



TESIS PM-147501

**PEMILIHAN ALTERNATIF TIPE KONTRAK
PENGOLAHAN AIR PRODUKSI DI LAPANGAN BP PT.
XYZ DENGAN METODE *DELPHI* DAN *TOPSIS***

Gita Evelina
NRP. 09211650017002

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, MSc

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

“halaman ini sengaja dikosongkan”

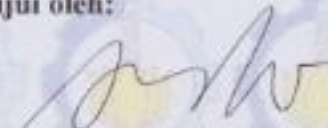
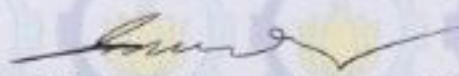
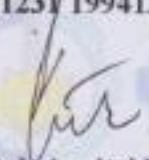
LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (MMT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
GITA EVELINA
NRP. 09211650017002

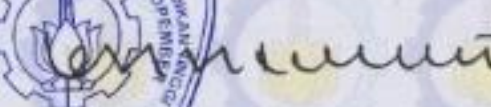
Tanggal Ujian : 28 Juli 2018
Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh:

- 
1. Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, MSc (Pembimbing)
NIP. 19690512 199402 1001
- 
2. Prof. Dr. Ir. I Nyoman Pujiawan, MEng (Penguji)
NIP. 19691231 199412 1076
- 
3. Niniet Indah Arvitrida, ST, MT, PhD (Penguji)
NIP. 19840705 200912 2007

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,




Prof. Dr. Dr. Edisubakti Ciptomulvono, M.Eng.Sc
NIP. 19590318 198603 1001

“halaman ini sengaja dikosongkan”

PEMILIHAN ALTERNATIF TIPE KONTRAK PENGOLAHAN AIR PRODUKSI DI LAPANGAN BP PT. XYZ DENGAN METODE *DELPHI* DAN *TOPSIS*

Nama Mahasiswa: Gita Evelina

NRP: 09211650017002

Dosen Pembimbing: Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, MSc

ABSTRAK

Proses pengolahan air produksi di industri migas adalah salah satu bagian proses yang kritikal, karena air hasil pengolahan harus memenuhi baku mutu yang diregulasikan oleh pemerintah sebelum dialirkan ke lingkungan. Kelalaian dalam memenuhi baku mutu buangan air produksi dapat berakibat pencabutan izin operasi perusahaan hingga sanksi pidana.

Lapangan BP PT. XYZ memiliki pengolahan air produksi untuk mengolah 8.000 barel air per-hari, sebagai hasil samping dari produksi 6.000 barel minyak dan 60 MMscf gas per-hari. Pengolahan dilakukan dengan cara mekanis dan injeksi bahan kimia. Untuk pengadaan bahan kimia, PT. XYZ memiliki *multiyear* kontrak material dimana kontraktor menyediakan *brand* bahan kimia yang sama sepanjang durasi kontrak. Namun adanya perubahan *fluid properties* di lapangan BP mengakibatkan *brand* bahan kimia tersebut berkurang efisiensinya, sehingga konsumsinya meningkat hingga 5-6 kali lipat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pemilihan tipe kontrak dari tiga alternatif: kontrak material, kontrak material dan personil dan kontrak servis. Penentuan kriteria dan ranking dari alternatif dilakukan dengan metode *Delphi* dan *TOPSIS*. Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa kontrak servis adalah yang paling tepat untuk diaplikasikan dalam pengolahan air produksi di lapangan BP, PT. XYZ, karena memiliki nilai preferensi tertinggi (0.5885), kemudian diikuti dengan kontrak material dan personil (nilai preferensi 0.4568) dan kontrak material (nilai preferensi 0.4038).

Kata kunci: *Delphi*, pengolahan air produksi, *TOPSIS*

“halaman ini sengaja dikosongkan”

APPLICATION OF DELPHI-TOPSIS METHOD FOR PRODUCED WATER TREATMENT CONTRACT TYPE SELECTION FOR BP FIELD, PT. XYZ

By: Gita Evelina
Student Identity Number: 09211650017002
Supervisor: Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, MSc

ABSTRACT

Produced water treatment is one of critical process in oil and gas production process, since the treated water must comply with the specification as regulated by the government prior to discharging to environment. Fail to comply with discharged water specification will lead to revocation of operational permit and even subject to criminal act.

BP field of XYZ Company has a produced-water treatment facility to treat its 8.000 barrel/day of water, as by-product of its 6.000 barrel oil and 60 MMscf daily productions. The treatment is performed mechanically and with chemical injection. For chemical provision, XYZ Company has a multiyears material contract, where the contractor supplies the same chemical brand along the contract duration. However, changes in the fluid properties of BP field leads to inefficiency of such chemical brand performance, causing the increase of chemical consumption up to 5-6 times higher.

Referring to such issue, further study shall be performed to select the best contract type from three available alternatives: material contract, material contract with personnel and service contract. Defining the criteria and assessing the ranking of alternatives was performed by Delphi and TOPSIS method. From this study, it is concluded that the best contract type to be implemented in produced water treatment in BP field, XYZ Company is the service contract with the highest preference value (0.5885), followed by material contract with personnel (preference value 0.4568) and material contract (preference value 0.4038).

Key word: Delphi, produced water treatment, TOPSIS

“halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah karena hanya dengan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis ini untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Manajemen Teknologi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Kepada keluarga saya tercinta: suami saya – drg. Patar Jackson, anak-anak saya – Grace Hasian dan Gabriel Tiopan, dan kedua orang tua saya – Bapak Darius dan Ibu Elida, saya mengucapkan terima kasih tak terhingga untuk doa dan dukungan yang sungguh luar biasa. Saya juga ingin mengucapkan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, MSc sebagai Dosen Pembimbing, atas bimbingan, arahan, waktu yang telah diluangkan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. I Nyoman Pujawan, MEng sebagai dosen penguji tesis, atas saran dan masukan yang telah diberikan.
3. Ibu Niniet Indah Arvitrida, ST, MT, PhD sebagai dosen penguji tesis, atas saran dan masukan yang telah diberikan.
4. Bapak Dr. Ir. Hari Ginardi sebagai Kaprodi MMT, atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan.
5. Semua jajaran pengelola Program Studi MMT yang telah memberikan kesempatan, dukungan dan bantuan.
6. Segenap civitas akademika Program Studi Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan rekan-rekan seangkatan kelas kerjasama MMT ITS Total/PHM Balikpapan.

Penulis menyadari akan segala kekurangan dan keterbatasan pengetahuan, oleh karena itu segala saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan dalam penelitian selanjutnya.

