

Metode *Decommissioning Platform* dalam Kegiatan *Abandonment and Site Restoration* Lapangan Migas

Dedy Kristanto¹, Hariyadi¹, Karina Larasati^{1*}

¹Teknik Perminyakan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Indonesia

ABSTRAK

Informasi tentang penonaktifan dan pembongkaran fasilitas produksi migas masih kurang menjadi perhatian. Sebagaimana diatur dalam peraturan nasional dan internasional, fasilitas produksi migas akan mencapai batas waktu ekonomis produksinya. Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) diwajibkan untuk menyusun strategi pelaksanaan pembongkaran fasilitas produksi operasi migas. Prosedur pembongkaran atau *decommissioning* fasilitas produksi migas harus disusun sistematis sesuai dengan peraturan dan perizinan yang berlaku. Salah satu fasilitas produksi migas yang wajib dilakukan pembongkaran adalah anjungan lepas pantai (*platform*). *Platform* terdiri dari beberapa struktur yang letaknya di atas permukaan air laut dan beberapa struktur bawah permukaan laut. Berkaitan dengan regulasi yang berlaku, ada beberapa pilihan metode *decommissioning platform*, diantaranya adalah *Total Removal for Onshore Disposal*, *Total Removal for Rig-to-reef*. Pemilihan metode *decommissioning platform* akan berbeda-beda di tiap lokasi menyesuaikan dengan kedalaman lautnya. Tidak hanya mencakup aspek biaya perencanaan, kegiatan *decommissioning* juga mencakup aspek biaya inspeksi dan perizinan, penutupan sumur, persiapan pembongkaran *platform*, pembongkaran *conductor*, pembongkaran *topside platform*, pembongkaran sub-struktur *platform*, pembersihan dan pemulihan lahan. Selain dalam aspek kegiatan minyak dan gas, metode *decommissioning* juga harus mempertimbangkan aspek keamanan lingkungan, keselamatan pelayaran dan optimalisasi pemanfaatan sumber daya nasional. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan penjelasan tentang metode *decommissioning platform* yang dapat dilakukan serta memberikan pertimbangan untuk pemilihan metode dilihat dari segi biaya pelaksanaan dari contoh *cost breakdown* pembongkaran *platform* KLS.

Kata Kunci: *metode decommissioning, platform, site restoration*

 karinaalarasati09@gmail.com

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak dan gas bumi, dimana kandungan minyak dan gas bumi tidak hanya dihasilkan dari daratan, namun juga dari dasar perairan laut. Untuk melakukan eksplorasi minyak

dan gas dari dasar perairan laut, maka dibangun suatu struktur yaitu anjungan lepas pantai (*platform*). Penggunaan *platform* minyak dan gas di Indonesia memiliki batas waktu pengoperasian yang ekonomis antara 20 hingga 40 tahun. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.15 Tahun 2018, menyatakan bahwa kegiatan pasca o-

perasi pada kegiatan usaha hulu migas merupakan rangkaian pembongkaran peralatan, instalasi, dan fasilitas penunjang hingga pemulihan lokasi [1]. Setelah melewati batas waktu produksi ekonomisnya, harus dilakukan pembongkaran atau *decommissioning*. Dinyatakan pula bahwa tujuan dari dilakukannya pembongkaran *platform* adalah menjamin keselamatan kegiatan operasi minyak dan gas, menjamin pengelolaan lingkungan hidup, menjaga fasilitas *offshore* milik negara, menjaga keselamatan pelayaran di jalur laut Indonesia, dan optimalisasi penggunaan fasilitas milik negara [2].

Platform minyak dan gas di Indonesia tersebar di wilayah perairan dangkal Laut Jawa, Laut Cina Selatan, dan disekitar Kepulauan Seribu. Ada 2 (dua) sistem *platform* di Indonesia, berupa *fixed platform* dan *floating system (semi-submersible, tension leg platform, spar ship, barge based)*. *Fixed platform* merupakan struktur yang ditopang oleh *jacket* dan banyak digunakan di perairan Indonesia, karena perairan di Indonesia relatif dangkal. Dari sudut pandang ekonomi, untuk struktur *platform* yang besar dan dalam, akan lebih tepat apabila struktur tersebut dibongkar secara menyeluruh, sehingga bagian *platform* dapat dibawa ke tempat penyimpanan di darat, atau digunakan kembali untuk tujuan lain.

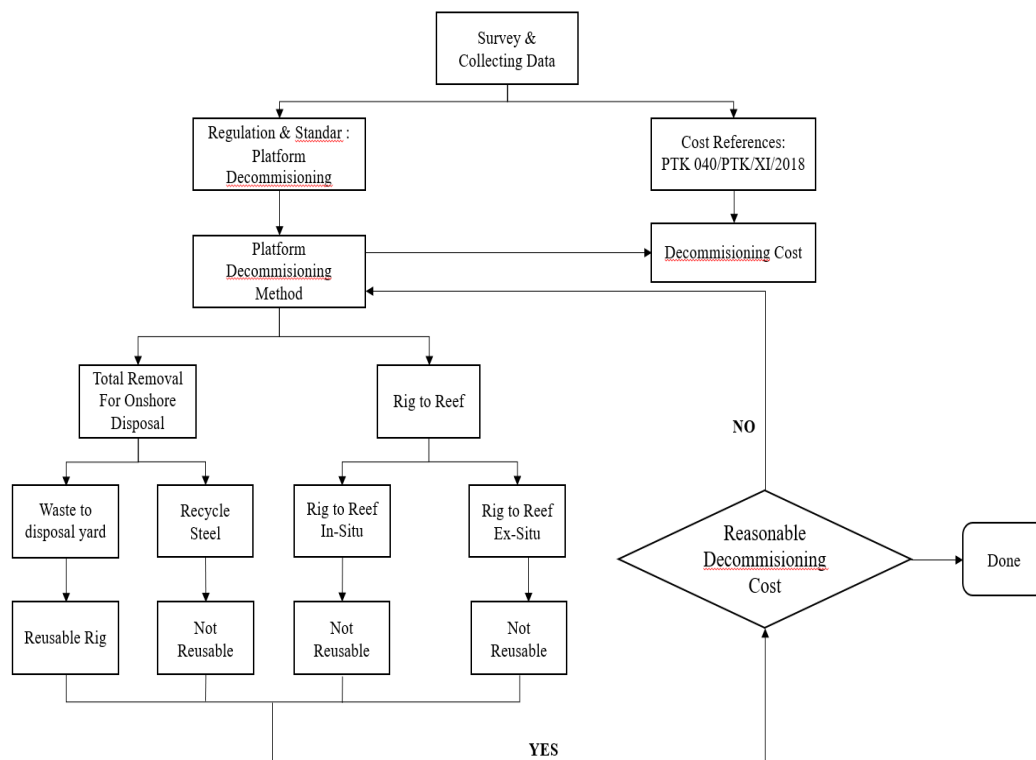
Kegiatan persiapan sebelum dilakukannya *decommissioning platform* juga mencakup pembersihan tangki dan pipa, untuk bagian struktur harus dilakukan inspeksi atau pengecekan secara detail baik struktur diatas maupun dibawah permukaan air laut. Kegiatan penutupan sumur (*plug & abandonment*) juga perlu dilakukan sebelum *decom-*

