



## Analisa Pekerjaan Membongkar Sumbat *Frac* Menggunakan *Coiled-Tubing* ada Sumur *Unkonvensional*

Agus Purwanto, Idham Khalid dan Adi Novriansyah

Universitas Islam Riau

Jl. Kaharuddin Nst No.113, Simpang Tiga, Kec. Bukit Raya, Kota Pekanbaru, Riau 28284

### ABSTRAK

#### Artikel Info:

Naskah Diterima:

02 Maret 2022

Diterima setelah

perbaikan:

09 Maret 2022

Disetujui terbit:

14 April 2022

#### Kata Kunci:

Sumur Unconventional

*Milling Frac Plug*

*Coiled Tubing*

*Unconventional Well*

Sumur *unconventional* memiliki kandungan unsur *shale-oil* dan *shale-gas*, sebagaimana terdapat juga pada sumur konvensional. Penggunaan *coiled-tubing* (CT) merupakan salah satu teknik yang dianggap paling baik dalam operasi pemboran sumur *unconventional*. Pada *rig* konvensional, pipa/*tubing/strings* dapat disambung atau diputuskan satu persatu memakai sambungan ulir. Cara ini tentunya membutuhkan waktu yang lebih lama, tenaga kerja dan peralatan yang lebih banyak, resiko yang lebih tinggi, dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas teknik penggunaan CT pada pekerjaan *milling frac plug* menggunakan *coiled-tubing* pada sumur *unconventional*. Metode yang digunakan adalah studi kasus (*case study*). Berdasarkan penelitian, maka dapat diambil kesimpulan: 1) aplikasi pekerjaan CT dilakukan dengan prosedur menyesuaikan tekanan, menyesuaikan rantai kepala injektor di dalam traksi berdasarkan berat CT, menyesuaikan tegangan luar rantai berdasarkan parameter tekanan kepala sumur atau Wellhead Pressure (WHP) dan aliran lubang sumur, memantau dan kurangi kecepatan CT, melakukan pemompaan, melakukan uji tarik. 2) Ketika CT telah berada pada kedalaman 0 ft dari batas, CT *string* memiliki kelelahan sebesar 43.18%. Sedangkan pada kedalaman 10562.63 ft., CT *string* berada pada tingkat kelelahan sebesar 38.06%. Artinya, semakin dangkal pengeboran, semakin tinggi batas kemampuan CT, dengan demikian pada kedalaman lebih dari 1000 feet, CT hanya memiliki tingkat lelah sebesar 38.06 lebih rendah dibanding kedalaman 0 ft.

### ABSTRACT

*Unconventional wells contain elements of shale oil and shale gas as in conventional wells. The use of coiled tubing is one technique that is considered the best for drilling. In conventional rigs, pipes/tubing/strings are connected or disconnected one by one using threaded connections. This method takes more time, requires more people and equipment, is more risky, and so on. This study aims to determine the technique of using coil tubing and to analyze milling frac plug using coil tubing in unconventional wells. The method used is a case study (case study). Based on the research, it can be concluded: 1) The technique of using coil tubing is carried out by adjusting the pressure, adjusting the injector head chain in traction based on CT weight, adjusting chain tension based on WHP and wellbore flow, monitoring and reducing CT speed, pumping, perform a tensile test. 2) When the CT is at a depth of 0 ft from the boundary, the CT string has a fatigue of 43.18%. While at a depth of 10562.63, the CT string is at a fatigue level of 38.06%. This means that the shallower the drilling, the higher the CT capability limit, thus at a depth of more than 1000 feet, CT only has a fatigue level of 38.06 lower than 0 ft depth.*

Korespondensi:

E-mail: [apurwanto@student.uir.ac.id](mailto:apurwanto@student.uir.ac.id) (Agus Purwanto)

© LPMGB - 2022

## PENDAHULUAN

Berdasarkan sudut pandang perusahaan yang bergerak di bidang industri migas dan panas bumi, operasi pemboran adalah kegiatan membuat lobang di lapisan kulit bumi agar minyak, gas ataupun panas bumi (*geothermal*) yang terkandung di dalamnya dapat dikeluarkan dan diproduksi secara baik, efektif, efisien dan aman. Setelah ditemukan batas antara zona minyak dan zona air, maka dilakukan pemboran-pemboran di dalam zona minyak tersebut untuk menguras minyak yang terakumulasi didalam reservoir. Pemboran yang bertujuan untuk menguras isi reservoir berupa minyak ini disebut dengan pemboran eksploitasi, atau pemboran pengembangan (*development drilling*) (Alimsyah dan Davin, 2020). Pada kegiatan pekerjaan di sumur yang ada pada lapangan minyak dan gas, *coiled-tubing* berfungsi sebagai alat yang berguna untuk menghantarkan sensor, alat mekanikal, dan cairan dari permukaan kedalam sumur melalui pipa. Berdasarkan fungsi pekerjaannya maka parameter kedalaman dan kecepatan menjadi sangat penting dalam pekerjaan *coiled tubing* (Alimsyah dan Davin, 2020).

Sesuai dengan namanya, *Coiled Tubing (CT)* adalah *tubing* atau pipa baja yg dapat digulung, mirip seperti benang atau tali. *CT* ini berukuran diameter dari 1 sampai 4.5 inci. Penelitian Kaveh (2016) menjelaskan bahwa *Coiled Tubing (CT)* adalah pipa yang sangat panjang dan dibuat dalam berbagai ukuran dan panjang. Pada fasilitas yang bertipe *rig* konvensional, pipa/*tubing/strings* disambung atau diputus satu persatu memakai sambungan ulir. Cara ini memakan waktu yang lebih lama, membutuhkan orang dan peralatan yang lebih banyak, resiko HSE yang lebih tinggi, dan sebagainya. Karena *CT* menggunakan tubing yang terkoneksi secara kontinyu, maka proses penyambungan rangkaian *tubing* tidak dibutuhkan lagi, sehingga kelemahan yang ada pada *rig* konvensional bisa dihilangkan atau dikurangi, dan yang lebih penting lagi, faktor keselamatan atau *safety* akan jauh lebih baik. Aplikasi *CT* dapat dilakukan melalui berbagai macam jenis *frac plugs*, antara lain yaitu sebagai berikut:

1. Model A: *cast iron with wickers, used in vertical wells*
2. Model B: *MCC/composite body, used in horizontal wells*
3. Model C: *white ceramic/composite body, used in horizontal wells*

Berdasarkan hasil penelitian Zanellato, et al, operasi dilakukan dalam kombinasi sumur horizontal dan vertikal. Lebih dari 500 operasi *fracturing plugs* dibor di lebih dari 60 sumur, memperoleh pengalaman yang cukup untuk memperoleh hasil yang mempunyai dampak signifikan. Untuk membantu mengurangi waktu operasi pengeboran, meningkatkan kelayakan secara ekonomi, meminimalkan risiko operasi, dan mengurangi sistem keausan *CT, bit PDC* lima hingga enam bilah telah diverifikasi sebagai *opsi* terbaik dalam konteks ini. Jenis mata bor ini memiliki tingkat penetrasi (ROP) yang dapat diterima, tidak berisiko kehilangan bagian yang bergerak, dan meminimalkan kemacetan motor. Kapan toleransi sehubungan dengan adanya penyimpangan *casing* sudah benar, *bit PDC* lima hingga enam *blade* juga meminimalkan ukuran serpihan, yang membantu mengurangi risiko terjadinya *stuck-in-hole* dan dapat meningkatkan produksi sumur berikutnya (Zanellato, Szklarz, Pach, dan Nebiolo, 2017).