Balikpapan, 22 Juli 2018

Gita Evelina

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penyusunan	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	7
2.1 Produksi Minyak dan Gas	7
2.2 Fasilitas Pengolahan Air Produksi di Lapangan BP, PT. XYZ.....	8
2.2.1 Pemisahan Minyak dan Air secara Mekanis.....	9
2.2.2 Pemisahan Minyak dan Air dengan Bahan Kimia.....	11
2.3 Kontrak Pengolahan Air Produksi di Lapangan BP, PT. XYZ	13
2.4 <i>Multi Criteria Decision Making (MCDM)</i>	14
2.5 Metode <i>Delphi</i>	15

2.6 Metode <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i> (<i>TOPSIS</i>)	17
2.7 Penggunaan Metode <i>Delphi</i> dan Metode <i>TOPSIS</i>	19
2.8 Posisi Penelitian	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Bagan Alir Penelitian	23
3.2 Pengumpulan Data dengan Metode <i>Delphi</i>	24
3.2.1 Pemilihan Responden	24
3.2.2 Informasi Awal kepada Responden	25
3.2.3 Tahapan Metode <i>Delphi</i>	27
3.3 Pemodelan <i>TOPSIS</i>	30
3.4 Analisa Sensitivitas	31
3.5 Diskusi dan Pembahasan	31
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Analisa Data Metode <i>Delphi</i>	32
4.1.1 Putaran 1	32
4.1.2 Putaran 2	33
4.1.3 Putaran 3	35
4.1.4 Putaran 4	36
4.2 Pengolahan Data Metode <i>TOPSIS</i>	37
4.3 Analisa Sensitivitas	41
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45

DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN 1.....	48
LAMPIRAN 2.....	57

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Biaya <i>Demulsifier</i> (dalam USD/bulan)	3
Gambar 1.2. Biaya <i>Water Clarifier</i> (dalam USD/bulan)	3
Gambar 2.1 Air di dalam Formasi Reservoir Minyak	7
Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Pengolahan Air Produksi di Lapangan BP	9
Gambar 2.3 <i>Separator</i> 3 Fasa (kiri) dan <i>Skimmer</i> (kanan)	10
Gambar 2.4 <i>Flotator</i> (<i>Gas Flotation Unit</i>)	10
Gambar 2.5 Emulsi Minyak dalam Air	11
Gambar 2.6 Tahapan Kerja <i>Water Clarifier</i>	13
Gambar 2.7 Diagram Penelitian untuk Pemilihan Lokasi Logistik	20
Gambar 2.8 Metode Evaluasi untuk <i>Ranking Internet Shopping Mall</i>	21
Gambar 3.1 Organisasi <i>Field Operation</i> di PT. XYZ	25

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar Responden	25
Tabel 3.2 Deskripsi Alternatif Kontrak untuk Pengolahan Air Produksi	26
Tabel 3.3 Skala Penilaian Subkriteria	28
Tabel 3.4 Daftar Subkriteria dan Bobot Kriteria	29
Tabel 3.5 Rekapitulasi Nilai Subkriteria terhadap Alternatif	29
Tabel 4.1 Hasil Kuesioner Pemilihan Kriteria	32
Tabel 4.2 Hasil Kuesioner Pemilihan Kriteria	32
Tabel 4.3 Prosentase Nilai	33
Tabel 4.4 Hasil Pemilihan Kriteria	33
Tabel 4.5 Hasil Pemilihan Subkriteria	34
Tabel 4.6 Hasil Kuesioner Pembobotan Subkriteria	36
Tabel 4.7 Rekapitulasi Nilai Subkriteria Terhadap Semua Alternatif	37
Tabel 4.8 Matriks Keputusan	38
Tabel 4.9 Matriks Keputusan Ternormalisasi	38
Tabel 4.10 Matriks Keputusan Ternormalisasi Terbobot	39
Tabel 4.11 Solusi Ideal Positif	39
Tabel 4.12 Solusi Ideal Negatif	39
Tabel 4.13 Jarak terhadap Solusi Ideal Positif dan Negatif	40
Tabel 4.14 Nilai Preferensi (R_i) setiap Alternatif	40
Tabel 4.15 Perubahan Bobot Subkriteria	41
Tabel 4.16 Nilai Preferensi dengan Perubahan Bobot	42

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri minyak dan gas bumi adalah salah satu sumber penerimaan Negara Republik Indonesia yang cukup signifikan. Pada RAPBN 2018, pemerintah menetapkan target penerimaan negara sebesar 125 triliun dari industri migas, atau setara dengan 47% dari total penerimaan negara bukan pajak. Untuk mencapai target ini, diperlukan lifting minyak dan gas bumi sebesar 2 juta barel setara minyak per hari, yang terdiri dari lifting minyak sebesar 800 ribu barel per hari dan lifting gas bumi 1,2 juta barel setara minyak per hari.

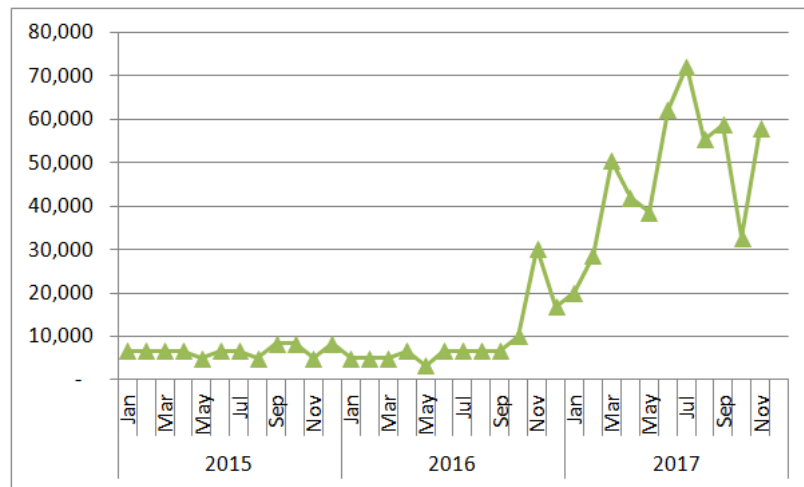
PT. XYZ merupakan salah satu kontributor utama dalam produksi minyak dan gas bumi di Indonesia. Pada tahun 1970, PT. XYZ bekerjasama dengan perusahaan Jepang, berhasil menjadi operator produksi minyak dan gas untuk wilayah Kalimantan Timur, melalui penemuan lapangan minyak bernama BP dan BQ pada tahun 1970-an sebagai fase pertama. Di fase kedua kesuksesannya, PT. XYZ kembali berhasil menemukan cadangan gas alam yang sangat signifikan di lima lapangan lainnya.

Aktivitas produksi minyak dan gas bumi juga menghasilkan produk samping, yaitu air produksi (*produced-water*). Air produksi ini perlu diolah sebelum dibuang ke lingkungan untuk memenuhi baku mutu air buangan, yang dilakukan salah satunya di lapangan BP di PT. XYZ. Kelalaian dalam menjaga kualitas air buangan dapat berakibat pencabutan izin operasi perusahaan dan sanksi kriminal dengan hukuman penjara maksimal 3 tahun dan denda maksimal Rp. 3.000.000.000 (UU 32, 2009). Oleh sebab itu, pengolahan air produksi merupakan bagian yang sangat krusial dari industri migas, dan produksi dapat tertunda apabila fasilitas pengolahan airnya belum memadai.

