

Lithologi batuan pada sumur sumur *reference* umumnya disusun oleh batuan breksi andesit terubah, breksi tufa terubah, andesit basaltis terubah, dan meta sedimen. Zona *total loss* sumur D#3 pada elevasi -905 mdpl dengan *feed zone* pada

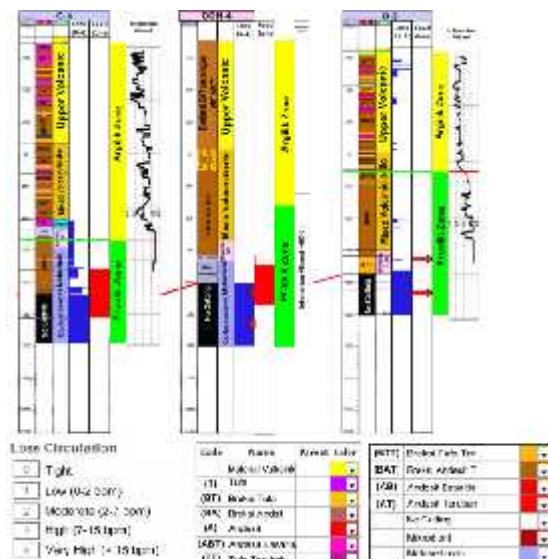
interval -850 sampai -1080 mdpl, zona alterasi propilit pada elevasi -175 mdpl sampai *total depth*. Zona *total loss* sumur G#4 pada elevasi -1105 mdpl dengan *feed zone* pada interval -900 sampai -1275 mdpl, zona alterasi propilit pada elevasi -625 mdpl sampai *total depth*. Densitas lumpur dan semen yang akan digunakan pada pemboran sumur CCN#4 ditampilkan pada **Tabel 3**.

Hasil korelasi lithologi, zona hilang lumpur (*loss*), *feed zone*, dan temperatur lumpur keluar ditampilkan pada **Gambar 3** dan hasil korelasi temperatur dan tekanan saturasi sumur CCN#4 disajikan **Gambar 4**. Berdasarkan hasil korelasi tersebut diperkirakan *feed zone* sumur CCN#4 berada mulai kedalaman 1872-2220 mMD/ 1771,5-2086,5 mTVD/(-862,5)- (-1177,5) mdpl dan dengan mempertimbangkan *feed zone* terdalam pada sumur *reference* G#4 dengan elevasi -1275 mdpl dan landaian temperatur kecil pada kedalaman 1800 mTVD, maka pemboran sumur CCN#4 disarankan sampai kedalaman 2355 mMD / 2209,25 mTVD/ -1300 mdpl.

Tabel 3. Program Lumpur dan Semen Sumur CCN#4

Trayek	Densitas Lumpur (ppg)	Densitas Semen (ppg)	
		Tail	Lead
36	8,5	15,8	-
26	8,5-8,7	15,8	14
17 1/2 (1)	8,5-8,7	14	-
17 1/2 (2)		16,2	-
12 1/4	8,33-8,7	15	-
9 7/8	8,33		
7 7/8	8,33		

Sumber: PT. Pertamina Geothermal Energy (2016)



Gambar 3. Korelasi Lithologi, Zona Loss, Feed Zone, Zona Alterasi dan Intensitas Alterasi Sumur CCN#4 terhadap Reference Wells G#4 dan D#3

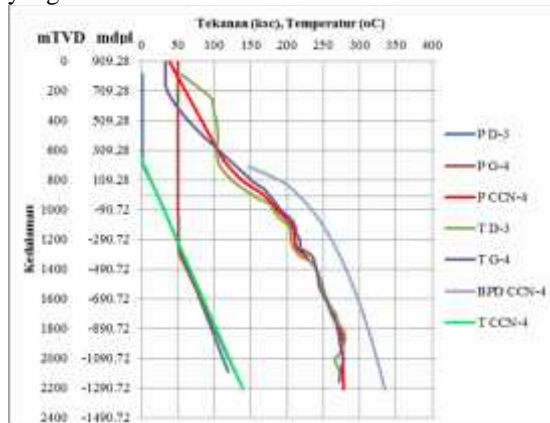
Tahapan selanjutnya adalah menentukan *setting depth casing*. Berdasarkan korelasi zona *loss* dan