Permasalahan yang ditemukan pada *rig* konvensional, pipa/*tubing/strings* disambung atau diputus satu persatu memakai sambungan ulir. Cara ini memakan waktu yang lebih lama, membutuhkan orang dan peralatan yang lebih banyak, resiko yang lebih tinggi, dan sebagainya. Telah diketahui bahwa *CT* yang dikembangkan pada tahun 1944 dan telah terbukti digunakan secara terus menerus hingga saat ini (Khan dan Raza, 2015). *CT* dianggap sebagai salah satu teknologi yang mudah beradaptasi dan fleksibel. Karena *CT* menggunakan *tubing* yang kontinyu, sehingga tidak perlu disambung-sambung, maka kelemahan *rig* konvensional tadi bisa dihilangkan atau dikurangi, dan yang lebih penting, faktor *safety* akan jauh lebih baik. Aplikasi *CT* dalam bidang pemboran sudah mulai berkembang. Walaupun pada mulanya *CT* hanya digunakan sebagai peralatan *well service* dan *workover*, keuntungan *CT* membuatnya semakin dominan dalam bidang pemboran. *CT* memiliki nilai lebih jika dibandingkan dengan pemboran dengan *drill pipe* biasa dimana tidak perlu dilakukan penyambungan dan pemutusan rangkaian *drill pipe*. Hal ini tentu saja sangat menguntungkan dalam pemboran *Underbalanced* karena resiko fenomena *blowout* umumnya terjadi pada saat pekerjaan penyambungan dan pemutusan rangkaian pipa. Selain itu pemboran dengan menggunakan *CT* juga dapat dilakukan lebih cepat. Kerugian utama dari pemboran dengan *CT* adalah masih terbatasnya dimensi *Coil* yang tersedia di pasaran sehingga membatasi panjang lubang bor yang dapat dibor (Admulyadi, 2016).

Reservoir migas non-konvensional mempunyai ciri yaitu tingkat permeabilitas (kemampuan batuan dalam meloloskan partikel dengan melewatinya) yang sangat rendah. Hal itu menyebabkan kegiatan eksploitasi migas non-konvensional mayoritas dilakukan dengan cara penambangan. Sementara itu, operasi eksploitasi migas konvensional dilakukan dengan metode sumuran. Perbedaan lainnya, migas konvensional lebih mudah terlihat karena letaknya tidak terlalu dalam dari permukaan. Sedangkan migas non konvensional ada di lapisan yang lebih dalam. Cadangan migas non konvensional tersimpan di mana batuan induk berada (Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral, 2012).

Hingga saat ini, pengembangan migas non-konvensional tidak semasif pengembangan pada lapangan migas konvensional. Namun upaya untuk menemukan teknologi yang efektif dan efisien dalam mengembangkan migas non konvensional terus dilakukan. Bila teknologi yang murah sekaligus mampu memberikan hasil maksimal dapat ditemukan, sumberdaya migas non-konvensional dapat menjadi sumber daya untuk memenuhi kebutuhan energi di masa depan. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan *milling frac plug* yang melebihi tekanan dan suhu yang diperlukan untuk operasi dapat mempengaruhi kinerja pengeboran, sehingga manfaat yang dapat diambil adalah bahwa pemilihan *milling frac plug* yang spesifik dan rinci harus dilakukan dengan mempertimbangkan variabel penggunaan *CT* (Zanellato et al., 2017). Penyedia peralatan pelengkap terus mengembangkan desain dan komposisi material dari *frac-plug* untuk mengatasi tantangan yang berasal dari kemajuan dalam *multi-stage hydraulic fracturing* (Bruseh & Shaffer, 2020).

Berdasarkan pengalaman, proses *Milling Frac-Plug* perlu dilakukan setelah semua tahap *frac* selesai. Penyelesaian seluruh sumur (*well delivery*) dapat dicapai dalam waktu yang relative lebih singkat dibandingkan dengan sumur-sumur sebelumnya; ini tercermin pada berkurangnya biaya aktual lebih dari 20% dari total biaya/AFE (Nunez; et al., 2020). Hal ini dapat tercermin dari nilai WHP yang stabil pada 5.340 *psi* ketika kecepatan pompa *CT* ditingkatkan menjadi 2,3 *barrel perminute* (bpm). *CT* melanjutkan operasi *Run in Hole (RIH)* ketika semua parameter baik untuk operasi *milling* (Teguh dan Ali, 2020).

*Plug-and-perf* adalah metode yang secara inheren sangat lambat untuk menyelesaikan sumur, Pada sumur *vertical* dan kemudian pada sumur *horizontal*

penghitungan satu tahap, waktu operasional ini menjadi tidak signifikan; namun, karena jangkauan lateral yang diperluas menjadi lebih umum dan jumlah *stage* mencapai ratusan, tingkat *run-in* 200 hingga 300 kaki/menit yang membuat operasi menjadi lebih berat dan mahal. Selama bertahun-tahun, panjang *frac plug* telah mulai berkurang secara signifikan dengan ditemukannya *plug* yang lebih sederhana dan mempunyai lebih sedikit suku cadang, lebih handal dan lebih efisien baik waktu maupun material yang digunakan. Perubahan material juga merupakan perubahan besar dalam desain *frac-plug*. *Plug* awal terdiri dari berbagai logam, yang menyebabkan waktu proses yang lama dan puing-puing besar yang sering luput dari pemantauan. *Frac-plug* biasanya terbuat dari bahan komposit. Bahan dan desain semua komposit ini terus ditingkatkan, dan saat ini *frac plug* plugs telah digunakan sekitar 90% dari kebutuhan di lapangan minyak (Bruseh & Shaffer, 2020). *Frac-plug milling* adalah langkah terakhir untuk menyelesaikan produksi. Langkah ini merupakan aspek yang paling menentukan keberhasilan pengeboran minyak (Stevens, 2017).

Berdasarkan latar belakang, maka disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana teknik penggunaan *CT* pada sumur *unconventional*?
2. Bagaimanakah pelaksanaan pekerjaan *milling frac-plug* menggunakan *CT* pada sumur *unconventional*?

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui teknik penggunaan *CT* pada sumur *unconventional*.
2. Untuk menganalisis pekerjaan *milling frac-plug* menggunakan peralatan *CT* pada sumur *unconventional*.

## BAHAN DAN METODE

Penyusunan karya tulis ilmiah ini tidak terlepas dari metode penelitian yang akan digunakan. Tujuannya adalah terpenuhinya hasil dari data-data yang diperoleh dalam melakukan perhitungan dan analisis yang berdasar pada hasil yang diperoleh. Metode yang dikembangkan berasal dari studi kasus yang terjadi di lapangan dengan mengacu pada buku-buku literatur dan *paper-paper* yang berkaitan dengan tema. Artinya, metode yang digunakan adalah studi kasus (*case study*) dengan

pendekatan *literature review* atau tinjauan pustaka. *Literatur review* merupakan suatu kajian ilmiah yang berfokus pada satu topik tertentu.