missioning. Beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan metode *decommissioning* adalah regulasi atau peraturan yang berlaku di wilayah setempat, keamanan mencakup keamanan pelaksana dan wilayah laut, dampak lingkungan di laut maupun darat, kelayakan teknis pelaksanaan, dan keekonomian yang ditinjau dari biaya *decommissioning* [3-4].

2. Metode

Beberapa metode dalam penyusunan teknis kegiatan *decommissioning* beberapa metode yang dapat dipilih adalah *Total Removal for Onshore Disposal* dan *Total Removal for Rig-to-reef*. Pemilihan metode *decommissioning* yang akan dipilih tentu saja mempertimbangkan keadaan lokasi sekitar *platform* dan kedalaman perairannya [5]. Metode *Total Removal for Onshore Disposal* merupakan metode *decommissioning* dimana bagian *platform* dibongkar secara menyeluruh lalu dibawa ke darat disimpan di tempat penyimpanan yang sudah dibangun [3]. Kegiatan *decommissioning* terdiri dari *conductor removal, topside removal, jacket removal, site clearance and verification*.

Metode *rig-to-reef* dibagi menjadi 2, yaitu *rig-to-reef in-situ* dimana dilakukan pemotongan bagian *platform* dan bagian yang dipotong di tinggalkan di lokasi *platform* berada. Sedangkan pada metode *rig-to-reef ex-situ* mempunyai opsi struktur *platform* dilakukan pemotongan atau tidak, lalu *platform* dipindahkan ke lokasi yang telah ditentukan untuk dijadikan lokasi terumbu karang [5]. Gambar 1 merupakan bagan alir penelitian.

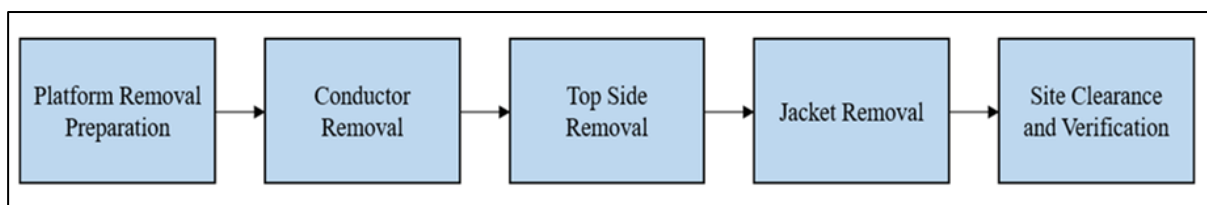


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil

Salah satu opsi metode *decommissioning* dimana keseluruhan dari struktur *platform* dibongkar, lalu ditransportasikan ke tempat penyimpanan di darat yang sudah ditentukan sebelumnya. Secara ekonomis, metode ini membutuhkan biaya yang lebih banyak pada proses pembongkaran struktur dan transportasi struktur yang telah dibongkar dari lokasi perairan laut hingga ke darat. Di-

tinjau segi teknis dari wilayah Indonesia dimana kedalaman laut relatif dangkal, pembongkaran struktur *platform* secara menyeluruh untuk dibawa ke tempat penyimpanan cukup direkomendasikan [5]. Proses pembongkaran *platform* dengan metode ini secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 2. Tahap sebelum dimulai proses pembongkaran *platform* dimana harus dilakukan pembersihan di lokasi sekitar *platform*. Area disekitar *platform* diisolasi untuk dilakukan inspeksi keselamatan termasuk jalur pelayaran.



Gambar 2. Langkah-Langkah Metode *Total Removal for Onshore Disposal*

Prosedur pekerjaan pembongkaran dengan metode *Total Removal for Onshore Disposal* ditunjukkan pada Tabel 1-5. *Rig-to-reef* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi biaya pada proses *decom-*

missioning dengan memanfaatkan *platform* untuk habitat terumbu karang baru [6]. Opsi *rig to-reef* adalah metode utama yang dianggap cocok untuk pembongkaran *platform* karena metode yang lain hanya dianggap seba-

gai penundaan waktu pembongkaran sebelum pada akhirnya bagian *platform* akan mencapai masa akhir pakai strukturnya. Pembongkaran atau pemindahan struktural *platform* hingga 85 feet di bawah permukaan air laut, sedangkan komponen yang tersisa untuk dibuat terumbu karang buatan dengan tujuan mempertahankan produksi ikan dan nilai ekosistem sebagai konsep utama *rig-to-*

reef sehingga dapat meningkatkan keanekaragaman hayati di kawasan laut khususnya terumbu karang dan berpotensi meningkatkan perikanan dan ekonomi masyarakat pesisir [5-7]. Dalam *rig-to-reef*, *well conductor*, fasilitas produksi dan *top side platform* tetap dibongkar dan dibawa ke darat karena hanya *jacket platform* yang bisa digunakan untuk *rig-to-reef*.

