

Evaluasi Rigless Plug & Abandonment: Sebuah Studi Kasus

Cindy Clara Afrisca¹, GR Darmawan²

ABSTRAK

Minyak dieksplorasi dan ditemukan oleh ahli geologi Royal Dutch (Shell Group) pada awal tahun 1900. Dan semenjak kemerdekaan Indonesia, perkembangan proyek minyak dan gas mampu menempatkan Indonesia sebagai salah satu negara pengekspor minyak utama dengan produksi harian di atas 1 Juta barel per hari pada tahun 1970 - 1990. Seiring dengan bertambahnya usia lapangan, beberapa diantaranya telah berakhir siklus hidupnya, dimana hampir 70% sebagian besar dari total sumur minyak tua di Indonesia tidak akan memiliki nilai ekonomis dan harus di Plug and Abandonment (P&A) secara permanen sebagaimana yang telah diatur oleh pemerintah. Ini merupakan bagian dari decommissioning seluruh field beserta pelestarian lingkungan pasca operasi yang disebut Abandonment and Site Restoration (ASR).

Karena P&A akan memengaruhi investasi perusahaan yang beroperasi, sebagaimana diuraikan dalam Peraturan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 15 Tahun 2008, maka operasi P&A yang efisien harus dievaluasi untuk memastikan perencanaan dan pelaksanaan yang tepat. Subjek evaluasi adalah sumur X Lapangan Y yang terletak di onshore, Jawa barat, Indonesia. Operasi P&A dengan beberapa plug semen sebagai penghalang untuk memastikan tidak ada perpindahan fluida dari satu formasi ke formasi lain, atau ke permukaan.

Evaluasi antara workover rig dan rigless P&A operation dengan coiled tubing unit (CTU) dan electric line (E-line) akan dipaparkan dalam study ini untuk menilai expenditures dan evaluasi atas capaian hasil yang telah distandarisasi oleh pemerintah sesuai standar perusahaan yang beroperasi. Hasil menunjukkan bahwa rigless operation menggunakan CTU adalah solusi yang lebih tepat, yang mengarah pada operasi yang hemat biaya. Rigless operation menggunakan CTU dapat menghemat 27% biaya operasi P&A meskipun dengan waktu operasi yang lebih lama.

Kata kunci: P&A, rigless well abandonment, barriers, CTU, workover rig

ABSTRACT

Oil was explored and found by Royal Dutch (Shell Group) geologist in early 1900. And since Indonesia's independence, development in oil and gas projects was able to put Indonesia as one of major oil exporter country with daily production above 1 Million barrel per day in 1970 – 1990. With time as fields become mature, some of the fields have come to the end of its life cycle, where mostly 70% of Indonesia total old oil wells will have no economic value and has to be permanently

1 Direktorat Penilaian DJKN Kementerian Keuangan, Jakarta, Indonesia

2 Teknik Perminyakan, Institut Teknologi Sains Bandung, Bandung, Indonesia

Plug and Abandonment (P&A) as ruled by the government. It's part of decommissioning an entire field with environmental preservation which called Abandonment and Site Restoration (ASR).

As P&A will impact operating company investment as outlined in Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM) No. 15, 2008, efficient P&A operation should be evaluated to ensure proper planning and executions. The subject of evaluation is X well located onshore at Y Field, Java, Indonesia. P&A operation with multiple cements plugs as barriers to ensure no fluids migrations from one formation to others, or to surface.

Evaluation between workover rig and rigless P&A operation with coiled tubing unit (CTU) and electric line (E-line) will be presented in this paper to value the expenditures and achieving the result as standardize by the government with accordance of operating company standard. Results show that rigless operation with CTU is the preferable solution, which lead to cost effective operation. Rigless operation with CTU saves 27% of P&A operations even tough with longer operation days.

Keywords: *P&A, rigless well abandonment, barriers, CTU, workover rig*

PENDAHULUAN

Hampir 70% sumur minyak di Indonesia akan memasuki masa akhir dari *well life cycle*, dikarenakan banyak lapangan yang sudah tua dan sudah tidak ekonomis untuk diproduksi, sehingga harus dilakukan operasi *plug and abandon* (P&A) sesuai dengan peraturan yang berlaku, dimana biaya dari operasi P&A adalah beban dari *operating company*. Oleh karena itu *operating company* berusaha untuk melakukan penelitian tentang topik ini agar operasi P&A dapat dilakukan secara ekonomis namun tetap memenuhi kaidah *safety*, standar perusahaan dan peraturan negara. Semakin tua suatu lapangan migas, umumnya akan terjadi peningkatan kepadatan penduduk disekitar lokasi sumur, semakin sulitnya akses ke lokasi sumur yang semakin padat, dan semakin terbatasnya *buffer zone* di sekitar lokasi sumur, dan lainnya. Berbagai hal tersebut menambah kompleksitas operasi sumur, kerja ulang (Haris, A., et al, 2012) dan tentunya *abandonment* pada akhir usia sumur.