*Literature review* akan memberikan gambaran mengenai perkembangan suatu topik tertentu. Studi melalui metode *literature review* akan memungkinkan seorang peneliti untuk melakukan identifikasi atas suatu teori atau metode, mengembangkan suatu teori atau metode, mengidentifikasi kesenjangan yang terjadi antara suatu teori dengan relevansi yang ada di lapangan atau terhadap suatu hasil penelitian (Rowley dan Slack, 2004). Adapun sifat dari penelitian ini adalah analisis deskriptif, yakni penguraian secara teratur data yang telah diperoleh, kemudian diberikan pemahaman dan penjelasan agar dapat dipahami dengan baik oleh pembaca. Tempat dilaksanakannya penelitian atau pengambilan data dalam penelitian ini adalah di sumur yang terdapat di lapangan *unconventional* yang dikelola oleh Aramco Saudi Arabia. Aramco Saudi Arabia atau *Saudi Arabian Oil co* merupakan perusahaan minyak nasional Arab Saudi yang berkantor pusat di Dhahran, Arab Saudi.

## HASIL DAN DISKUSI

### Teknik Penggunaan *Coiled Tubing* Pada Sumur *Unconventional*

Tempat dilaksanakannya penelitian atau pengambilan data dalam penelitian ini adalah di lapangan sumur *unconventional* Aramco Saudi Arabia tepatnya di gunung Tuwaiq *field* Humayyimah dan Jafrah. Salah satu metode yang dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk meningkatkan permeabilitas formasi adalah metode perekahan (*fracturing*). Metode perekahan (*fracturing*) merupakan cabang dari proses stimulasi sumur dengan tujuan untuk meningkatkan permeabilitas batuan. Perekahan (*fracturing*) dilakukan apabila sumur mengalami penurunan produktivitas, dan penurunan produktivitas ini disebabkan karena kecilnya permeabilitas formasi. Prinsip dari perekahan (*fracturing*) ialah dengan membentuk rekahan pada formasi sehingga permeabilitas formasi meningkat.


Sejak diperkenalkan, jumlah penggunaan CT mengalami perkembangan pesat di industri minyak dan gas. Banyak teknologi-teknologi baru yang keluar tapi malah mengalami penurunan, berbeda dengan peralatan CT, tingkat pertumbuhan 10%

per tahun. Ada beberapa kelebihan yang ditemukan dalam penggunaan CT, yakni prosedur yang aman dan efisien dalam *well intervention*, persiapan *well site* yang dibutuhkan tidak banyak, mudah dalam proses mobilisasi dan *rig-up*, berkurangnya *enviromental impacts* jika dibandingkan dengan metode konvensional dan *less risk*. Spesifikasi *Downhole Tool* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.

Pipa peralatan CT yang digunakan untuk operasi intervensi dalam industri minyak dan gas Saudi Arabian Oil co terdiri dari *power pack*, *control cabin*, *reel (spool)*, *gooseneck (arch guide)*, *injektor*, *stripper* dan pencegah ledakan (BOP). Perangkat pilihan *downhole* yang cocok untuk tujuan intervensi disampaikan dengan *string CT*. Pengoperasional CT pada sumur *unconventional* dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Menyesuaikan tekanan.
- Menyesuaikan rantai kepala injektor di dalam traksi berdasarkan berat CT,
- Menyesuaikan tegangan luar rantai kepala injektor berdasarkan WHP dan aliran lubang sumur,
- Berat CT akan sangat dipengaruhi oleh WHP dan aliran lubang sumur.
- Memantau dan kurangi kecepatan CT hingga 20 fpm pada pembatasan sumur (PCE, *X-tree*, *nipple*, panduan entri wireline, dll.) dan amati dengan cermat indikator berat untuk setiap tag,
- Meningkatkan kecepatan CT hingga maksimum 100-fpm
- Selama RIH, dilakukan pemantauan Bobot *Tubing Coiled* dan bandingkan bobot CT aktual versus prediksi, menyesuaikan dengan koefisien gesekan, menghentikan CT RIH dan POOH segera jika ada perbedaan abnormal.
- Pompa pada kecepatan minimum sepanjang waktu (0,5 bpm) hingga kira-kira ~ 9,642-ft (deviasi 19,63-deg)
- Lakukan uji tarik. Catat parameter bawah (tekanan sirkulasi CT pada kecepatan pompa desain).
- RIH pada kecepatan yang sesuai saat memompa TW pada 2.0 – 2.5-bpm hingga 20-ft di atas *Innovex Toe Initiator*
- Pada 20 ft di atas *Toe Initiator* (17.058-ft), lanjutkan dengan pemindahan lubang sumur dengan kecepatan setinggi mungkin sesuai

Analisa Pekerjaan Membongkar Sumbat Frac Menggunakan Coiled Tubing ada Sumur Unkonvensional (Agus Purwanto, dkk.)

THRU TUBING ASE		Customer: HALLIBURTON ENERGY SERVICE Address: P.O. BOX 3474 AL-KHOBAR 31952 KINGDOM OF SAUDI ARABIA		Lease / Field: SITE 103 Well Name / LSD: Well No. / UWI: JFLH-101001 Country / Parish: State / Province: Eastern Province Operation Type: Drill Out Composite Plug			
Tool OD (In.)	Tool ID (In.)	Tool Diagram	Length (ft.)	Description	Connection (Make-Up Torque)	Drop Ball	Part #Asset#
2.88	1.38		1.64	External Slip Type Connector 11 2.00" O.D. Coll	2-3/8" PAC Pin Dn {2,300 Ft/Lbs}		AA0068
2.88	1.00		1.44	Dual Back Pressure Valve	2-3/8" PAC Box Up {2,300 Ft/Lbs} x 2-3/8" PAC Pin Dn {2,300 Ft/Lbs}		F1842
2.88	1.00		5.68	Bowen Up/Down Jar	2-3/8" PAC Box Up {2,300 Ft/Lbs} x 2-3/8" PAC Pin Dn {2,300 Ft/Lbs}		1632990-1
2.88	0.69		2.30	Hydraulic Disconnect	2-3/8" PAC Box Up {2,300 Ft/Lbs} x 2-3/8" PAC Pin Dn {2,300 Ft/Lbs}	3/4" {0.75}	F2591
2.88	0.56		1.58	Dual Circulating Sub w/ Rupture Disc	2-3/8" PAC Box Up {2,300 Ft/Lbs} x 2-3/8" PAC Pin Dn {2,300 Ft/Lbs}	5/8" {.625}	B1211
2.88			2.24	XRV Extended Reach Tool Optimized for 2.5 BPM	2-3/8" PAC Box Up {2,300 Ft/Lbs} x 2-3/8" PAC Pin Dn {2,300 Ft/Lbs}		AA1567
2.88			13.80	Titan Supermax Motor w/ 4.7 Conventional Power Section	2-3/8" PAC Box Up {2,300 Ft/Lbs} x 2-3/8" PAC Pin Dn {2,300 Ft/Lbs}		W2789
3.65			0.95	Junk Mill	2-3/8" PAC Pin Up {2,300 Ft/Lbs}		AA0298
Overall Length:			29.63	BHA Prepared By: Abdula Al Al Ibdah		Date: 5/24/20	
Notes:							

Gambar 1.  
Spesifikasi *downhole tool* (Sumber: Halliburton. 2020)

tabel di atas. Jangan turunkan kecepatan pompa hingga kurang dari 2,5-bpm untuk membantu membawa padatan jika ada.