Tabel 1. Prosedur Pekerjaan *Platform Removal Preparation* [1]

No	Prosedur Pekerjaan	Detail Pekerjaan
1	Pembersihan material-material yang memiliki potensi bahaya	Pembersihan lokasi disekitar platform
		Pembersihan saluran pipa ke fasilitas darat
		Inspeksi pembersihan area
2	Mengatur lokasi platform untuk persiapan pekerjaan	Inspeksi area yang akan dilakukan pekerjaan pembongkaran
3	Mengisolasi platform	Inspeksi terakhir untuk keselamatan
		Menginformasikan pada kapal yang melalui jalur pelayaran yang berdekatan dengan lokasi pembongkaran
		Final check untuk persiapan teknis

Tabel 2. Prosedur Pekerjaan *Conductor Removal* [1]

No	Prosedur Pekerjaan	Detail Pekerjaan
1	Pemindahan Conductor Tahap I	Pemotongan conductor dari bagian cellar deck hingga permukaan air laut, Pengangkatan dan pemindahan ke cargo barge
2	Pemindahan Conductor Tahap II	Pemotongan tali conductor di dasar laut, Pengangkatan dan pemindahan ke cargo barge

Tabel 3. Prosedur Pekerjaan *Top Side Removal* [1]

No	Prosedur Pekerjaan	Detail Pekerjaan
1	Mobilisasi	Pengorganisasian sumber daya yang akan dipakai dalam proses pembongkaran
2	Persiapan Derrick Barge	Pemberangkatan Derrick Barge
3	Pemotongan Deck/Peralatan/Lain-lain	Pemotongan Flare Boom dan pengangkatan ke Cargo Barge Pemotongan koneksi antara Top Side dan Jacket Pemotongan sambungan Riser
4	Pengangkatan beban Top Side	Pengangkatan Top Side ke Cargo Barge Siap untuk ditransportasikan
5	Transportasi ke Disposal Yard	Menarik Cargo Barge untuk pembersihan area
6	Pembongkaran Cargo Barge	Pembongkaran Top Side di darat tempat penyimpanan Maksimum masa penyimpanan: 2 tahun

Tabel 4. Prosedur Pekerjaan *Jacket Removal* [1]

No	Prosedur Pekerjaan	Detail Pekerjaan
1	Pemotongan Pile / Skirt Pile	Pemotongan Skirt Pile
2	Persiapan Derrick Barge	Memposisikan Derrick Barge untuk pemasangan Jacket
3	Pemindahan Jacket	Pengangkatan Jacket
4	Pengangkatan Beban Jacket	Pengangkatan Jacket dan siap untuk ditransportasikan
5	Transportasi Jacket dengan DB-3200	Jacket dipindahkan dan pembersihan area
6	Pembongkaran Jacket	Pembongkaran Jacket di darat tempat penyimpanan Maksimum masa penyimpanan: 2 tahun

Tabel 5. Prosedur Pekerjaan *Site Clearance and Verification* [1]

No	Prosedur Pekerjaan	Detail Pekerjaan
1	Mobilisasi	Pengorganisasian sumber daya yang akan dipakai dalam proses pembersihan area
2	Persiapan Trawler Ship	Mempersiapkan Trawler Ship dan pemasangan jaring
3	Pembersihan area	Bottom Trawling seluas 1320 ft dari platform Mengangkat serpihan-serpihan struktur platform dari dasar laut jika ada
4	Pemeriksaan	Inspeksi apakah ada serpihan bagian struktur yang tertinggal
5	Demobilisasi Trawler Ship	Demobilisasi sumber daya yang telah dipakai dalam proses pembongkaran dan pembersihan area

Perhitungan biaya pembongkaran dengan metode *rig-to-reef* secara garis besar meliputi biaya teknis pembongkaran *platform* dan biaya transportasi serta bongkar muat hasil sisa pembongkaran [8]. Salah satu kelebihan dari metode ini adalah tidak adanya biaya penyimpanan sisa pembongkaran di darat

karena *platform* dibawa ke area perairan yang lebih dalam. Perhitungan biaya pembongkaran ditunjukkan pada Tabel 6. Sedangkan total estimasi perhitungan biaya *decommissioning* dengan metode *Rig-to-Reef* ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Contoh Perhitungan Biaya Pembongkaran Platform
Metode Total Removal for Onshore Disposal

LAPANGAN	:	KLS	
LOKASI	:	Offshore	
Anjungan	:	Welhead Platfrom + Processing Platform	
Tipe Anjungan	:	4 leg	
Kedalaman Air	:	108 m	354.35 ft
Berat Platform (MT)	:	5642.86	