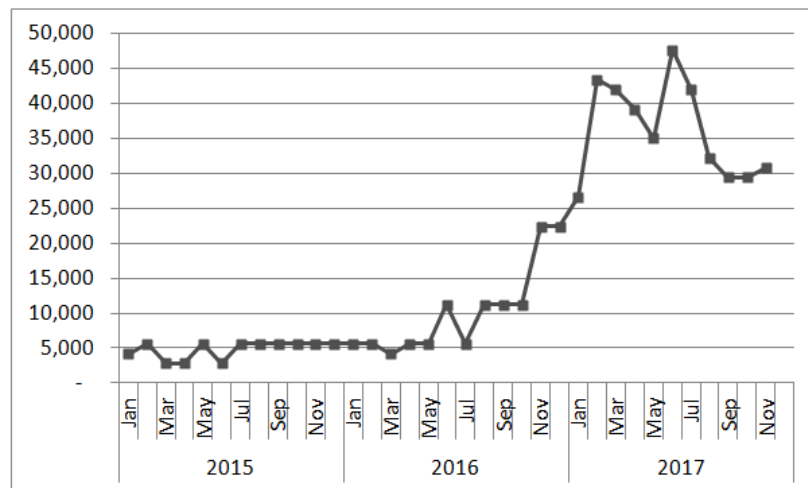
Untuk pengolahan air produksi di PT. XYZ, dilakukan proses pengolahan air produksi dengan bantuan injeksi bahan kimia (*chemical injection*), yaitu *demulsifier* dan *water clarifier/reverse demulsifier*. Injeksi bahan kimia dilakukan secara kontinu, sehingga ketersediaan stok bahan kimia tersebut menjadi sangat krusial. Untuk

pengadaan bahan kimia tersebut, PT. XYZ melakukan proses tender pengadaan kontrak material, dimana produk-produk yang ditawarkan *supplier* diuji performanya di laboratorium dan di lapangan. Produk dengan performa yang memenuhi spesifikasi dan harga termurah menjadi pemenang tender dan mendapatkan kontrak pengadaan selama 3 tahun. Selama masa kontrak, kontraktor pemenang kontrak wajib mengirimkan produk dengan *brand* dan spesifikasi yang sama seperti saat tender. PT. XYZ melakukan analisa QC setiap material yang datang untuk menjamin bahan kimia yang dikirimkan oleh *supplier* memiliki *brand* dan spesifikasi yang sama.

Permasalahan timbul saat terjadi perubahan *fluid properties* dari sumur lapangan BP yang terjadi setelah *development project* di pertengahan tahun 2016, dimana produksi diperoleh dari lapisan-lapisan reservoir yang baru. Perubahan sumber fluida ini mempengaruhi performa dan efisiensi bahan kimia *demulsifier* dan *water clarifier*, sehingga diperlukan dosis dan volume injeksi yang jauh lebih banyak dari sebelumnya. Gambar 1.1 menunjukkan kenaikan konsumsi *demulsifier* setelah perubahan *fluid properties* pada September 2016. Rata-rata pemakaian *demulsifier* per-bulan sebelumnya sebesar 6,320 USD, menjadi 41,160 USD (naik sebesar 650%) setelah kenaikan volume injeksi bahan kimia ini. Demikian pula dengan *water clarifier* (Gambar 1.2), yang naik dari rata-rata 5,867 USD/bulan menjadi 32,400 USD/bulan (naik sebesar 552%). Kenaikan volume injeksi bahan kimia ini menunjukkan bahwa tipe/*brand* bahan kimia tersebut sudah tidak lagi efisien untuk pengolahan air dari lapangan BP dan perlu dicari tipe lain yang lebih baik performanya. Namun, karena pembelian bahan kimia dilakukan dengan kontrak material, PT. XYZ tidak dapat melakukan perubahan tipe/*brand* bahan kimia yang sudah disepakati dalam kontrak tersebut.



Gambar 1.1 Biaya *Demulsifier* (dalam USD/bulan)



Gambar 1.2. Biaya *Water Clarifier* (dalam USD/bulan)

Adanya kenaikan biaya bahan kimia bulanan hingga 5-6 kali lipat (*brand* bahan kimia menjadi tidak efisien karena perubahan sifat fluida lapangan BP) namun *brand* bahan kimia tidak dapat dirubah karena aturan kontrak membuat PT. XYZ menganggap perlu untuk mengevaluasi tipe kontrak untuk bahan kimia. Kontrak material ini telah digunakan sejak dahulu dan tidak pernah dirubah. Pemilihan pemenang tender hanya berdasarkan harga material mungkin cukup tepat untuk tipe

material yang simpel, standar dan tidak memerlukan keahlian khusus dalam penggunaannya (contoh: kertas, alat tulis, dll), namun hal ini mungkin menjadi kurang tepat untuk bahan kimia pengolahan air produksi, yang bersifat *specialty/made to order* yang performanya bergantung kepada banyak kriteria. Adapun sejak awal beroperasi, PT. XYZ selalu menggunakan tipe kontrak material untuk pembelian bahan kimia, dan tidak punya pengalaman atau data pendukung untuk melakukan pembelian dengan tipe kontrak yang lain. Oleh sebab itu, diperlukan review lebih lanjut untuk menentukan tipe kontrak apa yang paling sesuai untuk bahan kimia pengolahan air produksi di lapangan BP.

Sesuai dengan peraturan pemerintah yang tertuang di dalam Pedoman Tata Kerja (PTK) 007 Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (SKK Migas), ada tiga tipe kontrak yang bisa menjadi alternatif untuk pengolahan air produksi, yaitu:

- i) Kontrak material: dimana kontraktor hanya menyediakan material bahan kimia yang diperlukan dalam pengolahan air produksi saja. Tipe kontrak inilah yang sekarang digunakan di lapangan BP.
- ii) Kontrak material beserta personil: dimana kontraktor menyediakan material bahan kimia yang diperlukan dalam pengolahan air produksi dan juga personil untuk mengoperasikan injeksi bahan kimia.
- iii) Kontrak servis: dimana kontraktor memberikan servis yang diberikan dalam operasi pengolahan air produksi, dalam hal ini adalah volume air produksi yang diolah.

Untuk melakukan pemilihan alternatif kontrak yang paling tepat, perlu dilakukan perluasan kriteria yang sesuai dengan kebutuhan PT. XYZ. Penelitian ini berusaha untuk mengidentifikasi dan memperluas kriteria yang akan digunakan dalam proses pemilihan alternatif tipe kontrak selain kriteria performa saat pengujian dan harga termurah, dengan melibatkan departemen yang terkait di dalam perusahaan.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, maka perumusan dari masalah yang ada di PT. XYZ adalah bagaimana memilih tipe kontrak yang tepat untuk fasilitas pengolahan air produksi di lapangan BP dengan menetapkan kriteria dan subkriteria yang valid dan melakukan ranking dari tiga alternatif yang ada.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diketuinya kriteria yang berpengaruh dalam pemilihan alternatif tipe kontrak pengolahan air produksi di lapangan BP, PT. XYZ.
2. Diketuinya perbedaan besaran pengaruh dari masing-masing kriteria terhadap alternatif.
3. Didapatkan alternatif tipe kontrak yang terbaik untuk pengolahan air produksi di lapangan BP, PT. XYZ.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi PT. XYZ untuk membuat kontrak pengolahan air produksi di lapangan BP di tahun mendatang. Selain itu, metode penelitian ini diharapkan dapat menjadi sarana perusahaan untuk mengambil suatu keputusan melalui pendekatan ilmiah yang bisa dipertanggungjawabkan.