Kebutuhan untuk perbaikan terus-menerus pada *plug* muncul, karena kedalaman pengaturan yang meningkat; tantangan, seperti pengaturan awal

selama pemasangan; jangka waktu yang lama; dan kemampuan untuk melepaskan sumbat dengan cepat setelah stimulasi agar sumur dapat berproduksi lebih cepat. Berdasarkan hasil pengamatan penulis, aplikasi *CT* pada pengeboran minyak dan gas antara lain adalah sebagai:

1. Sarana pengantar fluida seperti semen, *acid*, *brine*, air, diesel oil, *foam*, gas nitrogen, sand, dsb.
2. Remedial/*Squeeze cementing*: penyemenan untuk memperbaiki sumur.
3. *Matrix stimulation*: stimulasi produksi hidrokarbon memakai fluida *acid*.
4. *Wellbore fill removal*: mengisi atau mengganti fluida dalam sumur.
5. *Well kick-off (nitrogen lifting)*: menstimulasi fluida formasi untuk berproduksi dengan cara mengisi sumur dengan fluida ringan (fluida bercampur gas nitrogen).
6. *Tubing/well clean-up (CoilCLEAN\*)*: membersihkan tubing dan/atau sumur dari *deposit scale*, pasir, dsb.
7. *Gravel pack* untuk *sand-control*: menggunakan CT untuk memompa pasir ke dalam sumur (Rangkuman Diskusi *Mailing List Migas Indonesia* (Mei 2003).

Kelebihan memakai CT sebagai pengantar fluida antara lain adalah:

1. Sirkulasi fluida secara kontinyu.
2. Tubing yg dapat bebas bergerak naik-turun pada saat operasi *treatment*. Ujung tubing dapat dipasang suatu alat khusus yg dapat bebas berputar 360°.
3. Akurasi titik kedalaman untuk penempatan fluida di dalam sumur.
4. Tidak perlu mengeluarkan *completion* atau rangkaian *productions strings* dari dalam sumur.

Spesifikasi material CT:

1. Tahan terhadap H<sub>2</sub>S.
2. Kuat menahan beban tarik dan tekan (*burst and collapse pressure*).
3. Resistan terhadap korosi dan erosi.
4. Harus liat (*ductile*) agar bisa digulung dan bisa keluar-masuk "*injector-head*".
5. Dapat dilas.
6. Resistan tinggi terhadap *fatigue*.
7. Punya nilai ekonomis, karena umurnya yg terbatas dan harus diganti tiap

periode tertentu.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dijelaskan bahwa CT adalah suatu alat yang digunakan pada beberapa jenis pekerjaan di sumur minyak dan gas. Fungsi dari *coiled tubing* ini adalah untuk mengantarkan peralatan mekanis, sensor, atau cairan kimia dari permukaan ke dalam sumur. Di lapangan sumur *unconventional* Aramco Saudi Arabia tepatnya di gunung Tuwaiq field Humayyimah dan Jafrah, Aramco Saudi Arabia atau *Saudi Arabian Oil co* menggunakan CT Berdasarkan fungsi dari peralatan tersebut. parameter kedalaman dan kecepatan menjadi penting untuk diketahui dalam proses pekerjaannya. Pada umumnya banyak perusahaan yang masih menggunakan *depth counter* secara konvensional (tidak otomatis). Walaupun ada beberapa perusahaan yang sudah menggunakan *depth counter digital*. Tetapi *depth counter digital* yang digunakan Saudi Arabian Oil co tersebut bisa membaca kecepatan dan kedalaman, tidak dilengkapi dengan sistem peringatan kecepatan, dan kedalaman disaat mencapai target.

#### ***Milling frac plug menggunakan coil tubing pada sumur unconventional***

Pada *unconventional Reservoirs*, pemboran dilakukan secara langsung ke *source rock*, sementara *conventional Reservoirs*, pemboran dilakukan di *reservoir* migasnya. Pada proses produksi minyak, diketahui tekanan dan temperatur operasi, panjang CT, dan jenis *fluid* yang digunakan selama operasi sangat penting untuk diketahui. Berikut ini adalah kesimpulan dari hasil operasi penggunaan CT. Operasi *milling frac plug* menggunakan *coil tubing* dalam penelitian ini dilakukan pada dua sumur *unconventional* yaitu sumur Jafrah dan Humayyimah Saudi Arabia. Keterangan yang diperoleh menjelaskan bahwa kedua sumur menggunakan panjang CT yang berbeda. Pada sumur JFLH panjang CT yaitu 44.048 *ft* sedangkan pada sumur HMYM 23.525 *ft*. namun kedalaman sumur hampir sama yaitu pada sumur Jafrah 19.850 *ft* dan Humayyimah 16.995 *ft*.

Perbedaan jumlah jam operasi memiliki selisih yang tinggi dengan alasan pada sumur Humayyimah selama 41 jam digunakan untuk menunggu keputusan Aramco setelah menyelesaikan tes tekanan terakhir.

Dari aspek tekanan pada masing-masing sumur hampir memiliki kesamaan, yaitu pada sumur Jafrah 9.070 *psi* dan sumur Humayyimah 9.500 *psi*, demikian juga penggunaan *liquid*, jika pada sumur Jafrah menggunakan kecepatan pompa sebesar 2.2 bpm maka di sumur Humayyimah 2.4 bpm. *Milling frac plug* menggunakan *coil tubing* pada sumur *unconventional* terutama dianalisis dari pengelolaan batas operasi dan tegangan pada tali *CT*, artinya batas tegangan tali *CT* adalah perhatian utama selama melaksanakan pekerjaan. Faktor ini terus dipantau untuk memastikan tabung koil dioperasikan dalam batas kerja yang aman. Faktor tegangan maksimum dan akumulasi *milling* menggunakan *CT* selama melakukan pekerjaan tidak melebihi batas. Berikut ini adalah keterangan *CT* yang digunakan pada sumur unkonvensional. Spesifikasi *CT* yang digunakan pada pekerjaan dapat dilihat pada tabel 1.

Berikut ini adalah ringkasan dari urutan akhir operasi pemboran *unconventional reservoir* dengan menggunakan *CT* yang dilakukan pada sumur HMYM-430212 diuraikan di bawah ini.

Tabel 1.  
Data *coiled tubing* pada operasi  
(Sumber: Halliburton. 2020)

<i>String Length</i>	20205	20205	<i>ft</i>
<i>String OD</i>	2.000	2.000	in
<i>Max Fatigue</i>	63.9	60.27	%
<i>Average Fatigue</i>	34.8	28.09	%
<i>ManufaCTure String ID</i>	38865	38865	
<i>Material Type</i>	BlueCoilHT-95	BlueCoilHT-95	
<i>Total Running Length</i>	239126.26	239126.26	<i>ft</i>
<i>Site</i>	Saudi Arabia	Saudi Arabia	401

- Persiapan dan mobilisasi *HPCT* dan *Pumping Unit 2*
- Unit dan peralatan *HPCT* terlihat di lokasi dan dipasang
- Peralatan dan saluran pompa dipasang dan diuji tekanannya
- Uji tarik dan uji tekanan konektor *string CT* masing-masing ke 30.000 lbf, 9.500 *psi*.
- *Drift CT string* dengan bola baja 3/4" sesuai rencana.