Seperti dijelaskan dalam abstrak, sumur-sumur yang telah memasuki masa akhir dari *well life cycle* harus dilakukan kegiatan P&A sesuai dengan Peraturan Menteri ESDM No.

15 Tahun 2018 sebagai bagian dari ASR. Metoda yang digunakan untuk kegiatan P&A adalah dengan menggunakan *mechanical plug* (*bridge plug, tubing plug, dll*) dan *cement plug* dengan ketinggian tertentu sesuai yang diatur dalam SNI 13-6910-2002, 2002, "*Drilling Operation for Safe Conduct of Onshore and Offshore In Indonesia-Implementation*" "Operasi pemboran darat dan lepas pantai yang aman di Indonesia - Pelaksanaan". *Casing/tubing* dapat dipotong atau dapat ditinggalkan selama *cement plug* atau *mechanical plug* telah terverifikasi sebagai *barrier*.

Barriers tersebut diletakkan untuk memastikan tidak adanya aliran fluida reservoir baik dari formasi yang satu ke formasi yang lain atau ke permukaan. Proses *wait on cement* (WOC) perlu dilakukan sesuai dengan desain *thickening time slurry cement*, kemudian di verifikasi dengan diberikan beban sebesar 15 Klbs dan dilanjutkan dengan *positive pressure test cement plug* minimal 1000 psi serta *negative test*. Ketinggian kolom semen sebagai sebuah *barrier* minimal 30 meter, sesuai dengan SNI. Perhitungan volume semen yang tepat, *displace* dan tinggi kolom semen harus diperhitungkan dengan cermat untuk meng-

hindari pengulangan operasi. Operasi P&A yang direncanakan merupakan gabungan antara standar operating company dan SNI.

Operasi P&A dapat dilakukan dengan menggunakan *workover rig* ataupun tanpa menggunakan rig (*rigless*) dan dapat menghasilkan kondisi *abandonment* sesuai yang dipersyaratkan. Operasi P&A dengan rig (24 jam operasi) pasti akan memerlukan *expenditures* yang lebih besar karena operasinya yang lebih kompleks, dan dengan adanya biaya mobilisasi/demobilisasi serta biaya *rig up* yang tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan studi untuk melakukan operasi P&A secara *rigless* untuk tetap mendapatkan hasil P&A sesuai yang diharapkan. Operasi *rigless* umumnya berdurasi 12 jam kerja/hari, sehingga kemungkinan besar secara hari operasi akan lebih lama namun biaya yang dikeluarkan akan relatif lebih kecil.

Proses operasi P&A *rigless* menggunakan peralatan *coiled tubing unit* (CTU) dan peralatan *electric line* (*e-line*). Gabungan keduanya selama operasi dilakukan secara simultan dan diakhiri dengan kegiatan WOC pada malam hari dimana diharapkan dengan prosedur tersebut, total waktu operasi kegiatan dapat menjadi lebih efisien sehingga memberikan nilai keekonomian yang lebih baik.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Plug dan Abandonment

Penutupan sumur (P&A) dilakukan apabila sumur dianggap sudah tidak ekonomis lagi untuk diproduksi. Cara mematikan sumur adalah dengan memberikan tekanan kedalam sumur agar tekanan yang berasal dari dalam sumur (formasi) tidak menyembur kepermukaan. P&A sumur harus dilakukan guna menciptakan *barriers* untuk mencegah kebocoran hidrokarbon dari sumur kepermukaan dan menghindari kontaminasi sumber air yang

ada di lingkungan sekitar sumur.. Terdapat beberapa *displacement method* yang sering digunakan dalam melakukan kegiatan *plug cementing*:

- 1) *Balanced Plug*
- 2) *Dump Bailer*
- 3) *Two Plug Method*
- 4) *Modified Two Plug Method*

B. Perhitungan Penyemenan

Untuk mendapatkan hasil penyemenan yang baik tidak hanya tergantung dari teknik dan peralatan yang dapat bekerja dengan baik, akan tetapi juga penting untuk dilakukan perhitungan perencanaan penyemenan secara cermat. Adapun perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Kapasitas suatu ruang yang akan di semen dan volume *annulus* harus diketahui, volume *annulus* yang akan disemen sama dengan volume *cement slurry* yang dibutuhkan. Volume bubuk semen (*V*), dalam satuan unit *barrels*, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

- Menghitung volume *slurry*

$$V(Bbls) = \frac{(D^2 - d^2) \times H}{1029.4} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

D : *outside diameter of casing (inch)*

d : *inner diameter of casing (inch)*

H : *tinggi cement plug (ft)*

Khusus untuk kondisi adanya *excess* maka perhitungan volume semen harus ditambah dengan volume semen dikalikan % *excess*.