1.5 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi kasus yang digunakan adalah dari lapangan BP, PT. XYZ untuk unit pengolahan air produksi (*produced-water treatment unit*).
2. Alternatif tipe kontrak untuk pengolahan air produksi di lapangan BP, PT. XYZ adalah sebagai berikut:
 - a) Alternatif 1: Kontrak material

- b) Alternatif 2: Kontrak material dengan personil
- c) Alternatif 3: Kontrak servis

1.6 Sistematika Penyusunan

Penyusunan proposal penelitian ini disusun dalam 3 bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB 1 : Pendahuluan

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang dari penelitian ini, penjelasan singkat mengenai profil perusahaan, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan permasalahan, asumsi dan sistematika penyusunan.

BAB 2 : Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan rumusan pemecahan masalah dalam tesis yang ini yang diambil dari buku-buku ataupun jurnal internasional.

BAB 3 : Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian menjelaskan urutan langkah-langkah penelitian yang dilakukan dan dapat digambarkan melalui *flowchart*. Berdasarkan teori-teori yang ada serta kenyataan yang ada di lapangan, selanjutnya akan dibuat perhitungan untuk mendapatkan tujuan penelitian yang diinginkan.

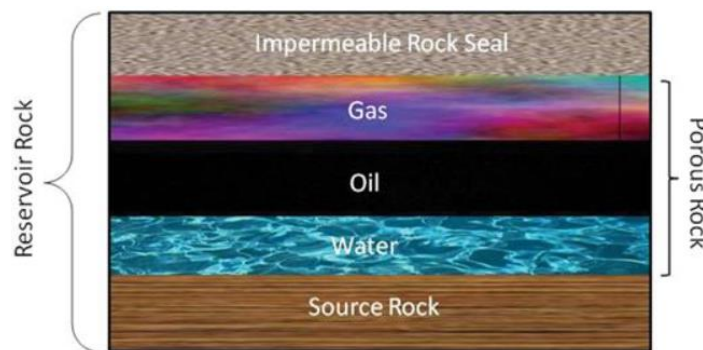
BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Produksi Minyak dan Gas

Minyak bumi adalah sumber energi utama, dan sumber pendapatan untuk banyak negara. Produksi minyak bumi dianggap sebagai aktivitas industri yang sangat penting di abad ini. Sejak *drilling* sumur minyak pertama di tahun 1850, kebutuhan akan bahan bakar minyak semakin meningkat. Diperkirakan kebutuhan minyak bumi dunia akan meningkat dari 85 juta barel di tahun 2006 menjadi 107 juta barel di tahun 2030. Terlepas dari signifikansinya, produksi minyak bumi menghasilkan *waste* yang volumenya sangat besar. 80-95% dari *waste* ini berupa air produksi, dan air produksi dari sumur minyak bumi sebagai penyumbang 60% dari seluruh air produksi di seluruh dunia (Iggunnuu, 2014).

Air natural dan air formasi selalu ditemukan di dalam reservoir minyak. Airnya bersifat sedikit asam dan berada di bawah lapisan hidrokarbon di reservoir pada Gambar 2.1 (Iggunnuu, 2014).



Gambar 2.1 Air di dalam Formasi Reservoir Minyak

Selain berasal dari reservoir itu sendiri, dapat terjadi juga penambahan air melalui injeksi air ke dalam reservoir untuk menjaga tekanan reservoir dan *water breakthrough* dari luar area reservoir. Seluruh air ini terbawa saat sumur memproduksi minyak dan

gas, dan jumlah air produksi ini akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya umur suatu sumur minyak.

Secara umum, komposisi air produksi ini adalah hidrokarbon/minyak terlarut dan terdispersi, mineral formasi terlarut, gas terlarut dan sedimen. Kandungan hidrokarbon dari air produksi masih sangat tinggi, berkisar 5-20%. Karena hidrokarbon berbahaya bagi lingkungan, maka peraturan pemerintah menetapkan baku mutu air produksi yang dibuang ke lingkungan, yaitu konsentrasi hidrokarbon maksimum sebesar 15 ppm (*part-per-million*) untuk area proses di daratan/*onshore* dan 30 ppm di *offshore* (PERMEN LH 19/2010). Oleh karena itu, minyak dan air produksi harus dipisahkan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan untuk mengurangi konsentrasi hidrokarbon di dalamnya.

Adapun kelalaian dalam menjaga kualitas air produksi yang dibuang ke lingkungan memiliki resiko penalti yang sangat tinggi menurut UU 32/2009. Hukuman dari kelalaian tersebut adalah pencabutan izin operasi perusahaan dan sanksi kriminal dengan hukuman penjara maksimal 3 tahun dan denda maksimal Rp. 3.000.000.000. Selain daripada itu, apabila perusahaan terbukti melanggar hukum lingkungan dengan membuang air produksi yang tidak sesuai baku mutu, maka reputasi perusahaan menjadi tercoreng dan hal ini merupakan sesuatu yang sangat serius untuk perusahaan XYZ sebagai perusahaan multinasional yang terkenal dengan standar HSE (*Health, Safety and Environment*) yang tinggi.

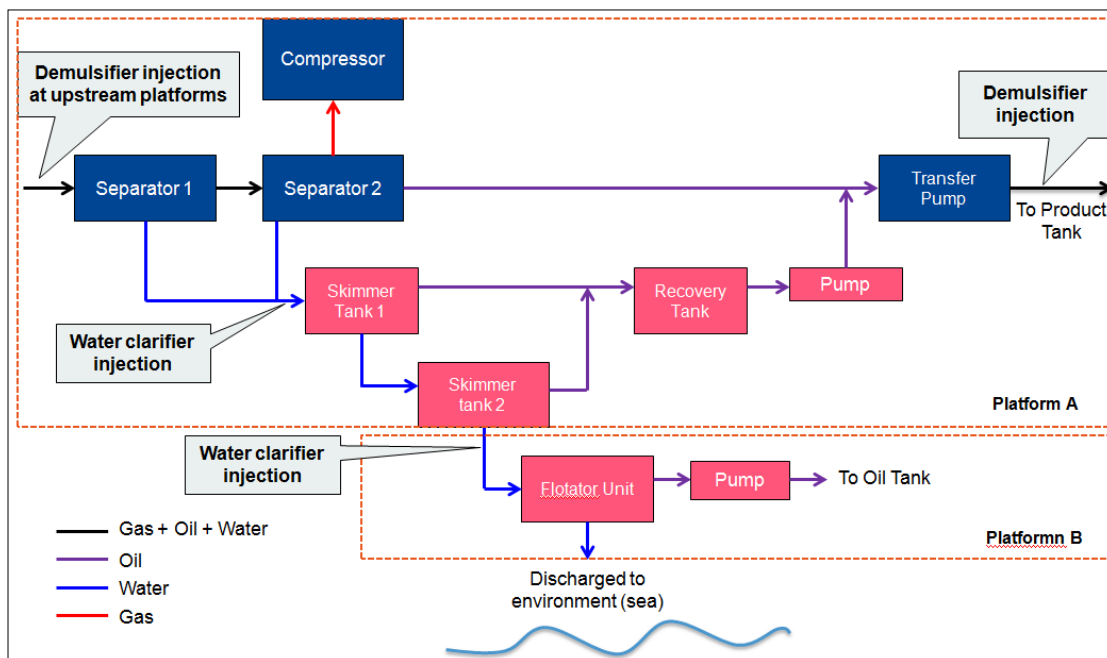
Oleh sebab itu, pengolahan air produksi ini merupakan salah satu *critical process*, dan proses produksi di lapangan BP dapat terhenti apabila proses pengolahan air tidak berfungsi dengan selayaknya. Sehingga, produksi lapangan BP yang berupa 6.000 barrel minyak dan 8.000 MMscfd gas, atau setara dengan 17.8 juta USD/hari menjadi tidak dapat direalisasikan.