- Peralatan kontrol sumur uji tekanan hingga 9.500 *psi*.
- *Make up* dan uji fungsi *BHA milling* yang terdiri dari: Konektor slip eksternal *CT* 2-7/8", Katup tekanan balik ganda 2-7/8", Stoples atas/bawah 2-7/8", 2-7/ Pemutus Hidraulik 8", Sub sirkulasi ganda, Alat Jangkauan Perpanjangan *XRV* 2-7/8", *Titan Supermax* 2-7/8", Pabrik Sampah 4,38".
- Campurkan/siapkan cairan perawatan: Air Tawar, Air Minum, 30# *Gel*.
- Tumpukan kepala sumur uji tekanan dan katup periksa *MHA* masing-masing ke 9.500 *psi* dan 3.000 *psi*.
- Rapat operasional dan keselamatan pra-pekerjaan dengan semua personel yang terlibat.
- *HPCT* melakukan pengolahan *milling*.
- *Rig down* dan *demobilisasi* peralatan *CT*

Setelah menjalani prosedur pengenalan keselamatan ke lokasi dan mengkonfirmasi prosedur pemasangan (dalam hal ini adalah perwakilan dari perusahaan Aramco) langkah dilakukan dengan mobilisasi unit 2" *HPCT* dan peralatan tambahan di lokasi dan memulai operasi pemasangan. Operator pompa memasang peralatan pompa, termasuk saluran perawatan tekanan tinggi ke gulungan *CT* dan tumpukan *PCE*. Peralatan kontrol sumur dan saluran perawatan diuji tekanan hingga 9.500 *psi*.

Pemboran *unconventional reservoir* dgn menggunakan *CT* dilakukan selanjutnya dengan menyamakan tekanan di seluruh *master valve* sebelum sumur dibuka hingga 6.000 *psi*. *CT* memulai *RIH* perlahan melalui perhiasan kepala sumur dan kemudian meningkatkan kecepatan pada kedalaman yang aman. Selama *RIH*, uji tarik dilakukan setelah setiap 1.000 kaki dan sirkulasi putus dilakukan dengan memompa 2 bbl air yang diolah. Setelah mendekati 5.000 kaki, *choke* dibuka pada ukuran 14/64" dan air olahan dipompa terus menerus pada 1,3 *BPM*. *Choke* secara bertahap *di-bean-up* hingga 18/64" sementara *CT* dijalankan di lubang hingga kedalaman vertikal 9.378 *ft*. Ketika *CT* mencapai 9.378 *ft*, *choke* *di-bean-up* hingga 20/64" dan kecepatan pompa ditingkatkan menjadi 2 *bpm*. Perkiraan tingkat pengembalian di permukaan dihitung dengan menguji *scan man* dan tingkat pengembalian adalah 2,6 *bpm*. *WHP* stabil pada

5.340 *psi* ketika kecepatan pompa *CT* ditingkatkan menjadi 2,3 bpm. *CT* melanjutkan *RIH* ketika semua parameter baik untuk operasi *milling*.

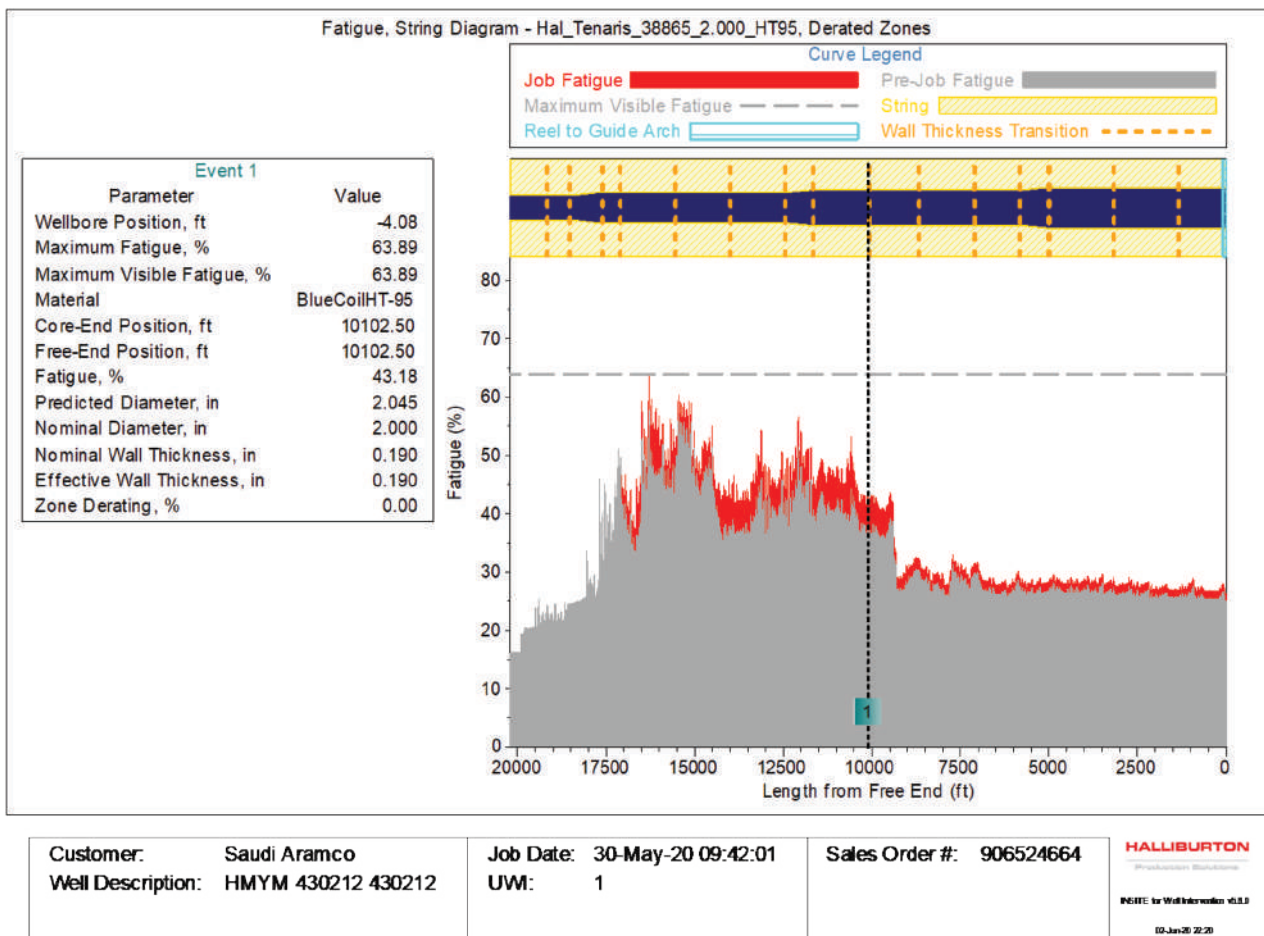
*CT* melanjutkan *RIH* dengan kecepatan 20 *ft/min*, dan pada kedalaman 10.625 *ft*, *CT* mengamati peningkatan cepat pada tekanan sirkulasi *CT* dan penurunan berat badan. Pompa dihentikan dan *CT* diangkat 25 *ft*. Setelah *CT* diangkat, laju pompa *CT* ditetapkan lagi untuk melewati *HUD* terakhir. Setelah 4 kali percobaan, *CT* dapat melewati batasan terakhir dan memompa 2 kali 20 bbl *gel* untuk memastikan semua kotoran terangkat ke permukaan. Setelah melewati restriksi, *CT* melanjutkan *RIH* ke kedalaman plug pertama yaitu 11.624 *ft*. *CT* berhasil menggeser *plug* #1, #7, #9 tanpa indikasi *milling*.