Cost Breakdown Pembongkaran Anjungan

No	Item	Units	Qty	Total Day	Price (US\$/Day)	Total (US\$)
A	MAN POWER					
1	Offshore Installation Manager	day	1	18	136.32	2,453.76
2	Subsea Engineer	day	1	18	102.96	1,853.28
3	Pipeline Engineer	day	1	18	102.96	1,853.28
4	Process Engineer	day	1	18	51.84	933.12
5	Offshore Structural Engineer	day	1	18	58.56	1,054.08
6	Mechanical Rotating / Static Engineer	day	1	18	58.56	1,054.08
7	Electrical Engineer	day	1	18	58.56	1,054.08
8	Hull Outfitting Engineer	day	1	18	102.96	1,853.28
9	Health Safety Environment Engineer	day	1	18	51.84	933.12
10	Health Safety Environment Manager	day	1	18	125.28	2,255.04
11	Consumables	lot	10	18	16.63	2,993.40
TOTAL MAN POWER (\$)						18,290.52
B	SERVICES & EQUIPMENTS					
B.1	EQUIPMENTS					
1	Derrick Barge 4000	day	1	10	80,962.54	809,625.40
2	ROV	day	2	16	5,895.52	188,656.64
3	Workboat	day	1	8	49,330.09	394,640.70
4	Cargo Barge 180+ Tug	day	1	14	16,883.18	236,364.57
5	Welding Equipments + Cutting Tools	day	2	9	600.00	10,800.00
6	AHTS 5000 BHP	day	1	10	6,298.00	62,980.00
7	Fuel	day	6	12	8,184.96	589,317.12
8	Trawler Ship	day	1	5	12,790.29	63,951.45
9	Heavy Duty Nets	each	4	5	2,771.23	11,084.92
10	N2 PSA Generator	Ls	1	2	-	-
TOTAL EQUIPMENTS (\$)						2,367,420.81
B.2	SERVICES					
1	Removal Preparation eg Flushing and Cleaning Charges	day	1	2	-	-
2	MOB-DEMOB Work Boat / Crew Boat	Ls	1	1	76,000.00	76,000.00
3	MOB-DEMOB DB 4000	Ls	1	1	4,551.00	4,551.00
4	MOB CB 180 + Tug	Ls	1	1	8,333.00	8,333.00
5	MOB-DEMOB AHTS	Ls	1	1	1,750.00	1,750.00
6	MOB-DEMOB ROV + Crew	Ls	2	2	1,350.00	2,700.00
7	MOB-DEMOB Welding Eqs + Crew	Ls	3	2	1,130.00	3,390.00
8	MOB-DEMOB Trawler Ship + Nets	Ls	1	2	600.00	600.00
9	Conductor Cutting Cut	cut	24	1	-	-
10	Service Charge Conductor Removal	day	1	5	-	-
13	Mechanical Cut for Deck Connection to Legs	cut	6	1	5,883.53	35,301.20
14	Mechanical Cut for Skirt Pile	cut	4	1	5,883.53	23,534.13
15	Mechanical Cutter Spread for Deck Connection to Legs	day	6	2	3,837.09	7,674.17
16	ROV Services charges	day	1	18	1,284.00	23,112.00
17	Chemical and Welding Services Materials	job	3	1	4,200.00	12,600.00
TOTAL SERVICES (\$)						199,545.51
GRAND TOTAL (\$)						2,585,256.84

TRANSPORTASI DAN BONGKAR MUAT HASIL SISA PEMBONGKARAN

Jarak dari lokasi Platform : 102 km 55.08 nm
 Kecepatan Jelajah : 5.00 knot

Transport from KLS Loc to Storage Place

No	Item	Units	Qty	Total Day	Price (US\$/Day)	Total (US\$)
A	MAN POWER					
1	Offshore Site Manager	day	1	1	136.32	136.32
2	Site Supervisor	day	1	1	35.04	35.04
3	Offshore Structural Specialist	day	1	1	58.56	58.56
4	Health Safety Environment Engineer	day	1	1	51.84	51.84
5	Project Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
6	Cost Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
7	Labor	day	5	1	18.624	93.12
8	Consumable	lot	11	1	16.63	182.93
TOTAL MAN POWER (\$)						627.89
B	SERVICES & EQUIPMENTS					
B.1	EQUIPMENTS					
1	Workboat	day	1	1	12790.29073	12790.29073
2	Cargo Barge 180+ Tug	day	1	1	10800	10800
3	AHTS 5000 BHP	day	1	1	6888	6888
4	Fuel	day	4	1	6298	25192
5	Derrick Barge 4000	day	1	1	268596.1054	268596.1054
TOTAL EQUIPMENTS (\$)						324266.3962
GRAND TOTAL (\$)						324894.2862

Load Out Back Jacket

No	Item	Units	Qty	Total Day	Price (US\$/Day)	Total (US\$)
1	MAN POWER					
1	Offshore Site Manager	day	1	1	136.32	136.32
2	Site Supervisor	day	1	1	35.04	35.04
3	Offshore Structural Specialist	day	1	1	58.56	58.56
4	Health Safety Environment Engineer	day	1	1	51.84	51.84
5	Project Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
6	Cost Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
7	Labor	day	20	1	18.624	372.48
8	Consumable	lot	26	1	16.63	432.38
TOTAL MAN POWER (\$)						1156.7
B	SERVICES & EQUIPMENTS					
B.1	EQUIPMENTS					
1	Workboat	day	1	1	12790.29073	12790.29073
2	Cargo Barge 180+ Tug	day	1	1	10800	10800
3	AHTS 5000 BHP	day	1	1	6888	6888
4	Fuel	day	5	1	6298	31490
5	Derrick Barge 4000	day	1	1	268596.1054	268596.1054
TOTAL EQUIPMENTS (\$)						330564.3962
GRAND TOTAL (\$)						331721.0962

Load Out Back Misc. Junk Materials

No	Item	Units	Qty	Total Day	Price (US\$/Day)	Total (US\$)
1	MAN POWER					
1	Offshore Site Manager	day	1	1	136.32	136.32
2	Site Supervisor	day	1	1	35.04	35.04
3	Offshore Structural Specialist	day	1	1	58.56	58.56
4	Health Safety Environment Engineer	day	1	1	51.84	51.84
5	Project Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
6	Cost Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
7	Labor	day	20	1	18.624	372.48
8	Consumable	lot	26	1	16.63	432.38
TOTAL MAN POWER (\$)						1156.7
B	SERVICES & EQUIPMENTS					
B.1	EQUIPMENTS					
1	Workboat	day	1	1	12790.29073	12790.29073
2	Cargo Barge 180+ Tug	day	1	1	10800	10800
3	AHTS 5000 BHP	day	1	1	6888	6888
4	Fuel	day	5	1	6298	31490
5	Derrick Barge 4000	day	1	1	268596.1054	268596.1054
TOTAL EQUIPMENTS (\$)						330564.3962
GRAND TOTAL (\$)						331721.0962