- 2) Jumlah sak semen berbeda-beda pada setiap suspensi, tergantung dari *yield* semen yang diinginkan. Berat semen dalam satu sak umumnya adalah 94 *lb*. Sehingga

jumlah sak semen dan *yield* semen dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

- Menghitung jumlah *sack of cement*

$$\text{Sack of cement} = \frac{\text{total volume cement slurry}}{\text{cement yield}}$$

(2)

- Menghitung *yield cement slurry*
Cement yield:

$$= \text{Cement yield} \left(\frac{\text{cuft}}{\text{sacks}} \right) \\ = \frac{\text{volume cement slurry (gal/sack)}}{7.48 \left(\frac{\text{gal}}{\text{cuft}} \right)} \dots\dots (3)$$

- 3) Perhitungan volume *displacement* merupakan volume fluida pendorong yang dibutuhkan untuk mendorong suspensi semen dari dalam *casing* agar keluar ke *annulus*. Besarnya *displacement volume* merupakan volume *casing* dari permukaan sampai *collar* yang merupakan alat penghubung khusus dilengkapi dengan *check valve* terpasang di dekat bagian bawah *casing string* untuk memungkinkan fluida lewat ke bawah tetapi tidak ke atas melewati *casing*, dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Volume displacement (bbls)} = \\ \text{Kapasitas casing (bbl/ft) x kedalaman float collar (ft)} \dots\dots\dots(4)$$

- 4) Menghitung volume *spacer*
Volume (bbls) = *length of spacer ahead x volume tubing (bbl/ft)* \dots\dots\dots(5)

- 5) Menghitung volume *mixing water*
Volume (gallons) = *total cement (sack) x mix water (GPS)* \dots\dots\dots(6)

- 6) Menghitung *total mixing slurry*
= *Total mixing slurry (GPS)*
= $V_{\text{water}} + V_{\text{additive}}$ \dots\dots\dots (7)

C. Ketentuan *Well Plugging* dalam Proses *Abandonment* Sumur

Berdasarkan SNI No. 13-6910-2002, bab 6.10, *Abandonment of Wells*, disampaikan syarat-syarat penyelesaian isolasi sumur, sebagai berikut:

1. Isolasi perforasi :
 - *Cement plug* dengan *squeeze* ditempatkan didepan perforasi dengan interval 30 meter (m) dari puncak perforasi dan perforasi terdalam.
 - Dapat menggunakan mekanikal *plug* dan *cement plug* di atasnya dengan interval 30 m diatas puncak perforasi.
2. Jika dilakukan pemotongan *casing*:
Cement plug dengan interval 30 m diatas dan dibawah *casing* yang dipotong.
3. *Surface plug*:
Cement plug dengan interval minimal 45 m.
4. *Testing of plugs*:
Berikan beban 15 Klbs dan *pressure test* 1000 psi/15 menit.

Sedangkan standar *operating company* sebagai berikut :

- Sama dengan SNI diatas, namun ada beberapa penambahan untuk memastikan operasi P&A yang *sustain* untuk memastikan tidak ada isu *liability* setelah *operating company* mengembalikan lapangan tersebut ke negara.
- *Cement plug* pada *top of liner* dengan interval 30 m.
- *Cement plug* setiap 700 m kedalaman sampai dengan permukaan dengan interval 30 m.

D. Rigless Well Abandonment

Secara konvensional, operasi P&A sumur umumnya menggunakan *workover rig*. *Rig* adalah suatu instalasi peralatan yang memiliki struktur relatif besar dengan biaya penyewaan yang mahal dibandingkan peralatan lainnya yang terlibat dalam pengeboran dan penyelesaian sumur. Sampai tahun 1980 *rig* juga hampir selalu digunakan untuk *plug* dan *abandonment* sumur. Biaya *plug* dan *abandonment* sumur menjadi perhatian operator sehingga mulailah dicari metoda yang lebih murah. Seiring perkembangan zaman dan teknologi, ditemukan cara untuk melakukan operasi P&A tanpa menggunakan *rig* (*rigless*). *Cooled Tubing Unit* (CTU) merupakan salah satu komponen pengganti *rig* dalam kegiatan P&A sumur. CTU adalah suatu pipa *tubing* yang dapat digulung dan bersifat plastik, terbuat dari bahan baja yang tidak tersambung, dengan diameter berkisar antara 1-5 *inch*, tebal 0,067 - 0,25 *inch*. Komponen-komponen CTU telah dikembangkan untuk dapat menggantikan atau menutupi kelemahan teknologi konvensional *rig* yang sudah ada.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi literatur mengenai teori yang berkaitan dengan P&A menggunakan *cement plug*, mekanikal *plug*, standar P&A *operating company*, standar P&A yang berlaku di Indonesia, dan *rigless* P&A dengan CTU. Kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data, pengolahan data dan evaluasi data. Beberapa asumsi yang digunakan dalam penelitian yaitu:

- Sumur dalam keadaan normal, tidak ada kebocoran di *annulus casing*.
- Tekanan *annuli 0 psi*.
- *Workover rig* 550 HP
- Penggunaan CTU dan *E-line* untuk *rigless*

- Penggunaan Semen *non-shrinkage* (*expandable*) pada kedua desain.
- *Tubing* produksi beserta peralatan kompleksi ditinggalkan disumur untuk desain *rigless*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

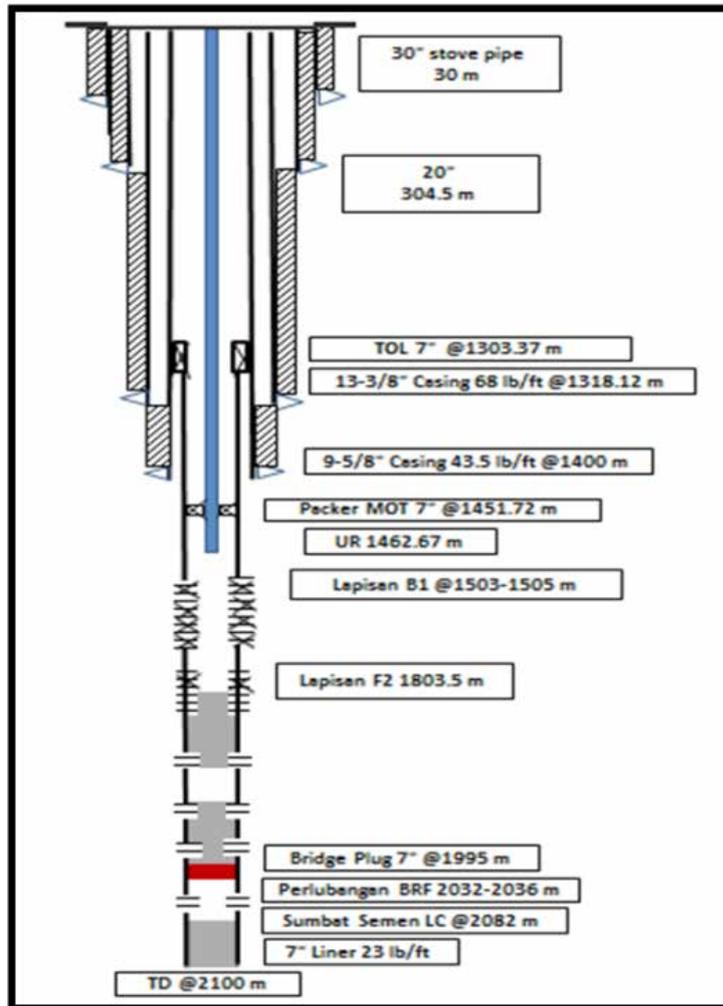
Data penelitian dalam studi ini diperoleh dari Sumur X yang merupakan sumur pada Lapangan Y yang terletak di Jawa dan sekitar jalur pantai utara Jawa. Lapangan Y memiliki 117 sumur sampai dengan tahun 2017. Data yang tersedia untuk digunakan studi kasus ini adalah: skematik sumur, komposisi *cement slurry* (*non-shrinkage*), waktu operasi P&A dengan menggunakan *workover rig* beserta biaya. Data-data tersebut akan digunakan dalam menganalisis dan membandingkan hasil P&A menggunakan *workover rig* dan CTU.

Sumur X sebagai contoh salah satu sumur pada lapangan Y merupakan sumur produksi gas dengan sebagian besar fluida yang terproduksi adalah air. Hal tersebut mengakibatkan laju produksi gas semakin menurun dan sumur menjadi tidak ekonomis untuk diproduksi sehingga akan dilakukan P&A pada sumur X. Proses P&A dilakukan dengan dua metode berbeda, yang pertama adalah *abandonment* menggunakan *workover rig*, dan yang kedua *abandonment* secara *rigless*. Skematik dari sumur X seperti pada gambar 1.

Desain operasi P&A secara *rigless* dengan CTU tidak akan mengangkat *tubing string* dan peralatan kompleksi yang ada. Hal ini mengakibatkan kemungkinan adanya kontaminasi semen terhadap fluida reservoir yang tertinggal akibat *displace* dengan *spacer* yang kurang *compatible*. Walaupun hal tersebut sudah diantisipasi dengan melakukan pelubangan *tubing*

untuk sirkulasi sebelum penyemenan. Salah satu efek dari kontaminasi tersebut dapat mengakibatkan kegagalan *pressure test*, sehingga memerlukan penambahan *cement plug* dan dilakukan pengujian ulang, yang akhirnya meningkatkan biaya operasi P&A dengan CTU.

Untuk menghindari hal tersebut, akan digunakan *non-shrinkage cement* yang memiliki kemampuan *expandable* yang baik sehingga dapat mengisi rongga dengan sempurna dan mengurangi penambahan pekerjaan yang tidak dianggarkan.