Ketika *CT* mencapai bagian bawah bagian vertikal, *CT* dihentikan dan 30 bbl *gel* diikuti dengan air yang diolah dipompa untuk *bottom up* terakhir. Ketika pengembalian bersih diamati, *choke* diturunkan secara bertahap ke 18/64” dan akhirnya

sumur ditutup. Selama *POOH* ke permukaan, 4 bbl air yang diolah dipompa setiap 1.000 kaki.

Setelah *CT* di permukaan, kru *CT* dan *Pumping* memulai kegiatan *rig down* yang diakhiri dengan mobilisasi peralatan ke dekat sumur. Penangkap puing-puing sering disiram dan diambil total sekitar 22 kg selama intervensi penggilingan secara keseluruhan.

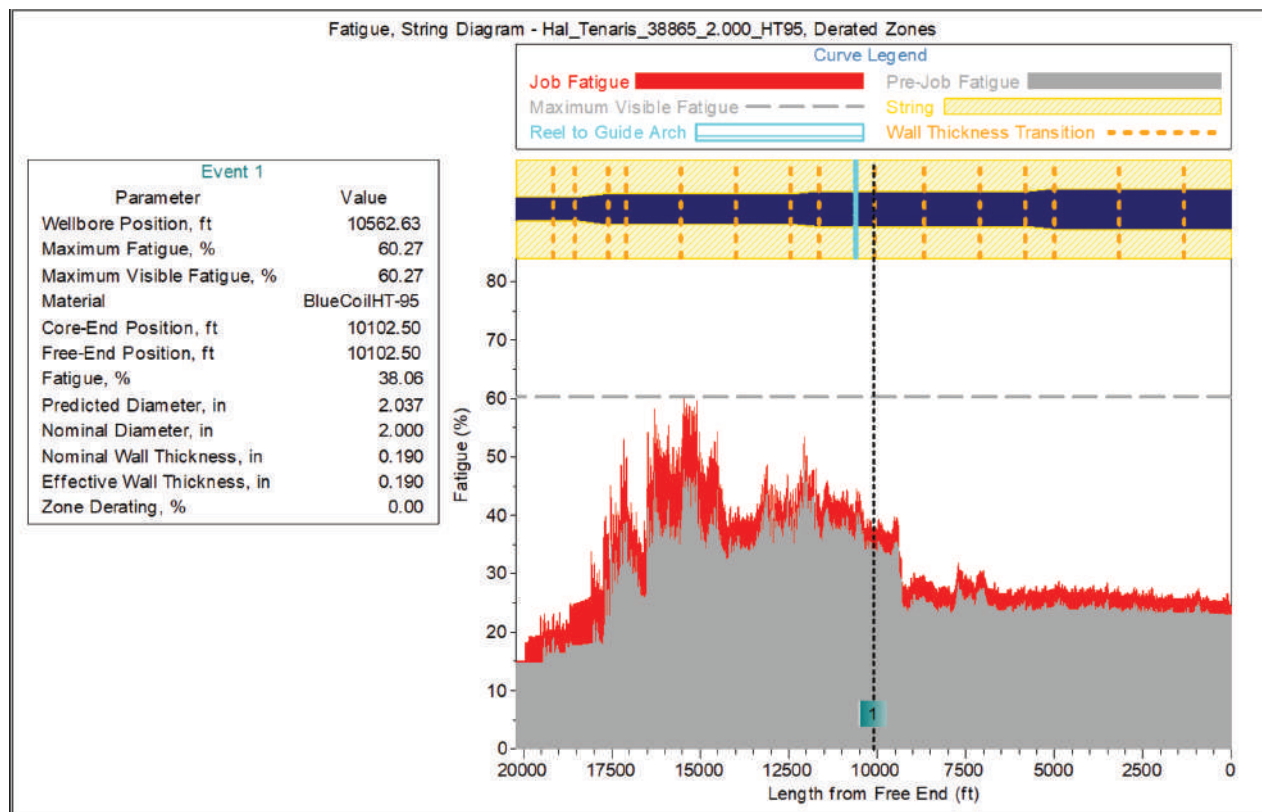
Berdasarkan data yang diperoleh, pada sumur Humayyimah, ketika *CT* telah berada pada kedalaman 0 *ft*, *CT string* memiliki kelelahan sebesar 43.18%. sedangkan pada sumur Jafilah, dengan kedalaman 10562.63, *CT string* berada pada tingkat kelelahan sebesar 38.06%. artinya, semakin dangkal pengeboran, semakin tinggi batas kemampuan *CT*, dengan demikian pada kedalaman lebih dari 1000 *feet*, *CT* hanya memiliki tingkat lelah sebesar 38.06 lebih rendah dibanding kedalaman 0 *ft*. Rekaman tingkat *fatigue* *CT* secara detail di sumur HMYM dapat dilihat pada gambar 2.



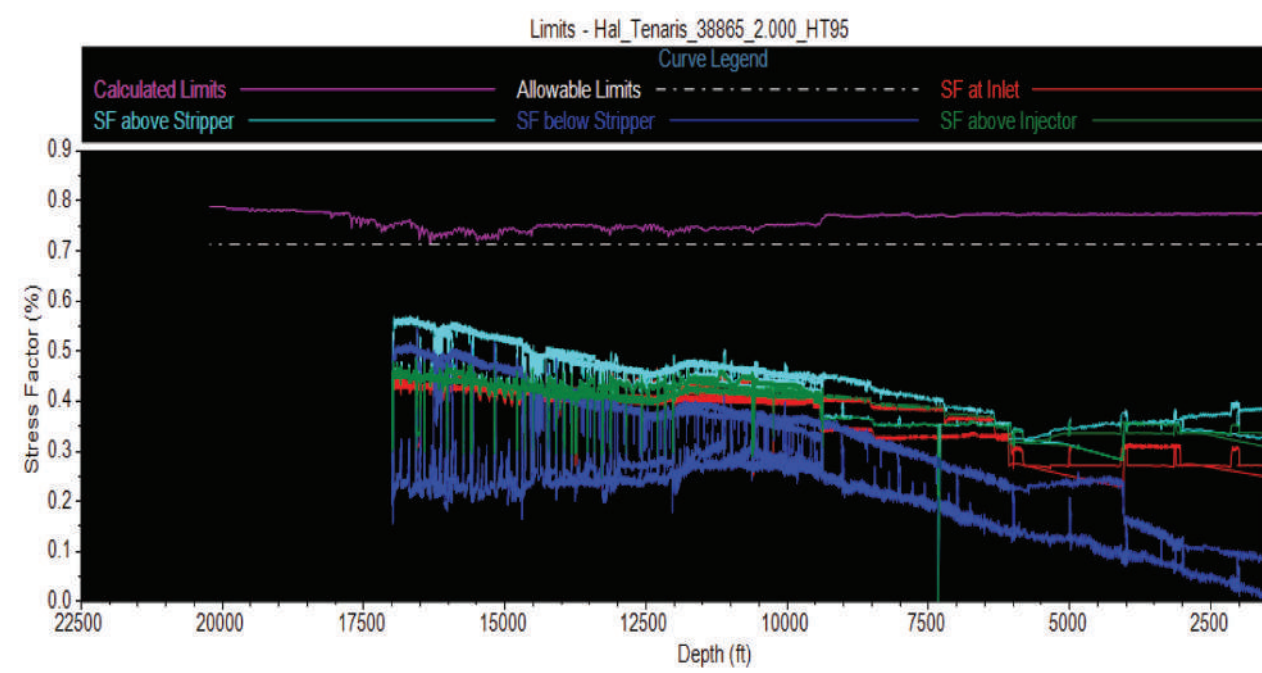
Gambar 2.  
Fatigue *CT* pada sumur HMYM (Sumber: Halliburton. 2020)



Analisa Pekerjaan Membongkar Sumbat Frac Menggunakan Coiled Tubing ada Sumur Unkonvensional (Agus Purwanto, dkk.)