feed zone, zona alterasi dan intensitas alterasi serta temperatur lumpur keluar, maka *setting depth* casing produksi pada kedalaman 1817 mMD/ 1721,66 mTVD/ -812,37 mdpl dengan *safety range* 50 m dari *feed zone* dan *setting depth surface casing* 340 mTVD, seperti ditampilkan pada **Gambar 5**. Stove pipe casing dipasang pada kedalaman 30 mTVD didasarkan pada sumur *reference* untuk mencegah guguran. Hasil *setting depth casing* ditampilkan pada **Tabel 4**.

Pemilihan diameter bit dan casing sumur CCN#4 didasarkan pada tipe sumur *big hole* dengan diameter casing produksi 13-3/8 inch, menggunakan acuan pemilihan diameter bit dan casing **Gambar 6**. Hasil pemilihan diameter bit dan casing Sumur CCN#4 disajikan pada **Tabel 4**.

Desain casing hanya dilakukan pada *surface casing*, *production casing* dan *perforated liner*.

Perhitungan desain casing pada *stove pipe* tidak dilakukan karena *setting depth casingnya* dangkal sehingga casing tersebut tidak menerima beban yang besar.



Gambar 4. Korelasi Tekanan dan Temperatur Sumur CCN#4

Tabel 4. Setting Depth Casing, Ukuran Bit dan Casing Sumur Panas bumi CCN#4

Jenis Casing	Bit Size	do	Interval Kedalaman		Ls
	inch	inch	mTVD	mMD	
Stove Pipe	36	30	0 – 30	0 – 30	30
Surface Casing	26	20	0 – 340	0 – 340	340
Production Casing	17 1/2	13 3/8	0 – 1722	0 – 1817	1850
Perforated Liner	12 1/4	10 3/4	1676- 2209	1767- 2355	555

Hasil desain *surface casing* diperoleh grade K55 133 ppf joint STC, pada kondisi temperatur 269,43°C, *safety factor* terkecil beban *burst* 2,78, beban *collapse* 3,01, beban aksial casing 8,06, beban aksial joint STC 4,55, beban *burst* saat efek biaksial 2,82, beban *collapse* saat efek biaksial 3,1, beban triaksial saat beban *burst* maksimum 3,18, dan beban triaksial saat *collapse* maksimum 7,86.

Hasil perhitungan desain *surface casing* ditampilkan pada Tabel 5.

Hasil desain *production casing* diperoleh grade P110 72 ppf joint STC, pada kondisi temperatur 274,69 °C, *safety factor* terkecil beban *burst* 3,02, beban *collapse* 1,1, beban aksial casing 3,06, beban aksial joint STC 1,88, beban *burst* saat efek biaksial 3,2, beban *collapse* saat efek biaksial 1,1, beban triaksial saat beban *burst* maksimum 3,22, beban triaksial saat *collapse* maksimum 3,06, dan *thermal stress* 1,16. Berdasarkan perhitungan efek thermal, *production casing* akan mengalami penambahan panjang akibat pemuaian sebesar 6 meter. Hasil perhitungan desain *production casing* ditampilkan pada Tabel 6.

Hasil desain *perforated liner* diperoleh grade J55 40,5 ppf joint STC, pada kondisi temperatur 279,96 °C, *safety factor* terkecil beban aksial casing 5,91, dan beban aksial joint STC 3,38. Berdasarkan perhitungan efek thermal, *perforated liner* akan mengalami penambahan panjang akibat pemuaian sebesar 1,7 meter. Hasil perhitungan desain *perforated liner* ditampilkan pada Tabel 7.

Untuk mengkaji apakah desain casing *reference wells* bisa di aplikasikan pada Sumur kajian CCN#4, maka dilakukan studi perbandingan antara hasil desain casing sumur kajian dengan desain casing *reference wells*. Hasil yang diperoleh ternyata desain casing *reference wells* lebih kuat dari pada hasil desain casing sumur CCN#4 kecuali pada *production casing*.