Load Out Back Topside

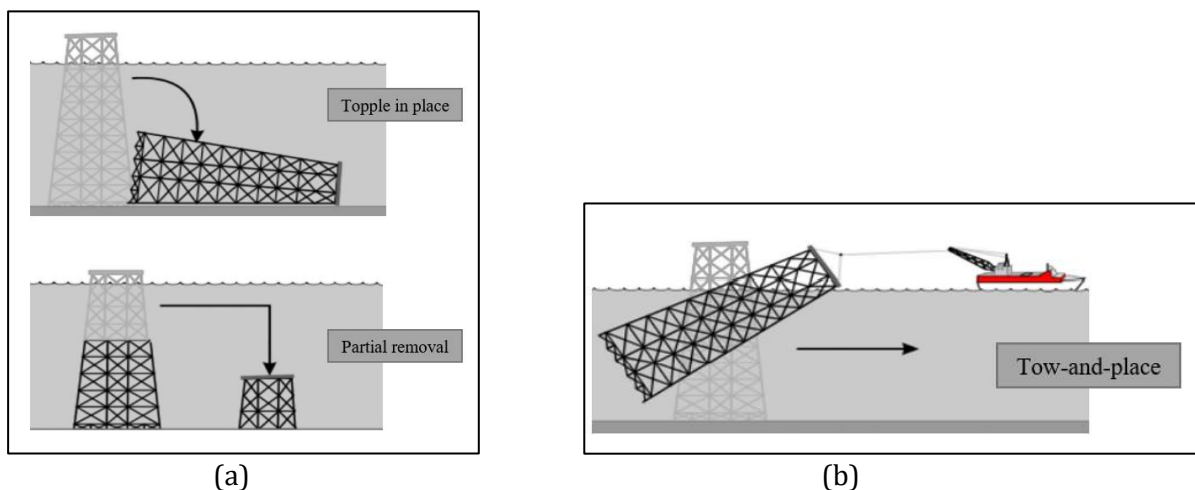
No	Item	Units	Qty	Total Day	Price (US\$/Day)	Total (US\$)
1	MAN POWER					
1	Offshore Site Manager	day	1	1	136.32	136.32
2	Site Supervisor	day	1	1	35.04	35.04
3	Offshore Structural Specialist	day	1	1	58.56	58.56
4	Health Safety Environment Engineer	day	1	1	51.84	51.84
5	Project Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
6	Cost Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
7	Labor	day	20	1	18.624	372.48
8	Consumable	lot	26	1	16.63	432.38
TOTAL MAN POWER (\$)						1156.7
B	SERVICES & EQUIPMENTS					
B.1	EQUIPMENTS					
1	Workboat	day	1	1	12790.29073	12790.29073
2	Cargo Barge 180+ Tug	day	1	1	10800	10800
3	AHTS 5000 BHP	day	1	1	6888	6888
4	Fuel	day	5	1	6298	31490
5	Derrick Barge 4000	day	1	1	268596.1054	268596.1054
TOTAL EQUIPMENTS (\$)						330564.3962
GRAND TOTAL (\$)						331721.0962
Demobilization Unit						
No	Item	Units	Qty	Total Day	Price (US\$/Day)	Total (US\$)
1	MAN POWER					
1	Offshore Site Manager	day	1	1	136.32	136.32
2	Site Supervisor	day	1	1	35.04	35.04
3	Health Safety Environment Engineer	day	1	1	51.84	51.84
4	Project Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
5	Cost Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
6	Consumable	lot	5	1	16.63	83.15
TOTAL MAN POWER (\$)						376.43
B	SERVICES & EQUIPMENTS					
B.1	EQUIPMENTS					
1	Demob Workboat	day	1	1	1130	1130
2	Demob Cargo Barge 180+ Tug	day	1	1	2730.6	2730.6
3	Demob AHTS 5000 BHP	day	1	1	8333	8333
4	Demob Derrick Barge 4000	day	1	1	76000	76000
TOTAL EQUIPMENTS (\$)						88193.6
GRAND TOTAL (\$)						88570.03
PENYIMPANAN HASIL SISA PEMBONGKARAN						
	Item	Units	Qty	Total Day	Price (US\$/Day)	Total (US\$)
A	Land Preparation (Make Up Area)					
	MATERIAL & MAN POWER					
	Concrete Sump K-300, fc = 26.4 Mpa	cum	302.4		302.5029434	91476.8901
Total Land Preparation (Make Up Area) Cost						91476.8901
B	Supervision					
	MAN POWER					
	Health Safety Environment Engineer	day	1	730	24.88	18162.4
	Security	lot	1	730	35.5	25915
	Consumables	lot	2	730	17	24820
Total Supervision Cost						68897.4
C	SERVICES & EQUIPMENTS					
	EQUIPMENTS					
	Car	day	1	730	27.5862069	20137.93103
	Fire Truck	unit	1		15804.49	15804.49
	Fasilitas Penunjang (portable camp & utilities)	lot	1		15180.27	15180.27
Total SERVICES & EQUIPMENTS Cost						51122.69103
GRAND TOTAL (\$)						211496.9811
GRAND TOTAL KESELURUHAN TOTAL REMOVAL FOR ONSHORE DISPOSAL (\$)						3,873,660.33