Gambar 3. Fatigue CT pada sumur JFLH (Sumber: Halliburton. 2020)



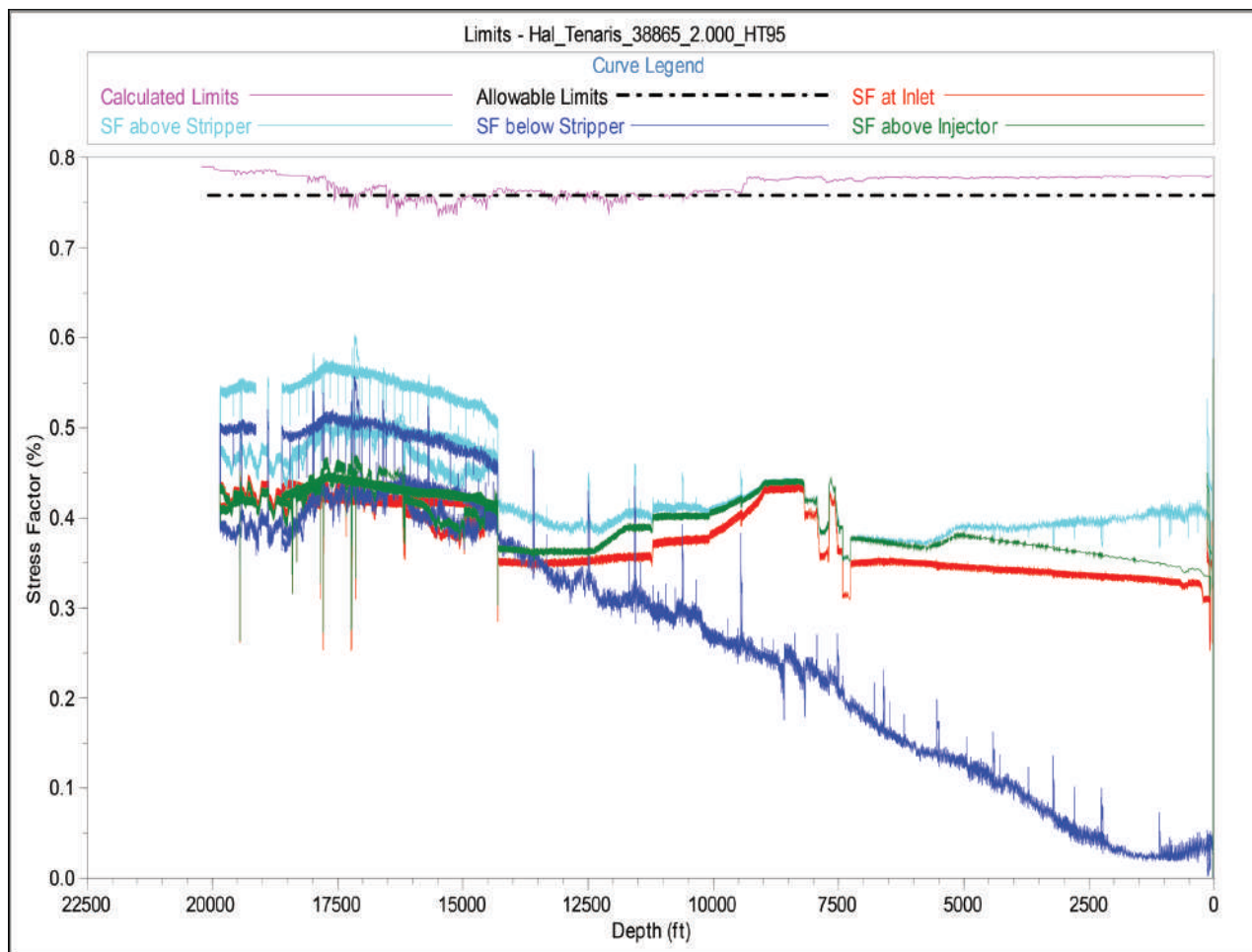
Gambar 4. Stress limit CT pada sumur JFLH (Sumber: Halliburton. 2020)

Faktor tekanan dalam pengeboran terus dipantau untuk memastikan pipa melingkar dioperasikan dalam batas kerja yang aman. Langkah-langkah diambil untuk membatasi tegangan yang ditempatkan pada tali dan kelelahan yang dihasilkan. Sebagai contoh, plot di bawah ini sesuai dengan faktor tegangan yang diamati selama operasi, di mana batas tidak pernah dilampaui pada sumur HMYM dan intervensi selalu dilakukan dalam kapasitas pipa.

Sedikit berbeda pada sumur JFLH (Gambar 3), dimana limit terlampaui dengan kedalaman maksimal 19,850 *ft*, artinya pada sumur HMYM

masih pada batas 16,995 *ft*. walaupun *stress limit* lebih tinggi pada sumur JFLH, namun operasi *CT* berjalan dengan baik. Kesimpulan yang diperoleh adalah kedalaman yang direncanakan memenuhi target kedalaman.

Setelah *CT* mencapai akhir kedalaman vertikal 9.652 *ft*, kecepatan pompa ditingkatkan sesuai rekomendasi *tool man, choke di-bean up* hingga 20/64". Tingkat pengembalian diperkirakan di permukaan adalah 2,5 bpm. *CT* lanjutkan ke *RIH* dengan kecepatan 20 *ft/mnt* untuk mengaktifkan steker pertama.



Gambar 5.  
Stress limit *CT* pada sumur HMYM (Sumber: Halliburton. 2020)

Pada gambar 4. Berkaitan dengan *stress factor* (SF) sumur JFLH masih dalam posisi normal yaitu belum melewati angka 0.8. demikian halnya dengan sumur HMYM (gambar 5). Namun dari segi kedalaman pengeboran, sumur HMYM sudah mencapai kedalaman lebih dari 17500 *ft*, sedangkan sumur JFLH belum mencapai kedalaman tersebut.

Berbeda pula dengan sumur HMYM, jika pada sumur JFLH masih belum melewati *limit stress*, maka pada sumur HMYM dianggap telah melewati limit yang disarankan. Artinya, *stress factor* pada sumur HMYM masih dalam tahap aman, namun *limit stress* sudah terlampaui. Hal ini menjelaskan bahwa pelaksanaan operasi *milling* dengan memperhatikan

aspek tujuan dan batasan (*CT stress factor is below 0.8 max allowable limit*) diambil untuk membatasi *stress* pada *CT* dan kelelahan yang dihasilkan. Faktor tegangan maksimum dan akumulasi kelelahan *CT* yang dialami selama pengeboran tidak boleh melebihi batas.