Gambar 1. Skema Sumur X Lapangan Y

Slurry cement yang akan digunakan pada kedua operasi P&A, baik dengan *workover rig* dan CTU adalah *slurry non-shrinkage* dengan densitas sebesar 13.8 ppg, *slurry yield* sebesar 2.21 cuft/sack, dan *total mixing fluid* sebesar 11.33 GPS, maka diperoleh *total volume cement slurry* untuk P&A menggunakan *workover rig* dan *rigless* dengan CTU sebagai berikut:

Tabel 1. Cement Slurry P&A

Cement	Top of cement (TOC)	Workover rig	Rigless (CTU)
		Volume cement slurry (bbls)	
Plug I	1.505	38,6	38,6
Plug II	1.455	6,2	6,1
Plug III	1.100	49,7	48,2

Cement	Top of cement (TOC)	Workover rig	Rigless (CTU)
		Volume cement slurry (bbls)	
Plug IV	500	73,3	71,1
Plug V	25	14,9	14,9
Total (bbls)		182,7	178,9
Total sack of cement		465,0	454,6

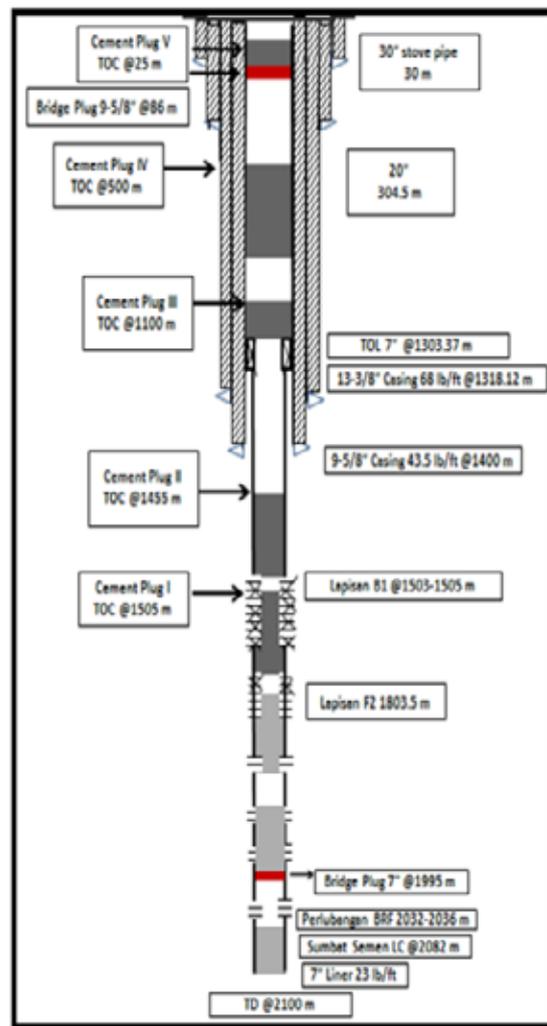
B. Prosedur P&A Sumur X dengan Workover Rig

Prosedur operasi P&A sumur X dengan menggunakan *workover rig* memiliki tahapan sebagai berikut:



Gambar 2. Flowchart operasi P&A dengan *workover rig*

P&A dengan *workover rig* diawali dengan serangkaian langkah mematikan sumur, dilanjutkan dengan pencabutan rangkaian produksi, *unset packer* kemudian *pull tubing* dan *hanger* sampai permukaan. Kemudian kegiatan *cementing* dengan menempatkan *cement plug* pada interval kedalaman yang telah ditetapkan, dan terakhir penyelesaian dengan melakukan observasi untuk memastikan tidak ada gelembung atau kebocoran, lalu N/D BOP, cut dan L/D casing head spools. Penyemenan cellar dan *back filled*, kemudian *release rig*.



Gambar 3. Skema P&A Sumur X dengan *Workover Rig*

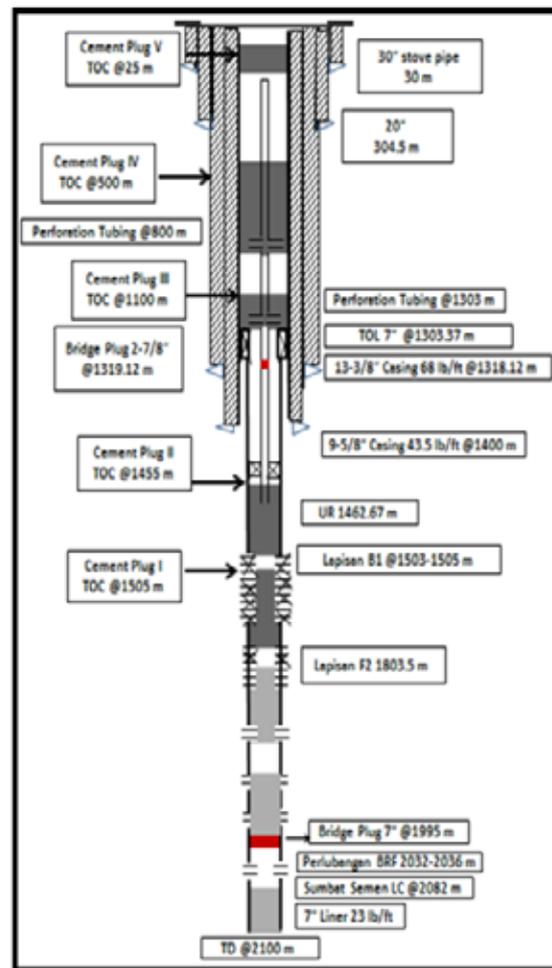
C. Prosedur P&A Sumur X Secara Rigless dengan CTU