Tabel 7. Contoh Perhitungan Biaya Pembongkaran Platform
Metode Rig-to-Reef

Cost Breakdown Pembongkaran Anjungan						
No	Item	Units	Qty	Total Day	Price (US\$/Day)	Total (US\$)
A	MAN POWER					
1	Offshore Installation Manager	day	1	18	136.32	2453.76
2	Subsea Engineer	day	1	18	102.96	1853.28
3	Pipeline Engineer	day	1	18	102.96	1853.28
4	Process Engineer	day	1	18	51.84	933.12
5	Offshore Structural Engineer	day	1	18	58.56	1054.08
6	Mechanical Rotating / Static Engineer	day	1	18	58.56	1054.08
7	Electrical Engineer	day	1	18	58.56	1054.08
8	Hull Outfitting Engineer	day	1	18	102.96	1853.28
9	Health Safety Environment Engineer	day	1	18	51.84	933.12
10	Health Safety Environment Manager	day	1	18	125.28	2255.04
11	Consumables	lot	10	18	16.63	2993.4
TOTAL MAN POWER (\$)						18290.52
B	SERVICES & EQUIPMENTS					
B.1	EQUIPMENTS					
1	Derrick Barge 4000	day	1	10	80962.54035	809625.4035
2	ROV	day	2	16	5895.52	188656.64
3	Workboat	day	1	8	49330.08731	394640.6985
4	Cargo Barge 180+ Tug	day	1	14	16883.18377	236364.5728
5	Welding Equipments + Cutting Tools	day	2	9	600	10800
6	AHTS 5000 BHP	day	1	10	6298	62980
7	Fuel	day	6	12	8184.96	589317.12
8	Trawler Ship	day	1	5	12790.29073	63951.45367
9	Heavy Duty Nets	each	4	5	2771.229659	11084.91864
10	N2 PSA Generator	Ls	1	2	0	0
TOTAL EQUIPMENTS (\$)						2367420.807
B.2	SERVICES					
1	Removal Preparation eg Flushing and Cleaning Charges	day	1	2	0	0
2	MOB-DEMOB Work Boat / Crew Boat	Ls	1	1	76000	76000
3	MOB-DEMOB DB 4000	Ls	1	1	4551	4551
4	MOB CB 180 + Tug	Ls	1	1	8333	8333
5	MOB-DEMOB AHTS	Ls	1	1	1750	1750
6	MOB-DEMOB ROV + Crew	Ls	2	2	1350	2700
7	MOB-DEMOB Welding Eqs + Crew	Ls	3	2	1130	3390
8	MOB-DEMOB Trawler Ship + Nets	Ls	1	2	600	600
9	Conductor Cutting Cut	cut	24	1	0	0
10	Service Charge Conductor Removal	day	1	5	0	0
13	Mechanical Cut for Deck Connection to Legs	cut	6	1	5883.533738	35301.20243
14	Mechanical Cut for Skirt Pile	cut	4	1	5883.533738	23534.13495
15	Mechanical Cutter Spread for Deck Connection to Legs	day	6	2	3837.08722	7674.174441
16	ROV Services charges	day	1	18	1284	23112
17	Chemical and Welding Services Materials	job	3	1	4200	12600
TOTAL SERVICES (\$)						199545.5118
GRAND TOTAL (\$)						2585256.839
Demobilization Unit						
No	Item	Units	Qty	Total Day	Price (US\$/Day)	Total (US\$)
1	MAN POWER					
1	Offshore Site Manager	day	1	1	136.32	136.32
2	Site Supervisor	day	1	1	35.04	35.04
3	Health Safety Environment Engineer	day	1	1	51.84	51.84
4	Project Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
5	Cost Control Engineer	day	1	1	35.04	35.04
6	Consumable	lot	5	1	16.63	83.15
TOTAL MAN POWER (\$)						376.43
B	SERVICES & EQUIPMENTS					
B.1	EQUIPMENTS					
1	Demob Workboat	day	1	1	1130	1130
2	Demob Cargo Barge 180+ Tug	day	1	1	2730.6	2730.6
3	Demob AHTS 5000 BHP	day	1	1	8333	8333
4	Demob Derrick Barge 4000	day	1	1	76000	76000
TOTAL EQUIPMENTS (\$)						88193.6
GRAND TOTAL (\$)						88570.03
GRAND TOTAL KESELURUHAN RIG-TO-REEF (\$)						2,673,826.87

Rig-ro-reef dibagi menjadi 2 jenis, yaitu *Rig-to-reef In Situ* dan *Rig-to-reef Ex Situ*. *Rig-to-reef In Situ* (Gambar 3. a) merupakan metode *rig-to-reef* dimana dilakukan pemotongan bagian *platform* dan bagian yang dipotong ditinggalkan di lokasi *platform* berada. Tujuan utama *rig-to-reef in-situ* adalah menggunakan kembali *platform* untuk ekosistem laut. Metode ini dinilai memiliki biaya de-

commissioning yang rendah dan aman diantara metode lain karena tidak ada biaya pemindahan *platform* dan pembuangan atau penyimpanan di darat [9]. *Rig-to-reef Ex Situ* (Gambar 3. b) adalah metode dimana struktur *platform* dipindahkan ke lokasi baru yang telah ditentukan untuk dijadikan lokasi terumbu karang.



Gambar 3. (a) *Rig-to-reef In-Situ*; (b) *Rig-to-reef Ex-Situ* [4]

4. Pembahasan

Byrd, et al. (2014) memberikan *review* tentang *decommissioning* fasilitas *offshore* mencakup semua aspek, mulai dari perencanaan pelepasan *deck* dan *jacket*, hingga pembersihan lokasi sekitar daerah operasi. Penyusunan teknis kegiatan *decommissioning* dimulai dengan survey dan pengumpulan data yang berkaitan dengan kondisi terakhir *platform* sebelum dibongkar, meliputi bagian-bagian apa saja yang ada di *platform*, inventarisasi *asset*, data analisa pembongkaran fasilitas *platform* berdasarkan laporan internal yang akan digunakan untuk proses perhitungan estimasi biaya, jarak antara *platform* dengan tempat penyimpanan atau pembuangan [8]. Pelaksanaan *decommissioning platform* juga harus mengacu pada peraturan perizinan yang berlaku. Pembongkaran instalasi lepas pantai di Indonesia mengikuti Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 15 Tahun 2018 yaitu meng-

acu pada SNI atau peraturan internasional yang berlaku [1]. Opsi metode *decommissioning platform* yang akan dipaparkan dalam paper ini adalah *Total Removal for On-shore Disposal* dan *Total Removal for Rig-to-reef*.

4.1 Platform Removal Preparation

Tahap sebelum dimulainya proses pembongkaran *platform* dimana harus dilakukan pembersihan di lokasi sekitar *platform*. Secara garis besar, persiapan pembongkaran *platform* dibagi menjadi 2 (dua), yaitu tahap pembersihan fasilitas pemrosesan dan tahap persiapan anjungan untuk dilakukan kegiatan pembongkaran. Tahap pembersihan fasilitas pemrosesan meliputi penonaktifan sumber pembangkit listrik, pembersihan dengan nitrogen (dengan peralatan *N₂ PSA generator, gas storage tank, gas compressor*) dilakukan dari kapal menggunakan *hose* yang

terkoneksi dengan *pipa launcher*. Hasil pembersihan fasilitas akan dikirimkan ke kapal, untuk dilakukan pemurnian ke kondisi lingkungan dan proses ini dapat dilakukan lebih dari satu kali. Tahap selanjutnya yaitu persiapan lokasi pekerjaan meliputi persiapan seluruh lokasi yang akan menjadi titik pemotongan dari *platform* sesuai dengan prosedur keamanan kerja, memberikan informasi kepada pihak berwenang terkait pelaksanaan pembongkaran, serta dilakukannya pengamanan jalur pelayaran di sekitar area *platform*.