Setelah desain casing diperoleh, kemudian dilakukan analisa korosi untuk menentukan umur *production casing* dan *perforated liner* yang hasilnya ditampilkan pada Tabel 8. Analisa korosi dilakukan dengan asumsi fluida produksinya mempunyai pH antara 4 sampai 5. Hal ini didasarkan pada kehadiran H₂CO₃ sebagai hasil reaksi antara CO₂ dan H₂O serta H₂S yang bersifat basa lemah (pH 4-6). Perkiraan umur *production casing* P110 72 ppf STC diketahui mampu bertahan selama produksi 30 tahun sedangkan *perforated liner* kurang dari 30 tahun.

Dikarenakan umur *perforated liner* kurang dari umur minimum (30 tahun) pada pH 4 maka dilakukan iterasi desain casing. Tahapan ini dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung chrom equivalent minimum yang harus dimiliki oleh casing yang besarnya adalah -5. Berdasarkan hasil perhitungan Cr equivalent minimum dan dengan menggunakan Tabel 2, grade casing yang dapat digunakan agar casing dapat bertahan selama produksi 30 tahun adalah grade L-80 dan N80. Berdasarkan Standar API untuk casing 10 3/4 inch dengan berat nominal 40,5 ppf grade yang tersedia hanya N80. Selanjutnya dilakukan perhitungan desain casing dan analisa korosi terhadap beban pada *perforated liner* N80 40,5 ppf untuk

membuktikan kekuatan dan umur casing. Hasil desain *perforate liner* (Tabel 9) diperoleh grade N80 40,5 ppf *joint* STC, pada kondisi temperatur 279,96°C, *safety factor* terkecil beban aksial casing 6,63, dan beban aksial *joint* STC 4,89. Penambahan panjang akibat pemuaian sebesar 1,7 meter.

Penyelesaian *perforated liner* dengan mengantung liner pada *liner hanger* pada *production casing*. Karena bentuk *perforated liner* yang berlubang-lubang akan menurunkan kekuatan liner, sehingga pemasangannya menggunakan kombinasi antar blind liner pada bagian atas dengan panjang ± 50 meter dan perforated liner bagian bawah. Ditinjau dari besarnya penambahan panjang akibat efek thermal, maka untuk mencegah terjadinya *buckling*, liner harus digantung ± 2 meter dari dasar sumur.

4. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil korelasi data *reference wells* diperkirakan *feed zone* sumur CCN#4 berada mulai kedalaman 1872-2220 mMD dan dengan mempertimbangkan *feed zone* terdalam pada *reference wells* G#4 serta landaian temperatur, maka pemboran sumur CCN#4 ditargetkan sampai kedalaman total 2355 mMD.
2. Dengan mempertimbangkan faktor diameter sumur *big hole*, beban casing, dan persediaan casing, maka desain casing *reference wells* dapat diaplikasikan pada sumur CCN#4 kecuali *production casing*, karena desain casingnya belum optimum karena tidak mempertimbangkan umur casing.
3. Berdasarkan hasil simulasi korosi pada asumsi fluida produksi yang mempunyai kisaran pH antara 4 sampai 6 diprediksi umur *production casing* mampu bertahan selama produksi 30 tahun dan *perforated liner* tidak mencapai 30 tahun.
4. Desain casing yang optimum untuk Sumur CCN#4 yaitu: *stove pipe casing* (0-30 mMD) grade X56 310 ppf, *surface casing* (0-340 mMD) grade K55 133 ppf STC, *production casing* (0-1817 mMD) grade P110 72 ppf STC, dan *perforated liner* 10 ¾" kedalaman (1767-2355 mMD) grade N80 40,5 ppf STC.
5. Penyelesaian liner dengan menggunakan kombinasi antara *blind liner* pada bagian atas dengan panjang ± 50 meter dan *perforated liner* pada bagian bawah serta untuk mencegah terjadinya *buckling* casing digantung setinggi ± 2 meter dari dasar sumur.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penulisan makalah ini sehingga dapat selesai dengan baik dan tepat waktu.