Prosedur operasi P&A sumur X dengan secara *rigless* dengan CTU memiliki tahapan sebagai berikut:



Gambar 4. Flowchart operasi P&A dengan CTU

Pada P&A secara *rigless* menggunakan CTU, setelah melakukan *kill well*, dan tanpa perlu mengangkat rangkaian produksi dari dalam sumur, kemudian mulai dipersiapkan untuk kegiatan *cementing*. *Plug cementing* dan *setting bridge plug* menggunakan *e-line* dilakukan pada setiap interval kedalaman yang telah ditetapkan. Pada setiap *cementing job* dilakukan *gas test* dan *pressure test* untuk memastikan kondisi *cement plug* dan *bridge plug* terpasang dengan baik dan tidak mengalami kebocoran. Penyelesaian terakhir adalah melakukan R/D semua peralatan, dan *backfill cellar*.



Gambar 5. Skema P&A Sumur X Secara Rigless dengan CTU

D. Evaluasi Waktu P&A

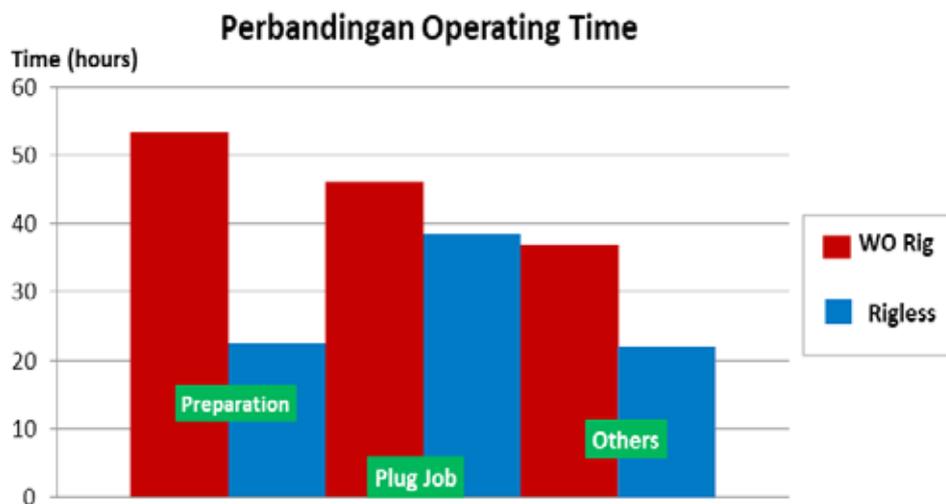
Evaluasi waktu ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi waktu proses P&A antara *workover rig* dan secara *rigless* dengan CTU. Cepat dan lambatnya waktu operasi *abandonment* tergantung dari kedalaman sumur, banyaknya pekerjaan yang dilakukan, tingkat kerumitan operasi, dan jumlah personel kerja yang tersedia. Berikut adalah tabulasi waktu operasi antara P&A dengan *workover rig* dan CTU.

Tabel 2. Operating Time P&A Sumur X

Deskripsi	Workover rig		Rigless (CTU)	
	Waktu (Jam)	%	Waktu (Jam)	%
Preparation	53.4	25%	22.5	16%
BOP Test	12	6%	N/A	N/A
Stand Up Drill Pipe	21.5	10%	N/A	N/A
Cement Plug Job	46.3	22%	38.5	27%
Pressure Test	9	4%	9.0	6%

Deskripsi	Workover rig		Rigless (CTU)	
	Waktu (Jam)	%	Waktu (Jam)	%
Perforation & Tubing Cutter	N/A	N/A	20.0	14%
Sirkulasi	N/A	N/A	13	9%
Cabut tubing dan Potong WH	N/A	N/A	16.5	12%
Others	37	17%	22	16%
Wait on Cement	36	17%	N/A	N/A
Total	215	100%	141.5	100%

Dari tahapan prosedur untuk *abandonment* sumur X secara *rigless* dengan CTU, diperoleh total waktu yang dibutuhkan sekitar 141.5 jam (atau 12 hari operasi untuk 12 jam operasi per hari) yang menunjukkan bahwa secara jam walaupun lebih singkat namun secara hari operasi lebih lama dari operasi rig yang hanya 9 hari. Waktu WOC pada CTU menggunakan waktu tunggu selama malam hari karena pekerjaan dengan CTU hanya dilakukan pada siang hari dan tidak ada tambahan biaya di malam hari, sehingga tidak diperhitungkan dalam evaluasi.