4.2 Conductor Removal

Untuk mempermudah pembongkaran *top side*, proses pemotongan *conductor* dilakukan dalam 2 tahapan. Pertama, *conductor* dipotong hingga *mean sea level*, mempermudah akses *crane barge* untuk pengangkatan *top side*. Pemotongan dilakukan menggunakan alat *diamond wire cutting saw* (DWCS). Kedua, *conductor* dipotong hingga *sea bed*, pemotongan juga dilakukan dengan DWCS dan menggunakan *work class Remotely Operator Vehicle (ROV)* sebagai *assist/support* DWCS dan *monitoring* kondisi bawah permukaan air. Keseluruhan dari bagian *conductor* akan dibawa ke darat (*disposal yard*) dengan menggunakan *cargo barge* bersamaan dengan *top side*.

4.3 Top Side Removal

Bagian pekerjaan pembongkaran dimana bagian atas (*top side*) dari substruktur *platform (jacket)* dipisahkan. Tahapan pekerjaan yang dilakukan antara lain pemotongan koneksi *riser* yang menuju ke fasilitas pemrosesan dengan menggunakan metode pengelasan, pemotongan koneksi antara *top side* dan *jacket* dilakukan menggunakan *diamond wire cutting saw* (DWCS), *crane barge* diposisikan pada posisi *lift up* kemudian dibuat sebuah koneksi menggunakan kabel *sling* antara ujung titik berat *top side* ke *cargo barge*, *cargo barge* diposisikan untuk menerima beban dari *top side*. *Top side* dilepaskan dan diletakkan secara perlahan di *cargo barge*. Setelah pemisahan dan pembongkaran selesai, dilakukan inspeksi untuk memastikan posisi *top side* dan muatan lainnya aman untuk ditransportasikan ke darat.

4.4 Jacket Removal

Seluruh bagian *jacket* dilakukan pembongkaran hingga *sea bed*, kemudian *jacket* akan dibawa ke tempat penyimpanan di darat. Tahapan dalam pekerjaan ini yaitu proses pemotongan *skirt pile* menuju ke dalam tanah menggunakan DWCS dan ROV sebagai peralatan *supporting* dan *monitoring*, pemotongan *jacket leg* hingga *sea bed*, *crane barge* diposisikan *lift up* kemudian dibuat sebuah koneksi menggunakan kabel *sling* antara ujung titik berat *jacket* ke *cargo barge*. *Jacket* dilepaskan dan diletakkan secara perlahan di *crane barge*. Setelah pemisahan dan pembongkaran selesai, dilakukan inspeksi untuk memastikan posisi *top side* dan muatan lainnya aman untuk ditransportasikan ke darat dengan posisi *hanging up*.

4.5 Site Clearance and Verification

Merupakan pekerjaan pembersihan area *platform* dari bahan dan material sisa pembongkaran yang memiliki potensi terjatuh atau tertinggal di dasar laut. Proses pembersihan sisa pembongkaran area *platform* menggunakan metode *bottom trawling test*, menggunakan kapal dan jaring untuk mengangkat sisa-sisa pembongkaran (*trawler ships and nets*). Dalam regulasi perihal pembersihan area *platform*, pembersihan sisa pembongkaran harus mencakup radius 1320 ft dari *platform* [4]. Prosedur pekerjaan *site clearance and verification* yang pertama adalah proses pemasangan jaring ke kapal. Kemudian dilakukan *survey* area *platform* dari titik terdalam hingga terluar sejauh 1320 feet. Apabila masih ada material sisa pembongkaran dibawa menuju tempat penyimpanan.

Dalam *cost breakdown* pekerjaan *conductor removal* meliputi biaya *man power, services and equipments* yang ditunjukkan secara detail pada Tabel 6. Biaya yang dibutuhkan diantaranya adalah untuk kegiatan *mechanical cut* pada *conductor* sesuai dengan ukuran *platform, mobilitation-demobilitation*, transportasi yang digunakan seperti *work boat, crew boat, derrick barge, trawler ship*. Seluruh biaya *man power* dan *services* mengacu pada referensi remunerasi biaya personal

INKINDO, sedangkan untuk biaya peralatan dan jasa mengacu pada penelitian Byrd, et al. (2014) yang kemudian dieskalasikan ke tahun perhitungan biaya.

Berdasarkan penjelasan metode *Total Removal for Onshore Disposal* diatas, *platform* yang sudah dilakukan pembongkaran dibawa ke tempat penyimpanan. Hasil pembongkaran *platform* jika kondisi *platform* masih baik *platform* bisa digunakan kembali untuk kegiatan minyak dan gas selanjutnya (*re-usable rig*). Apabila *platform* tidak bisa digunakan di waktu yang akan datang karena kondisi *platform* sudah tidak memungkinkan, maka bahan struktur baja dapat didaur ulang untuk diolah menjadi peralatan lain. Perhitungan biaya pembongkaran dengan metode *Total Removal for Onshore Disposal* secara garis besar meliputi biaya teknis pembongkaran *platform*, biaya transportasi dan bongkar muat hasil sisa pembongkaran, serta biaya penyimpanan hasil sisa pembongkaran di darat.