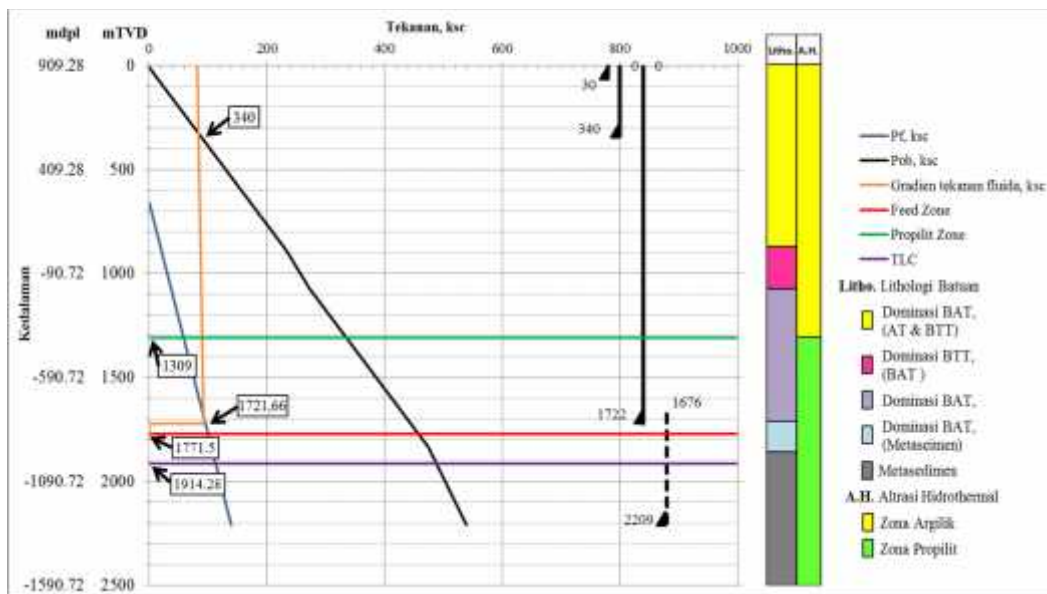
Daftar Pustaka

- Ekasari, Novianti dan Marbun BTH (2015), *Integrated Analysis of Optimizing Casing Materials Selection of Geothermal Well by Using a Model for Calculating Corrosion Rates*, Proceedings World Geothermal Congress, Melbourne-Australia.
- Group, BG. (2001). *Well Engineering and Production Operation Management System Casing Design Manual Chapter 4*. BG Grup.
- Kureta, Yosiaki., et al.,(1995), *Casing Pipe Materials For Deep Geothermal Wells*, Tohoku National Industrial Research Institute, AIST, MITI Sendai, Japan.
- NZS, (1991), *Code of practice for deep geothermal wells*. Standards New Zealand, NZS 2403:1991,96pp
- Pipe & Supplay (2017), *Trapon, Casing Table API*. Trapon.
- S. Rahman and G.V. Chilingarian (1995), *Casing Design Theory and Practice*, Elsevier, Amsterdam - Lausanne - New York Oxford Shannon Tokyo.
-(2016). *Well File Sumur D-3, G-4 Lapangan Y. PT. Pertamina Geothermal Energy*.
- J. Adam, Neal, "Drilling Engineering A Complete Well Planning Approach Chapter 5-11", Pen Well Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1985.