Gambar 6. Tabulasi Perbandingan Waktu P&A

Waktu untuk *preparation* hanya selama 22.5 jam dimana secara *rigless* kebutuhan *rig* digantikan oleh CTU lengkap dengan *pumping unit* yang tidak memerlukan waktu lama untuk pemasangan dan pembongkaran peralatan.

Gambar 6 menunjukkan perbandingan waktu operasi untuk setiap kegiatan yang sama dalam operasi P&A menggunakan *workover rig* dan *rigless* dengan CTU. *Preparation* menggunakan *workover rig* memiliki waktu lebih lama dibandingkan dengan CTU. Selain itu, pada kegiatan *plug job (cement plugs)* juga terjadi perbedaan yang signifikan, dimana kegiatan dalam operasi *abandonment* dengan CTU memiliki waktu yang relatif lebih cepat secara jam operasi namun tidak dalam hitungan harinya.

E. Analisa Biaya Operasi

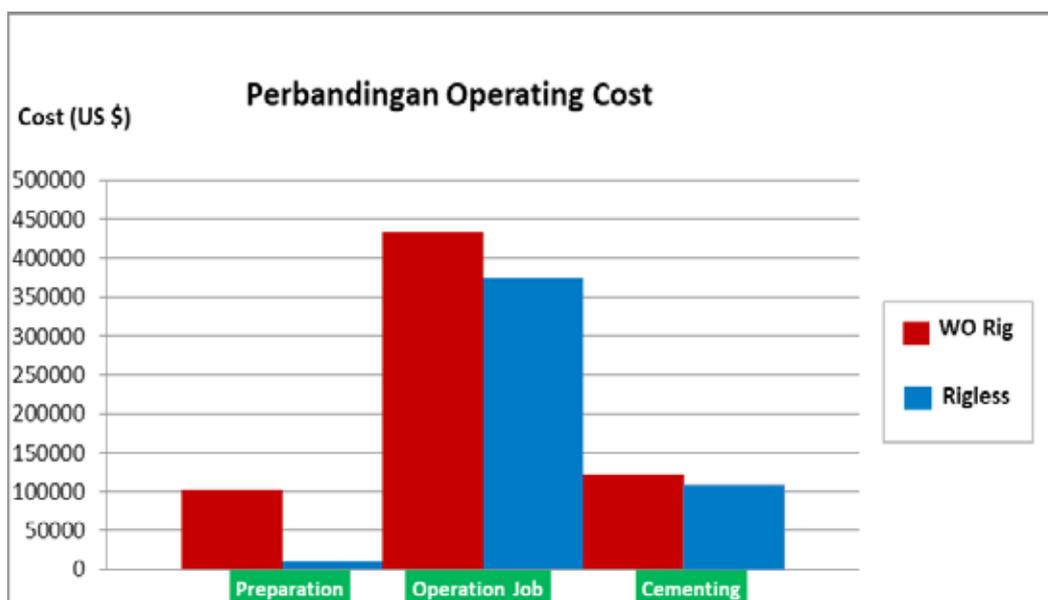
Setiap *operating company* akan berusaha untuk melakukan suatu kegiatan seefektif dan seefisien mungkin, percobaan-percobaan dan evaluasi dilakukan untuk memastikan hasil

yang sesuai dengan biaya yang efisien.

Untuk kegiatan P&A menggunakan *workover rig*, berdasarkan perhitungan diperlukan biaya dengan proses pengajuan AFE (*Authorization for Expenditures*), sedangkan untuk *rigless* dengan CTU cukup mengajukan dalam pengajuan ABO (Anggaran Biaya Operasi). Berdasarkan perhitungan AFE untuk P&A diperoleh biaya operasi menggunakan *workover rig* 550 HP sebesar 750,726 USD. Kemudian secara *rigless* dengan CTU memiliki biaya operasi sebesar 548,939.64 USD.

F. Breakdown Perbandingan Biaya

Gambar 7 memperlihatkan bahwa biaya *preparation* untuk P&A dengan *workover rig* sekitar 100,000 USD, sedangkan secara *rigless* dengan CTU hanya 10,000 USD. Hal ini karena *preparation* dengan *workover rig* memiliki kegiatan yang lebih banyak untuk *well site leveling*/pembuatan pit dan *access road* dibandingkan CTU yang hanya menggunakan peralatan yang lebih ringan dan tangki *mobile*.