2.2 Fasilitas Pengolahan Air Produksi di Lapangan BP, PT. XYZ

Tujuan utama dari proses pengolahan air produksi adalah *de-oiling* atau menghilangkan kandungan minyak dari air dengan cara pemisahan. Secara umum, ada

beberapa teknik dalam pemisahan minyak dan air pada pengolahan air produksi, yaitu secara mekanis, biologis dan injeksi bahan kimia. Biasanya perusahaan melakukan kombinasi dari beberapa teknik pemisahan tersebut (Patton, 1995).

Untuk lapangan BP di PT XYZ, pemisahan minyak dan air dilakukan dengan menggunakan kombinasi teknik pemisahan mekanis dan injeksi bahan kimia. Gambar 2.2 menunjukkan diagram alir proses pengolahan air produksi di lapangan BP.

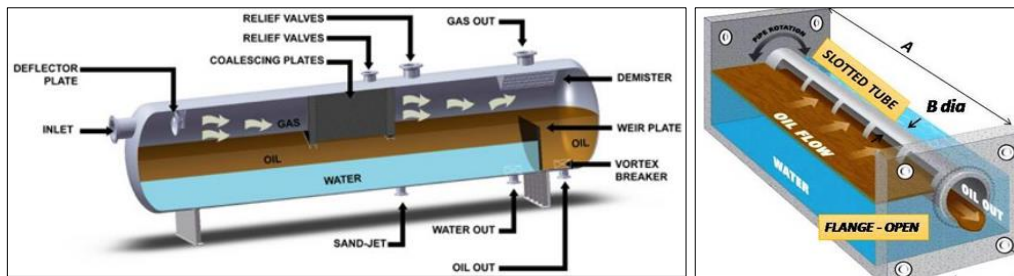


Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Pengolahan Air Produksi di Lapangan BP

2.2.1 Pemisahan Minyak dan Air secara Mekanis

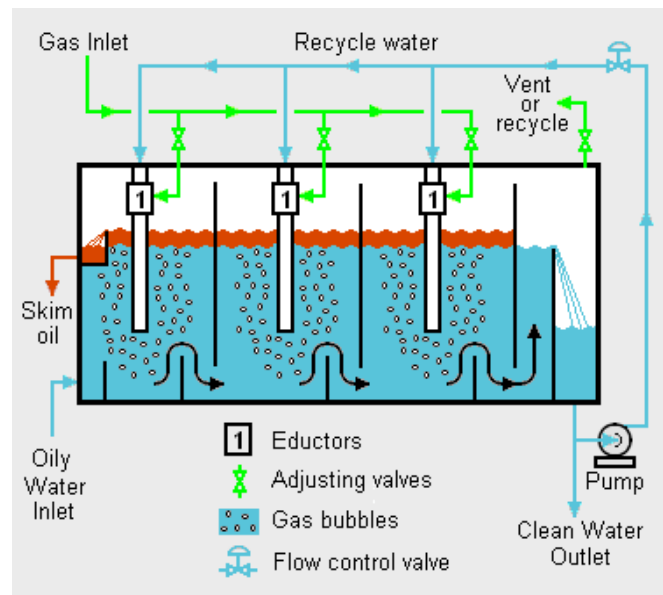
Di lapangan BP, alat yang digunakan untuk pemisahan minyak dan air secara mekanis adalah (Champion, 2003):

- *Separator*: adalah *vessel* yang digunakan untuk memisahkan fasa gas, air dan minyak pada fluida yang berasal dari sumur. Pemisahan pada separator dilakukan berdasarkan perbedaan massa jenis dari masing-masing fasa.
- *Skimmer*: adalah alat yang digunakan untuk mengambil minyak yang mengapung di atas permukaan air, sehingga diperoleh pemisahan antara minyak dan air.



Gambar 2.3 Separator 3 Fasa (kiri) dan Skimmer (kanan)

- *Flotator*: adalah alat untuk memisahkan minyak dan air, dengan cara memasukkan *gas bubble* dan *skimming*. *Small gas bubble* akan membawa lapisan atau gugusan minyak mengambang ke permukaan air, dan kemudian proses *skimming* akan membuat minyak terpisah dengan air.



Gambar 2.4 Flotator (Gas Flotation Unit)

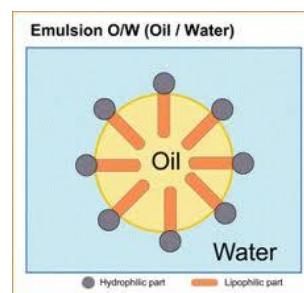
Semua alat-alat pemisahan air dan minyak ini adalah aset PT. XYZ dan hingga saat ini dioperasikan oleh tim produksi dari lapangan BP. Untuk meningkatkan kualitas

pemisahan minyak dan air pada alat-alat ini, dilakukan injeksi bahan kimia, yaitu *demulsifier* dan *water clarifier*.

2.2.2 Pemisahan Minyak dan Air dengan Bahan Kimia

Di lapangan BP, bahan kimia yang digunakan untuk pemisahan minyak dan air adalah (Patton, 1995):

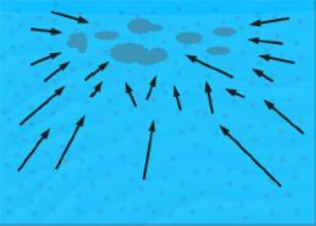
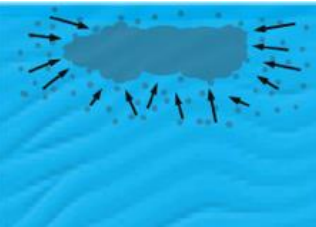
- *Demulsifier*: adalah bahan kimia yang digunakan untuk mengikat air yang terlarut di dalam fasa minyak. Injeksi *demulsifier* dilakukan di sumur dan diperlukan untuk menghasilkan minyak (produk akhir) dengan kualitas/kemurnian lebih baik, dan mempercepat pemisahan minyak dan air sehingga air yang masuk ke proses pengolahan air produksi memiliki kandungan hidrokarbon yang lebih kecil.
- *Water clarifier*: adalah bahan kimia yang digunakan untuk mengikat minyak yang terlarut di dalam fasa air. Pada emulsi minyak dalam air, minyak diikat oleh bagian air yang bersifat lipofilik, sementara bagian luar dikelilingi oleh bagian air yang bersifat hidrofilik (Gambar 2.5).