Proses pemboran pada *unconventional* reservoir dengan menggunakan *CT* dilakukan dengan menentukan tekanan terlebih dahulu. Tekanan disamakan di seluruh *master valve* sebelum sumur dibuka hingga 6.000 *psi*. *CT* memulai *RIH* perlahan melalui perhiasan kepala sumur dan kemudian meningkatkan kecepatan pada kedalaman yang aman. Selama *RIH*, uji tarik dilakukan setelah setiap 1.000 kaki dan sirkulasi dilakukan dengan cara memompa 2 bbl air yang diolah. Setelah mendekati 5.000 kaki, *choke* dibuka pada ukuran 14/64" dan air olahan dipompa terus menerus pada 1,3 *BPM*. *Choke* secara bertahap di-*bean up* hingga 18/64" sementara *CT* dijalankan di lubang hingga kedalaman vertikal 9.378 ft. Ketika *CT* mencapai 9.378 ft, *choke* di-*bean up* hingga 20/64" dan kecepatan pompa ditingkatkan menjadi 2 *bpm*. Perkiraan tingkat pengembalian di permukaan dihitung dengan menguji *scan man* dan tingkat pengembalian adalah 2,6 *bpm*. *WHP* stabil pada 5.340 *psi* ketika kecepatan pompa *CT* ditingkatkan menjadi 2,3 *bpm*. *CT* melanjutkan *RIH* ketika semua parameter baik untuk operasi *milling*.

Kesimpulan dari kedua operasi *CT* di atas menjelaskan bahwa tekanan pada tiap unit dan bagian yang berhubungan pada proses operasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penurunan dan kenaikan tekanan yang terjadi selama operasi berlangsung, dan kemampuan suatu sumur untuk berproduksi yang dikaitkan dengan panjang *CT* yang digunakan. Selain itu, tekanan dan temperature erat kaitannya dengan pembentukan deposit-deposit organik pada pipa-pipa *CT*. Sehingga dengan informasi tekanan dan temperatur tersebut dapat diketahui kecenderungan *CT* beroperasi, mulai dari awal operasi (*near wellbore*) hingga *flowline*.

Operasi *CT* adalah bagian penting yang mempunyai fungsi untuk menyelesaikan proses pengeboran suatu sumur. Pemanfaatan peralatan *CT* ini memungkinkan sumur untuk dibersihkan tanpa harus mematikan sumur yang bisa berpotensi dapat merusak perawatan yang baru dilakukan pada sumur. Operasi pembersihan ini dianggap menjadi mahal dan membutuhkan waktu yang lebih lama serta operasional yang lebih rumit. Berbeda halnya dalam *fracturing* multi-tahap bergeser dari sumur

*vertical* ke sumur horizontal, dan ketika sumur horizontal menjadi lebih panjang dengan jarak tahap yang lebih ketat untuk mengakses lebih banyak reservoir, operasi stimulasi menjadi lebih memakan waktu dan kompleks. Ini membawa risiko masalah yang lebih tinggi artinya, *CT* menjadi jawaban dari permasalahan tersebut.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan untuk menjawab rumusan permasalahan penelitian yaitu sebagai berikut:

- Teknik penggunaan *coil tubing* pada sumur *unconventional* dilakukan dengan prosedur menyesuaikan tekanan, menyesuaikan rantai kepala injektor di dalam traksi berdasarkan berat *CT*, menyesuaikan tegangan luar rantai kepala injektor berdasarkan *WHP* dan aliran lubang sumur, memantau dan kurangi kecepatan *CT*, melakukan pemompaan, melakukan uji tarik.
- Berdasarkan data yang diperoleh *milling frac plug* menggunakan *coil tubing* pada sumur *unconventional*, ketika *CT* telah berada pada kedalaman 0 dari batas *CT* string memiliki kelelahan sebesar 43.18%. sedangkan pada kedalaman 10562.63, *CT* string berada pada tingkat kelelahan sebesar 38.06%. hal ini mempunyai arti yaitu semakin dangkal pengeboran suatu sumur, semakin tinggi batas kemampuan peralatan *CT*. Dengan demikian pada kedalaman lebih dari 1000 *feet*, *CT* hanya memiliki tingkat lelah sebesar 38.06 lebih rendah dibanding kedalaman 0 *ft*. Kesimpulan dari kedua operasi *CT* di atas menjelaskan bahwa tekanan pada tiap unit dan bagian yang berhubungan pada proses operasi sangat penting untuk diperhatikan karena ini berfungsi untuk mengetahui seberapa besar penurunan dan kenaikan tekanan yang terjadi, dan kemampuan suatu sumur untuk berproduksi yang dikaitkan dengan panjang *CT* yang digunakan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami tujukan kepada Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau yang merupakan tempat menimba ilmu penulis, dan Halliburton Saudi Arabia selaku tempat penulis

bekerja dan mendapatkan data-data untuk penulisan jurnal ini.

#### DAFTAR ISTILAH / SINGKATAN

Simbol	Keterangan	Satuan
BOP	Blow Out Preventer	
BPM	Barrel Per Minutes	Bpm
CT	Coiled Tubing	
GC	Gauge Cutter	
HMYM	Hummayimah	
JFLH	Jaflah	
MCC	Mesoscale convective complex	
MD	Measured depth	Ft
PBTD	Plug Bottom Total Depth	Ft
PCE	Pressure Control Equipment	
PCF	Pound cubic feet	pcf
PDC	Polycrystalline Diamond Compact	
POOH	Pull Out Of Hole	
RIH	Run in Hole	
ROP	Rate of Penetration	fpm
TVD	True Vertical Depth	Ft
Toe Initiator	Bagian yang dapat menghubungkan bagian dalam string dan luar string	
X-Tree	Christmas Tree	
WHP	Well Head Pressure	Psi

#### KEPUSTAKAAN

**Admulyadi.** (2016). *Teknik Pemboran Minyak dan Gas*. Medan: PPPPK Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

**Alimsyah, dan Davin.** (2020). Alat Pengukur Panjang Pipa Pada Pekerjaan Sumur Minyak Dan Gas Berbasis Mikrokontroler. *Sinusoida*, XXII(3).

**Bruseth, E., dan Shaffer, M.** (2020). Improving efficiency is driving a new generation of frac plugs. *Worldoil*, 241(1).

**Khan, A., dan Raza, M. T.** (2015). Coiled Tub-

ing Acidizing: An Innovative Well Intervention for Production Optimization. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, Vol 4(No 6).

**Nunez;, A. J., Makawi, E. S., Carlos, C. J., Al, H. A. S., Al, K. A. M., Yousif, E., Sami.** (2020). Frac Plugs Milling Optimization in Depleted Gas Wells, from Learnings to Well Delivery Enhancement. *SPE-202910-MS*. Abu Dhabi, UAE.

**Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral.** Tata Cara Penetapan Dan Penawaran Wilayah Kerja Minyak Dan Gas Bumi Non Konvensional. , (2012).

**Rowley, J., dan Slack, F.** (2004). *ConduCTing a literature review*. Management research news.

**Stevens, R.** (2017). Why A Milling Monitoring Tool Is A Good Friend To Have On Plug Mill-Out Operations. Retrieved March 15, 2021, from 5th July 2017 website: <https://www.antech.co.uk/why-a-milling-monitoring-tool-is-a-good-friend-to-have-on-plug-mill-out-operations.html>

**Teguh, P., dan Ali, M.** (2020). *Frac Plugs Milling with 2" HPCT*. Saudi Arabia: Halloburton.

**Zanellato, G., Szklarz, J. M., Pach, E., dan Nebiolo, M.** (2017). FraCTuring Plugs Drillout Experiences in Unconventional Applications. *SPE-184765-MS*. Society of Petroleum Engineers.