Daftar Simbol

A_{jp}	: luas penampang pada ulir terakhir, inch ²
A_s	: luas area casing, ft ²
A_{sp}	: luas penampang casing, inch ²
BF	: Bouyancy faktor (fraksi)
C	: persentase massa karbon, %
Cr	: persentase massa chrome, %
Cr eq	: <i>Chrome equivalent</i> , % massa
Cu	: persentase massa tembaga, %
d_{box}	: diameter dalam box pada ulir terakhir, inch
d_i	: diameter dalam casing, inch
d_{ji}	: diameter internal joint, inch
d_{jo}	: diameter luar joint, inch
d_o	: diameter luar casing, inch
d_{pin}	: diameter luar pin pada ulir terakhir, inch
D_{TVD}	: kedalaman vertikal, ft
E	: modulus elastisitas (30×10^6), psi
Fa	: beban aksial tension, lbf
-Fa	: beban aksial compression, lbf
Fb	: beban <i>bending</i> , lbf
Fs	: shock load, lbf
g	: kecepatan gravitasi, ($32,174 \text{ ft/s}^2$)
G_f	: gradien tekanan pori formasi, psi/ft
G_s	: gradient tekanan steam pada P dan T, psi/ft
J_y	: joint strength, lbf
L.T	: usia casing, tahun
L_{et}	: panjang ulir yang saling mengikat, inch
Ls	: panjang rangkaian casing, ft
Mn	: persentase massa mangan, %
Mo	: persentase massa molibdenum, %
Mr	: berat molekul uap, kg/kmol
NHTD	: kedalaman trayek berikutnya, ft
Ni	: persentase massa nikel, %
P	: persentase massa fosfor, %
P_B	: beban burst, psi
P_{Br}	: Burst rating, psi
$P_{Br \text{ corr}}$: burst rating akibat efek biaksial, psi
P_c	: beban collapse, psi
P_{cr}	: collapse rating, psi
$P_{Cr \text{ corr}}$: collapse rating akibat efek biaksial, psi
P_e	: tekanan eksternal, psi
P_f	: tekanan saturasi fluida, psi

Ph	: tekanan hidrostatik, psi
Pi	: tekanan internal, psi
Py	: pipe body yield strength, lbf
r	: jari-jari radius yang diamati, inch (ri atau ro)
re	: jari-jari pengurusan, m
ri	: jari-jari internal casing, inch
ro	: jari-jari luar casing, inch
rw	: jari-jari sumur, m
S	: persentase massa Sulfur, %
SF	: safety faktor
Si	: persentase massa silikon, %
t	: ketebalan dinding casing, inch
tB min	: tebal minimum menahan beban burst, inch
tC min	: tebal minimum menahan beban collapse, inch
tcorrosion	: ketebalan yang diizinkan terkorosi, inch
tmin, inch	: ketebalan minimum casing menahan beban, inch
tmin, compress	: ketebalan minimum menahan compression, inch
tmin, tension	: ketebalan minimum menahan tension, inch
Vp	: kecepatan casing, ft/s
Vs	: kecepatan stress, 17028 ft/s
W@mud	: berat casing di dalam lumpur, lbf
Wn	: berat nominal casing, ppg
X	: faktor akibat tekanan internal dan beban aksial {tension(+)/collapse(-)}
Y	: faktor penurunan atau kenaikan burst (+) dan collapse (-) rating
Yp	: minimum yield strength casing, psi
Yup	: minimum ultimate yield strength casing, psi
ϵ	: kekasaran permukaan dinding sumur, fraksi
T	: koefisien ekspansi thermal ($6,9 \times 10^{-6}$), /oF
T	: perbedaan Temperatur, °F
	: build up rate, o/100 ft
	: densitas lumpur atau semen, ppg
besi	: densitas besi, 65,44 ppg
m	: densitas lumpur (ppg)
aksial	: aksial stress, psi
r	: radial stress, psi
t	: tangential stress, psi
thermal	: thermal stress, psi
VME	: Von Mises Equivalent stress, psi



Gambar 5. Production Casing Setting Depth Berdasarkan Beban Tekanan pada Casing dan Feed Zone