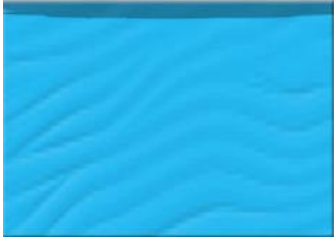


Gambar 2.5 Emulsi Minyak dalam Air

Hal ini membuat antar butiran minyak tidak dapat bertemu dan tidak dapat membentuk aglomerat yang mengambang di permukaan air untuk dipisahkan, namun akan selalu stabil dalam butiran-butiran kecil yang terdispersi di dalam fasa air. Apabila minyak sudah menjadi emulsi yang stabil di dalam air seperti ini, maka pemisahan dengan cara mekanis saja menjadi tidak cukup. *Water clarifier* merupakan bahan kimia yang paling menentukan dalam menjaga kualitas air

buangan. Cara kerja *water clarifier* dapat dilihat pada Gambar 2.6 (Champion, 2003).

	<u>Tahap Pertama:</u> Dalam bentuk terdispersi atau teremulsi, butiran-butiran minyak yang kecil tersebar di seluruh fasa air. Minyak dilapisi air dan muatan (<i>charges</i>) yang terbentuk menghalangi antar butiran minyak untuk menyatu dan membentuk aglomerat.
	<u>Tahap kedua:</u> Saat <i>water clarifier</i> diinjeksikan, bahan kimia ini akan menghilangkan muatan pada permukaan emulsi minyak-air, sehingga butiran minyak dapat bertemu dengan butiran minyak lain dan membentuk aglomerasi.
	<u>Tahap ketiga:</u> Saat antar butiran minyak sudah bertemu, koagulasi terjadi yang terbentuk dari lebih banyak minyak, sehingga lapisan minyak ini akan lebih mudah untuk mengapung ke atas air.

	<u>Tahap keempat:</u> Apabila koagulasi jumlah minyak sudah cukup, akan terbentuk lapisan minyak yang mengambang di atas air sehingga proses pemisahan dengan mekanis menjadi lebih sempurna.
---	---

Gambar 2.6 Tahapan Kerja *Water Clarifier*

2.3 Kontrak Pengolahan Air Produksi di Lapangan BP, PT. XYZ

Untuk industri minyak dan gas, kebijakan mengenai kontrak dengan pihak ketiga diatur di dalam Pedoman Tata Kerja (PTK) 007 Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (SKK Migas). Adapun untuk pengolahan air produksi di lapangan BP ini, ada tiga alternatif tipe kontrak yang dapat diaplikasikan, yaitu:

1) Kontrak material:

Dimana kontraktor hanya menyediakan material bahan kimia yang diperlukan dalam pengolahan air produksi saja, dan dibayar berdasarkan jumlah material yang dikirimkan. Selama periode kontrak, kontraktor wajib mengirimkan *brand* dan spesifikasi bahan kimia yang sama dengan produk yang didaftarkan oleh kontraktor saat di awal tender. Perusahaan akan melakukan analisa QC untuk verifikasi spesifikasi kepada semua material yang dikirimkan, dan material yang lolos QC kemudian disimpan di *warehouse* milik perusahaan sebelum dikirimkan ke lapangan untuk diinjeksikan ke proses. Pembayaran ke *supplier* dilakukan setelah lolos QC, sebelum bahan kimia digunakan di lapangan.

Adapun untuk aplikasinya di lapangan menjadi tanggung jawab perusahaan, termasuk setiap peralatan dan personil yang diperlukan untuk menjaga performa proses pengolahan air produksi. Apabila ada penurunan performa karena faktor-faktor selain perubahan *brand* dan spesifikasi bahan kimia, Perusahaan tidak bisa menuntut kontraktor untuk melakukan tindakan perbaikan. Perusahaan juga tidak

diperkenankan untuk meminta kontraktor mengganti *brand* bahan kimia yang lain selain dari produk yang menang tender. Tipe kontrak inilah yang selama ini digunakan di lapangan BP.

2) Kontrak material beserta personil:

Dimana kontraktor menyediakan material bahan kimia yang diperlukan dalam pengolahan air produksi dan juga personil untuk mengoperasikan injeksi bahan kimia. Jumlah personil yang diperlukan di suatu lapangan beserta dengan *job description* personil sudah ditentukan di awal. Pembayaran berdasarkan jumlah material yang dibeli, dan harga personil sudah diperhitungkan ke dalam harga material oleh kontraktor saat memberikan penawaran/*quotation*.

Sama seperti kontrak material, kontraktor dan perusahaan terikat dengan *brand* dan spesifikasi bahan kimia yang sama dengan produk yang lolos/menang tender. Personil hanya wajib melakukan apa yang tertulis di *job description*, dan kontraktor tidak bertanggung jawab untuk performa proses pengolahan air produksi.

3) Kontrak servis:

Dimana pembayaran berdasarkan servis yang diberikan dalam operasi pengolahan air produksi, dalam hal ini adalah volume air produksi yang diolah. Penyediaan stok bahan kimia, pemilihan bahan kimia dan dosis injeksi, personil, dll menjadi tanggung jawab kontraktor sepenuhnya. Apabila terjadi penurunan performa proses pengolahan air produksi, maka kontraktor bertanggung jawab untuk memperbaikinya atau akan terkena *penalty* sudah ditetapkan di awal kontrak. *Penalty* dapat berupa pemotongan biaya servis atau bahkan terminasi kontrak. Perusahaan.

2.4 Multi Criteria Decision Making (MCDM)

Multi Criteria Decision Making (MCDM) adalah bagian penting dari ilmu pengetahuan modern, yang semakin banyak diaplikasikan dalam berbagai industri dan

badan pemerintah. *MCDM* bertujuan untuk membantu pengambil keputusan dalam menghadapi multi-kriteria dan multi-alternatif.

Pendekatan terstruktur untuk pengambilan keputusan dengan banyak kriteria memerlukan langkah-langkah berikut ini (Benjamin, 2009):

1. Menentukan tujuan dan kriteria yang ingin dicapai.
2. Mengidentifikasi kebutuhan yang harus dipenuhi.
3. Menentukan batasan yang terkait dan terpengaruh oleh keputusan tersebut.
4. Membuat pilihan atau alternatif keputusan.
5. Menerapkan model keputusan multi-kriteria yang sesuai.
6. Membuat keputusan akhir.

2.5 Metode *Delphi*

Metode *Delphi* pertama kali dikembangkan oleh Olaf Helmer, Norman Dalkey dan Nicholas Rescher pada proyek RAND di tahun 1950-1960. Sejak saat itu, metode ini banyak digunakan dengan variasi modifikasi dan reformulasi.

Karakteristik dari metode *Delphi* adalah kemampuan menjaga kerahasiaan nama para ahli yang ikut serta dalam pelaksanaan kuesioner, proses *feedback* yang terkontrol, dan kesesuaian dengan beragam teknik analisa statistik dalam menerjemahkan data. Adler (1996) mengatakan “metode *Delphi* sebagai proses terstruktur untuk mengumpulkan dan menyaring pengetahuan dari grup para ahli melalui serangkaian kuesioner yang diselingi dengan pemberian umpan balik”. Ludlow (1975) menggaris bawahi *value* dari pendapat para ahli bagi pengambil keputusan pada kondisi kurangnya pemahaman pada permasalahan tertentu.