Rig-to-reef In-Situ secara umum adalah melakukan pemotongan *top side*, fasilitas produksinya dan *casing* dibawa ke tempat penyimpanan atau pembuangan. *Jacket* dibagi menjadi 3 bagian dan ditenggelamkan di lokasi *platform*. Peralatan yang dipakai dalam kegiatan ini adalah *lifting barge* atau *crane barge* berkapasitas 150 ton, kapal laut, dan peralatan *cutting* (*jet equipment/diamond wire/mill*). Sedangkan menu *rig-to-reef ex-situ*, struktur *platform* dipindahkan ke lokasi baru yang telah ditentukan untuk dijadikan lokasi terumbu karang. Dalam metode ini, *jacket* dinonaktifkan dan ditempatkan di lokasi pembuangan. *Top side*, fasilitas produksinya dan *casing* dibawa ke tempat penyimpanan atau pembuangan. Metode *abandonment* akan mengikuti arahan dari kementerian/lembaga yang akan menggunakannya. Pekerjaan dilakukan dengan metode *cut and lifting* dengan alat bantu *lifting barge* atau *crane barge* berkapasitas 150 ton, *marine vessel support* (AHT dan *personnel transfer boat*), dan *cutting equipment* (*jet equipment/diamond wire/mill*). Tidak semua *platform* yang dibongkar bisa dilakukan dengan metode *rig to-reef*, fasilitas *platform* yang telah

terpapar hidrokarbon tidak dilakukan *rig-to-reef* untuk mencegah pencemaran lingkungan laut dari kerak hidrokarbon yang menempel pada fasilitas produksi meskipun telah dibersihkan. *Rig-to-reef* dilakukan di laut yang masih dapat dijangkau oleh sinar matahari.

Perhitungan biaya pembongkaran dengan metode *total removal for onshore disposal* (Tabel 6) sebesar \$3,873,660 mencakup biaya dimana seluruh bagian *platform* dibongkar dan dibawa ke tempat penyimpanan di darat. Sedangkan metode *rig-to-reef* estimasi biaya yang dibutuhkan adalah \$2,585,256 (Tabel 7) lebih kecil dibandingkan dengan metode *total removal for onshore disposal*. Biaya dengan metode *rig-to-reef* lebih ekonomis dikarenakan dalam metode ini yang dilakukan pembongkaran menyeluruh hanya bagian dari *top side*, sedangkan bagian *jacket* hanya dipotong menjadi 2 atau 3 bagian dan ditinggalkan ditempat untuk ekosistem baru terumbu karang. Walaupun metode *rig-to-reef* dinilai lebih ekonomis dalam proses *decommissioning*, namun harus mempertimbangkan kedalaman perairan dan jalur pelayaran di lokasi *platform* [10].

5. Kesimpulan

Kegiatan *decommissioning* dengan metode *Total Removal for Onshore Disposal* merupakan metode *decommissioning* dengan biaya tinggi karena membutuhkan biaya pembongkaran total dan transportasi ke darat, juga tempat penyimpanan hasil pembongkaran-nya. Namun, *rig* masih bisa digunakan kembali untuk kegiatan minyak dan gas di masa mendatang, atau bahan dari *rig* dapat didaur ulang diolah kembali menjadi peralatan lain. Kegiatan *decommissioning* dengan metode *rig-to-reef* diperkirakan memiliki opsi biaya yang lebih rendah, karena tidak memerlukan tempat penyimpanan di darat. Dampak positif lain dari metode *rig-to-reef* adalah terjaganya ekosistem laut karena terbentuk ekosistem perikanan dan terumbu karang baru. Kekurangan dari metode ini adalah kemungkinan adanya bahan atau cairan yang masih ada di *rig* dapat menyebabkan pencemaran pada ekosistem laut. Pemilihan me-

tode *decommissioning* harus tetap menyesuaikan dengan kedalaman laut lokasi *platform* dan keadaan *platform* sebelum dibongkar. Seperti pada contoh perhitungan pada *platform* KLS, perbandingan *cost breakdown* pada metode *rig-to-reef* lebih ekonomis dibandingkan dengan metode *total removal for onshore disposal*. Namun, untuk pemilihan metode harus mempertimbangkan kembali pada kondisi lingkungan perairan di sekitar *platform* untuk faktor keamanan di kemudian hari.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penelitian ini, baik dalam dukungan dana, konsultan, perizinan maupun bantuan dalam pengumpulan data hingga tahap penyusunan. Penulis menyampaikan permohonan maaf apabila terdapat kesalahan dalam penulisan. Semoga isi dari penulisan dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Daftar Pustaka

- [1] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.15/2018, 2018
- [2] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.1/2011, 2011
- [3] Henrion, Max & Bernstein, Brock & Swamy, Surya. (2015). A multi-attribute decision analysis for decommissioning oil and gas platforms. Integrated Environmental Assessment and Management. 11. 594-609. 10.1002/ieam.1693.
- [4] Milton S. L, 2019. Worldwide Oil and Gas Platform Decommissioning Platform, Ann Scarborough Bull Co.
- [5] Younesi, Azad. 2017., Environmental Risk Assessment and Management in Oil Platform Construction Phase Activities: A Case Study.
- [6] Kaiser, J.B. and Chambers, M.D. 2017. Offshore Platforms and Mariculture in the US. In Aquaculture Perspective of Multi-Use Sites in the Open Ocean, ed. B.H. Buck and R. LanganChap. 13, 375-391.http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-51159-7_13.
- [7] FAO. 2009. Environmental Impact Assessment and Monitoring in Aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 527. Pp.57.<http://www.fao.org/docrep/012/i0970e/i0970e00.htm>.
- [8] Byrd, R.C., Miller, D.J., Wiese, S.M. 2014. Cost Estimating for Offshore Oil & Gas Facility Decommissioning. AACE International Technical Paper. EST.1648.1 – EST.1648.30
- [9] Junaedi, K., 2018. Seeking the Proper Decommissioning Method in Gross Split Era, SPE-193963-MS, SPE Symposium: Decommissioning and Abandonment, Kuala Lumpur.
- [10] Brunei Darussalam Ministry of Energy and Industry, 2018. Comparative Assessment (CA) Approach for D&R. Brunei Darussalam Decommissioning and Restoration Guidelines for Onshore Offshore Facilities, UPSTREAM GUIDELINES No. 9/2018 Revision B, Chapter 4