Tabel 5. Hasil Perhitungan Desain Surface Casing Sumur CCN#4

Grade	T	Wn	Per	Pbr	Jy			Py	t	di				
					STC	LTC	BTC							
	oF	lbs/ft	psi	psi	Klbs	Klbs	Klbs	Klbs	inch	inch				
K-55	60	133	1500	3060	1253	1453	2123	2125	0.635	18.73				
K-55	269.43	133	1546.93	3543.76	1391.5	1611.04	2377.7	2463.9	0.635	18.7				
Beban Burst dan Collapse														
Depth	Burst			Collapse			SF							
	Pi	Pe	PB	Pi	Pe	PC	PB	PC						
mMD	lbf	psi		psi	psi									
0	1239.21	0.00	1239.21	0.00	0.00	0.00	2.86	~						
340	1270.02	0.00	1270.02	0.00	498.71	498.71	2.79	3.10						
Beban Aksial														
Depth	W@mu d	Fb	Fs	Fa (RIH)	SF									
					casing	joint								
mMD	lbf	lbf	lbf	lbf	BTC	STC	LTC							
0	128829.7	0.00	177007	305837.	8.06	7.77	4.55	5.27						
340	0.00	0.00	0.00	0.00	128829	~	~	~						
Efek Biaksial														
Depth	Fa	aksial	Y		Ypa		Pbr	Faktor collapse rating				PCr	SF	
			PBr	PCr	PBr	PCr		A	B	F	G		PB	Pc
mMD	lbf	psi	psi	psi	psi	psi	psi					psi		
0	128829.7	3334.84	1.06	0.93	67368.5	59451.7	3743.2	3.004	0.056	1.96	0.04	1518.3	3.0	~
340	0.00	0.00	1.01	1.00	64405	63779.6	3578.5	3.017	0.059	1.96	0.04	1546.9	2.8	3.1
Beban Triaksial														
Depth	aksial	PB max			PC max			SF						
		r	t	VME	r	t	VME	PB max	PC max					
mMD	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi					
0	3334.84	-1239.2	18915.9	17479.1	0.00	0.00	7916.7	3.65	8.06					
340	0.00	-1270.0	19386.1	20051.3	0.00	-8111.6	8111.3	3.18	7.86					

Tabel 6. Hasil Perhitungan Desain Production Casing Sumur CCN#4

Grade	T	Wn	Per	Pbr	Jy			Py	t	di					
					STC	LTC	BTC								
	oF	lbs/ft	psi	psi	Klbs	Klbs	Klbs	Klbs	inch	inch					
P-110	60	72	2890	7400	1402		2221	2284	0.51	12.3					
P-110	524.39	72	2770.8	6176.6	1170.6		1854.18	1907.4	0.51	12.3					
Beban Burst dan Collapse															
Depth	Burst			Collapse			SF								
	Pi	Pe	PB	Pi	Pe	PC	PB	PC							
mMD	Lbf	psi	psi	psi	psi	psi									
0	1729	0.00	1728.9	0.00	0.00	0.00	3.57	~							
1817	1927	0.00	1927.4	0.00	2525.35	2525.3	3.20	1.10							
Beban Aksial															
Depth	W@mud	Fb	Fs	Fa (RIH)	SF										
					casing	joint									
mMD	lbf	lbf	lbf	lbf	BTC	STC	LTC								
0	372711	154139	95823	622673	3.06	2.98	1.88								
1817	0.00	0.00	0.00	0.00	~	~	~								
Efek Biaksial															
Depth	Fa	aksial	Y		Ypa		Pbr	A	B	F	G	PCr	SF		
			PBr	PCr	PBr	PCr							PB	Pc	
mMD	Lbf	psi	psi	psi	psi	psi	psi					psi			
0	526849	253699	1.12	0.8	103087	73105	6932.8	3.05	0.063	1.96	0.041	2544.3	4.01	~	
1817	0.00	0.00	1.00	1.0	91843	91843	6176.6	3.11	0.073	2.00	0.047	2770.8	3.20	1.10	
Beban Triaksial															
Depth	aksial	PB max			PC max			SF							
		r	t	VME	r	t	VME	PB max	PC max						
mMD	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi						
0	25368.7	-1728.99	21665.37	28479	0.00	0.00	29982.81	3.22	3.06						
1817	0.00	-1927.44	24152.17	25171	0.00	-34169.7	34169.73	3.65	2.69						
Efek Thermal															
Depth	T	thermal	Ypt	Y		Ypa		Pbr	A	B	F	G	PCr	SF	
				PBr	PCr	PBr	PCr							thermal	PB
mMD	(oF)	lbf	psi			psi	psi	psi					psi		
0	100.4	60361.2	93644.5	0.51	1.15	47515	107877	3195.53	3.17	0.081	2.04	0.052	2851.3	1.55	1.85
1817	512.3	24158.3	91843.2	0.99	1.01	90596	93041	6092.82	3.12	0.073	2.00	0.047	2780.5	37.57	3.16