Metode *Delphi* dianggap lebih tepat bila dipergunakan dalam menjaring opini untuk perumusan visi maupun objektif, dikarenakan pertimbangan berikut ini (Ciptomulyono, 2000):

- Kemampuannya untuk menampung opini subjektif setiap individu secara iterative dan adanya umpan balik terkendali dalam penilaian respons kelompok.

- Sifat anonim dalam penarikan survey-nya, maka memungkinkan pengungkapan pendapat secara bebas dan tak memunculkan efek dominasi atas pengaruh sesuatu pendapat dari seseorang yang memiliki otoritas lebih tinggi dalam melahirkan ide.
- Seluruh responden terlibat aktif sejak awal proses dan putaran survei sehingga memudahkan mencari solusi yang kompromistis dan memberikan efektivitas tinggi dalam implementasi keputusan.

Metode *Delphi* sudah digunakan secara luas dan dapat diterima sebagai metode pengumpulan data dari para responden pada bidang keahlian mereka. Metode *Delphi* dirancang sebagai proses komunikasi grup yang diarahkan untuk mencapai konvergensi pendapat tentang suatu masalah tertentu. Metode *Delphi* sangat tepat dalam pengembangan konsensus mengenai permasalahan tertentu dengan cara mengumpulkan data dari para responden melalui serangkaian kuesioner yang dilakukan secara berulang (Hsu, 2007).

Pertanyaan mengenai berapa jumlah ahli yang diperlukan dalam melakukan metode *Delphi* dipandang penting dalam usaha mencapai hasil yang dapat diandalkan. Berdasarkan praktek yang ada, tingkat pengetahuan yang tinggi dari para ahli memungkinkan untuk membatasi jumlah para ahli, tergantung pada seberapa kompleks permasalahannya. Bahkan jumlah panelis cukup dengan 5 orang yang benar-benar ahli dan mempunyai pengalaman pada permasalahan yang diteliti, karena semakin banyak para ahli yang dilibatkan tidak akan menunjukkan perbedaan yang berarti terhadap hasil yang didapatkan (Gawlik, 2009).

Berikut petunjuk iterasi/putaran kuesioner dalam proses *Delphi* (Hsu, 2007):

- 1) Putaran 1: dimulai dengan kuesioner *open-ended*. Kuesioner ini kemudian digunakan sebagai *survey instrument* pada putaran 2.
- 2) Putaran 2: panelis *Delphi* menerima kuesioner kedua yang berisi *items-summary* dari informasi yang diperoleh pada kuesioner putaran 1. Biasanya, panelis diminta untuk memberikan nilai atau ranking untuk menentukan prioritas dari daftar tersebut.

- 3) Putaran 3: panelis *Delphi* menerima kuesioner yang berisi daftar dan ranking yang diperoleh dari putaran 2, dan diminta untuk merevisi keputusan panelis atau memberikan alasan apabila tetap diluar konsensus. Dalam putaran ini, panelis diberikan kesempatan untuk membuat klarifikasi dan keputusan lebih lanjut. Namun, bila dibandingkan dengan putaran sebelumnya, biasanya hanya sedikit perubahan konsensus yang terjadi.
- 4) Putaran 4: merupakan putaran terakhir, dimana panelis menerima daftar final dan rankingnya. Ini adalah kesempatan terakhir panelis untuk merubah keputusan mereka.

Adapun jumlah putaran pada metode *Delphi* tergantung pada tinggi rendahnya konsensus yang ditetapkan, dan dapat bervariasi menjadi tiga atau 5 putaran.

2.6 Metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*

Metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)* adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang pada tahun 1981. Metode ini banyak digunakan untuk menyelesaikan pengambilan keputusan secara praktis. *TOPSIS* memiliki konsep dimana alternatif yang dipilih merupakan alternatif terbaik yang memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif.

Menurut Parida (2013), langkah-langkah dalam *TOPSIS* adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat matriks keputusan untuk alternatif dan sub-kriteria ke dalam sebuah matriks:

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{1j} \\ X_{12} & X_{22} & X_{2j} \\ X_{i1} & X_{i2} & X_{ij} \end{bmatrix}$$

dengan:

D = matriks keputusan

X_{ij} = pengukuran pilihan dari alternatif ke- i dan sub-kriteria ke- j

- 2) Menghitung matriks keputusan ternormalisasi:

$$N_{ij} = X_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (\text{persamaan 2.1})$$

dengan:

N_{ij} = matriks keputusan ternormalisasi

- 3) Menghitung matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot:

$$V_{ij} = W_j N_{ij}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (\text{persamaan 2.2})$$

dengan:

V_{ij} = matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot

W_j = bobot atribut ke- j dan $\sum_{j=1}^n W_j = 1$

- 4) Menentukan solusi ideal positif dan solusi ideal negatif:

$$A^+ = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+\}, \text{ dimana } V_j^+ = (\max_i V_{ij} | j \in J)$$

dan

$$A^- = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-\}, \text{ dimana } V_j^- = (\min_i V_{ij} | j \in J) \quad (\text{persamaan 2.3})$$

dengan:

A^+ = solusi ideal positif

A^- = solusi ideal negatif

- 5) Menentukan jarak solusi ideal positif dan jarak solusi ideal negatif:

$$Di^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}, \text{ untuk } i = 1, \dots, m$$

$$Di^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}, \text{ untuk } i = 1, \dots, m \quad (\text{persamaan 2.4})$$

dengan:

Di^+ = jarak solusi ideal positif

Di^- = jarak solusi ideal negatif

- 6) Menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif:

$$R_i = Di^- / (Di^+ + Di^-), i = 1, \dots, m \quad (\text{persamaan 2.5})$$

dengan

$$Di^- \geq 0 \text{ dan } Di^+ \geq 0, \text{ dan } R_i \in [0,1]$$

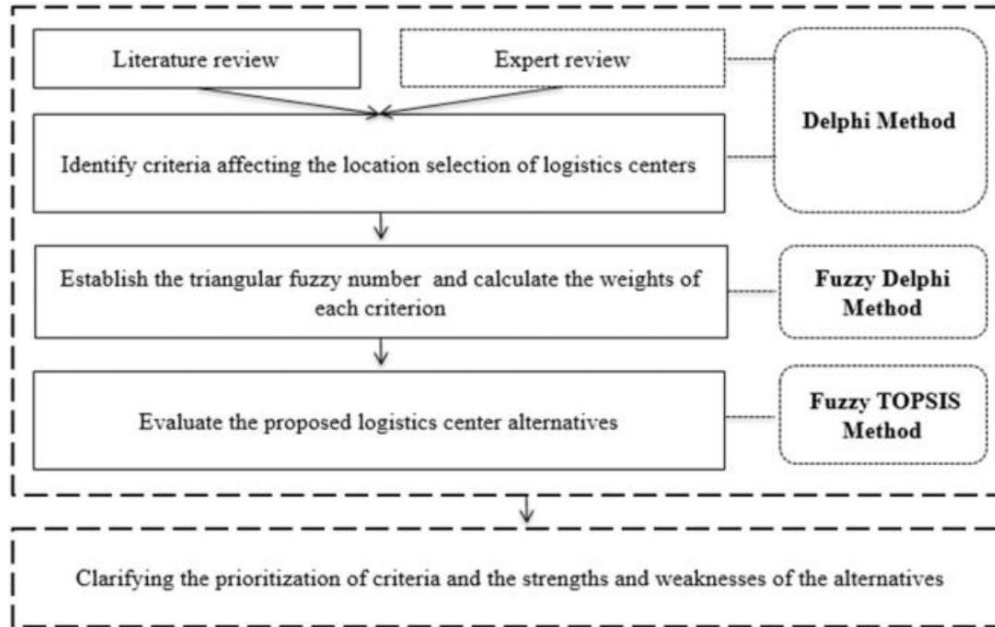
R_i = nilai preferensi untuk setiap alternatif (A_i)