Gambar 7. Tabulasi Operating Cost P&A Sumur X

Biaya operasi untuk *workover rig* yang meliputi mobilisasi/demobilisasi, *rig up*, operasi, *rig down*, *others*, dan *equipment rental* tidak jauh berbeda antara operasi *workover rig* dan CTU. Selain itu, biaya operasi *cementing* untuk kedua metode tersebut berbeda karena pada *cementing* dengan CTU membutuhkan *cement slurry* yang lebih sedikit dengan biaya sewa peralatan *cementing* yang lebih murah sehingga menjadi lebih ekonomis dibandingkan dengan *cementing* menggunakan *workover rig*.

Gambar 7 menunjukkan perbandingan biaya P&A pada sumur X untuk kedua metode operasi menunjukkan bahwa dengan pelaksanaan operasi secara *rigless* dengan CTU lebih ekonomis, daripada penggunaan *workover rig*. Pada aplikasi kegiatan abandonment secara *rigless* untuk seluruh sumur dengan total sumur sebanyak 117 sumur di lapangan Y, maka biaya P&A adalah sebesar 64,225,937.88 USD dengan efisiensi biaya sebesar 23,609,071.81 USD atau sekitar 26.9% (atau 27%) dari biaya P&A menggunakan *workover rig*.

Tabel 3. Perbandingan Estimasi Operating Cost P&A Lapangan Y

	Workover Rig	CTU
Operating Time Sumur X (hours)	215	141.5
Operating Cost Sumur X (US\$)	750,726.58	548,939.64

	Workover Rig	CTU
Operating Cost Lapangan Y (US\$)	87,835,009.69	64,225,937.88
Cost Eff. Sumur X (US\$)		201,786.94
Cumm. Cost Eff. Lapangan Y (US\$)	23,609,071.81	

KESIMPULAN

1. Waktu operasi P&A sumur X secara *rigless* dengan CTU adalah 12 hari, lebih lama secara jumlah hari total dibandingkan waktu operasi P&A menggunakan *workover rig* selama 9 hari, walaupun jika dilihat berdasarkan jam operasi, waktu operasi CTU lebih cepat. Kedua operasi ini dapat menghasilkan P&A yang sesuai dengan standar perusahaan dan standar nasional yang berlaku.
2. Operasi P&A *rigless* dengan CTU memberikan efisiensi biaya operasi sebesar 27% dibandingkan dengan operasi dengan *workover rig* pada sumur X di Lapangan Y.
3. Operasi P&A secara *rigless* dengan CTU memiliki nilai keuntungan yang lebih apabila diaplikasikan pada suatu lapangan yang besar dan simultan dalam bentuk *campaign*, dengan jumlah sumur yang banyak, dapat menghasilkan efisiensi biaya yang lebih besar dari 27%.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (2002) '*Drilling Operation for Safe Conduct of Onshore and Offshore In Indonesia-Implementation*', SNI 13-6910-2002.
- Baker Hughes (2011) '*Products and Services, Completions & Production, Wellbore Intervention*', Baker Hughes Incorporated. Available at: <http://www.bakerhughes.com>.
- Coiled Tubing Services*. Available at: <http://www.elnusa.co.id/product-services/drilling-oilfield-services/coiled-tubing-services/>.
- Coiled Tubing Unit*. Available at: <http://total.equipment.com/products/coiled-tubing-unit>.
- Dwight K. Smith (2003) '*Handbook on Well Plugging and Abandonment*', PennWellBooks, Tulsa, OK.
- Haris, A., Purwanto, B., Sasongko, D., Darmawan, G. R., Yulianto, I., Soekmono, O., ... Mailangkay, L. (2012, January 1). *Workover and Completion Operations in East Java Sour Gas Field, Indonesia*. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/153090-MS.
- Liversidge, D. (2006) '*Permanent Plug and Abandonment Solution for the North Sea*', SPE 100771.
- Penyemenan Sumur Minyak dan Gas. Available at: <https://cementing.wordpress.com/2013/12/25/penyemenan-sumur-minyak-gas-bumi-cementing/#more-276>.
- Saasen, A., Wold, S., Ribesen, B.T., Tran, T.N., Huse, A., Rygg, V., Grannes, I. and Svindland, A. (2010) '*Permanent abandonment of a North Sea well using unconsolidated Well-Plugging material*', Presented at SPE deepwater drilling and completion conference, Galveston, Texas, October, Doi: 10.2118/133446-MS.
- Sabins, F.L., Sutton, D.L. (1986) '*The Relationship of Thickening, Time Gel Strength, and Compressive Strength of OilwellCements*', SPE Production Engineering, March, P143.
- Slb. *Well Abandonment Rigless Decommissioning*. Available at: <http://slb.com>.
- Tettero, F. (2004) '*Optimizing Integrated Rigless Plug and Abandonment - A60 Well Case Study*', SPE 89636.