Tabel 7. Hasil Perhitungan Desain Liner Sumur CCN#4

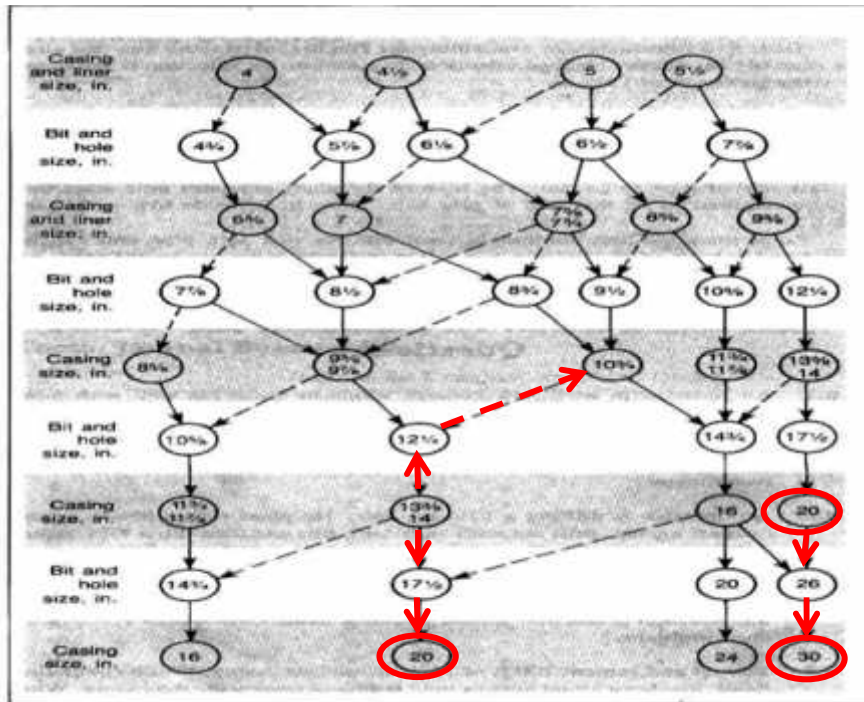
Grade	T	Wn	Pcr	Pbr	Jy			Py	t	di	
					STC	LTC	BTC				
	oF	lbs/ft	psi	Psi	Klbs	Klbs	Klbs	onch	inch		
J-55		40.5	1580	3130	420		700	629	0.35	10.05	
J-55	535.9	40.5	1642.9	3594.3	412.4		737.4	721.4	0.35	10.05	
Beban Aksial											
Depth	W@mud	Fb	Fs	Fa	SF			joint	BTC	STC	LTC
					(RIH)	casing					
mMD	lbf	lbf	lbf	Lbf							
1767.	68167.14	0.00	53900.65	122067.79			5.91		6.04	3.38	1767.00
2355.	0.00	0.00	0.00	0.00			~		~	~	2355.00
Efek Thermal											
Depth	T	Fa	Ypt	Py	SF						
mMD	oF	lbf	psi	psi							
1767	505.23	68167.14	0	733639.5							
2355	535.92	68167.14	5961.06	721391.6							

Tabel 8. Hasil Analisa Korosi Sumur CCN#4

Production Casing (Cr eq min P110 = -2.4)												
Depth	tmin	tcorrosion	Laju Korosi (mmpy)			Usia Casing (tahun)						
			pH = 4	pH = 5	pH = 6	pH = 4	pH = 5	pH = 6				
(mMD)	(inch)	(inch)										
0	0.305917	0.208083	1.52E-09	4.47E-14	1.31E-18	30	30	30				
1817	0.178862	0.335138	5.6E-09	1.64E-13	4.83E-18	30	30	30				
Liner (Cr eq min J55 = -6)												
Depth	Fa	Ypt	Py @ T	SF	t min	t corrosion	Laju Korosi (mmpy)			Umur Casing (tahun)		
							pH 4	pH 5	pH 6	pH 4	pH 5	pH 6
(mMD)	lbf	psi	lbf		inch	inch						
1767	68167.14	64155.14	733639.5	10.76236	0.101154	0.248846	169.7116	0.004986	1.46E-07	0.037244	30	30
2355	0	63084.08	721391.6	~	0	0.35	171.9946	0.005053	1.48E-07	0.051688	30	30

Tabel 9. Hasil Analisa Korosi Sumur CCN#4

Grade	T	Wn	Pcr	Pbr	Jy			Py	t	di	
					STC	LTC	BTC				
	oF	lbs/ft	psi	psi	Klbs	Klbs	Klbs	onch	inch		
N-80	60	40.5	1730	4560	597		964	915	0.35	10.05	
N-80	535.92	40.50	1689.90	4032.88	597.22		853.07	809.41	0.35	10.05	
Beban Aksial											
D	W@mud	Fb	Fs	Fa	SF			joint	BTC	STC	LTC
					(RIH)	casing					
mMD	lbf	lbf	lbf	Lbf							
1767	68167.14	0.00	53900.65	122067.79	6.63		6.99	4.89			
2355	0.00	0.00	0.00	0.00	~		~	~			
Efek Thermal											
Depth	T	Fa	Ypt	Py	SF						
mMD	oF	lbf	psi	psi							
1767	505.2324	68167.14	0.00	818748.54	12.01						
2355	535.9223	68167.14	5961.06	809409.72	~						
Pertambahan Panjang Liner											
T top (oC)	T bot (oC)	T rata" (oC)	T rata" (oF)	T s (oF)	L (m)						
262.9069	279.9568	271.4319	520.5774	100.4	1.704744						
Analisa Korosi											
Cr eq min	t min	t corrosion	Laju Korosi (mmpy)			Usia Casing (tahun)					
			pH 4	pH 5	pH 6	pH 4	pH 5	pH 6			
	inch	inch									
-2	0.091644	0.258356	3.82E-10	1.12E-14	3.29E-19	30	30	30			
	0	0.35	3.87E-10	1.14E-14	3.34E-19	30	30	30			



Gambar 6. Acuan Pemilihan Ukuran Diameter Bit dan Casing (J Adam 1985)



SEMINAR NASIONAL
REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp: (0274) 485390; 486986 Fax: (0274) 487294
Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID10/01471

BERITA ACARA
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :




- Nama Pemakalah : Sudarmoyo¹, IB Jagranatha², Herianto³, Catur Cahyo Nugroho⁴
Judul Makalah : DESAIN CASING SUMUR PANAS BUMI BERDASARKAN INTEGRASI DATA BEBAN-PANAS-LAJU KOROSI DAN FEED ZONE DENGAN PENDEKATAN UMUR MINIMUM CASING
Pukul : 15.30 – 15.45
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY
Ruang : C.2
Moderator : Dr. Hill Gendoet H, S.T., M.T
Notulen : Winarti, S.T., M.T

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh Moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh Moderator.

Jumlah Peserta yang hadir : _____ orang (Daftar Hadir Terlampir)

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Dr. Hill Gendoet H, S.T., M.T	 Sudarmoyo ¹ , IB Jagranatha ² , Herianto ³ , Catur Cahyo Nugroho ⁴






NOTULEN KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :

- Nama Pemakalah : Sudarmoyo¹, IB Jagranatha², Herianto³, Catur Cahyo Nugroho⁴
 Judul Makalah : DESAIN CASING SUMUR PANAS BUMI BERDASARKAN INTEGRASI DATA BEBAN-PANAS-LAJU KOROSI DAN FEED ZONE DENGAN PENDEKATAN UMUR MINIMUM CASING
 Pukul : 15.30 – 15.45
 Bertempat di : STTNAS Yogyakarta
 Dengan alamat : Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY
 Ruang : C.2

Pertanyaan/Kritik/Saran	Tanggapan Pemakalah
<p>pertanyaan (Dr. Hill). faktor pengontrol utama dr left time casing?</p>	<p>Ada 3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temperatur . - beban . - korosi .

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Dr. Hill Gendoet H, S.T., M.T	 Sudarmoyo ¹ , IB Jagranatha ² , Herianto ³ , Catur Cahyo Nugroho ⁴