- 7) Membuat ranking dari preferensi

2.7 Penggunaan Metode *Delphi* dan Metode *TOPSIS*

Integrasi metode *Delphi* dan metode *TOPSIS* telah digunakan untuk penelitian yang berhubungan dengan *multi criteria decision making (MCDM)*. Hasil putaran kuesioner dari metode *Delphi* digunakan untuk menghitung bobot dari masing-masing kriteria. Bobot ini bersama dengan *normalized decision matrix* dari metode *TOPSIS* digunakan untuk menghitung *weighted normalized decision matrix*, yang pada akhirnya dipakai untuk meranking alternatif, sesuai dalam langkah-langkah pada metode *TOPSIS*.

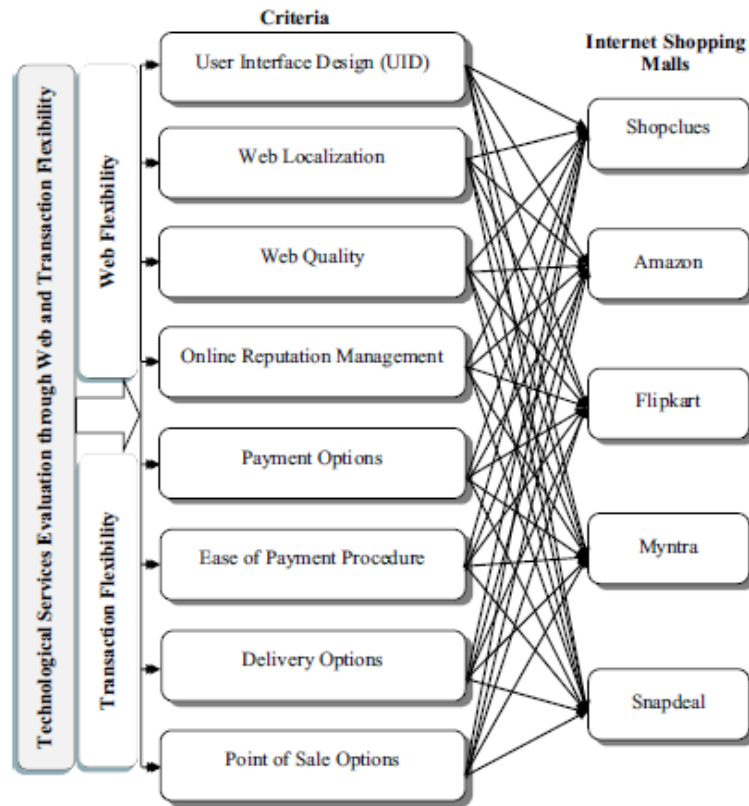
Metode *fuzzy Delphi TOPSIS* untuk pengambilan keputusan dalam menentukan lokasi pusat logistic di Vietnam (Pham dan Ma, 2017). Prosedurnya terdiri dari menentukan kriteria berdasarkan literatur dan pendapat para ahli (metode *Delphi*), *assessment* untuk bobot kriteria (metode *Fuzzy Delphi*), dan menentukan ranking lokasi alternatif pusat logistic (metode *Fuzzy TOPSIS*). Diagram penelitian untuk pemilihan lokasi logistik terdapat pada Gambar 2.7. Dengan pendekatan *fuzzy*, variable linguistik diekspresikan sebagai kata atau kalimat, dan digunakan untuk indikasi *fuzzy set*. Bobot kepentingan relatif dari kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi lokasi pusat logistik dibagi menjadi tujuh skala. Skala Likert tujuh poin dari “sangat tinggi” = 7 hingga “sangat rendah” = 1 digunakan untuk menentukan skor bagi setiap indikator. Hasilnya menunjukkan bahwa *freight demand*, jarak ke pasar, area produksi, pelanggan dan biaya transportasi dianggap sebagai faktor-faktor yang paling penting dalam menentukan lokasi pusat logistik. Dari tiga pilihan lokasi, provinsi timur laut dari kota Ho Chi Minh merupakan lokasi yang terbaik untuk pusat logistik, diikuti dengan Hanoi barat dan kota Da Nang.



Gambar 2.7 Diagram Penelitian untuk Pemilihan Lokasi Logistik

Proses integrasi metode *fuzzy Delphi* dan *generalized fuzzy TOPSIS* untuk membuat ranking fleksibilitas transaksi *Internet shopping malls* (Kumar dan Dash 2017). Teori *fuzzy* digunakan untuk mengatasi *vagueness* dari pemikiran manusia dan untuk menangani ambiguitas yang terkait dalam proses pembuatan keputusan. Dalam penelitiannya, Kumar dan Dash melakukan metode *fuzzy Delphi* untuk mengevaluasi dimensi fleksibilitas dari lima *Internet shopping mall* terbesar di India, yaitu Flipkart, Snapdeal, Myntra, Amazon dan Shopeeclues. Survei dilakukan terhadap pakar akademisi, marketing *online* dan pembeli *online* yang sudah menjadi pelanggan selama 5-6 tahun terakhir. Survei dilakukan untuk kriteria fleksibilitas web dan fleksibilitas transaksi. Fleksibilitas web meliputi *user interface design* (UID), *web localization*, kualitas web dan reputasi manajemen inline. Fleksibilitas transaksi meliputi pilihan pembayaran, kemudahan proses pembayaran dan pilihan pengiriman. Dari metode *fuzzy Delphi* dan *generalized fuzzy TOPSIS* yang dilakukan, diperoleh hasil *Internet*

mall Flipkart sebagai ranking pertama, yang kemudian diikuti oleh Amazon, Snapdeal, Shopclues dan Myntra. Metode evaluasi untuk penelitian ini terdapat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Metode Evaluasi untuk *Ranking Internet Shopping Mall*

2.8 Posisi Penelitian

Penelitian ini adalah salah satu penerapan dari metode *multi criteria decision making (MCDM)* yang telah ada, yaitu dengan mengintegrasikan metode *Delphi* dan metode *TOPSIS*. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya antara lain:

- Penelitian sebelumnya dilakukan di bidang logistik, marketing, IT dan kebijakan pemerintahan. Sementara penelitian untuk pemilihan tipe kontrak pengolahan air produksi belum pernah dilakukan.

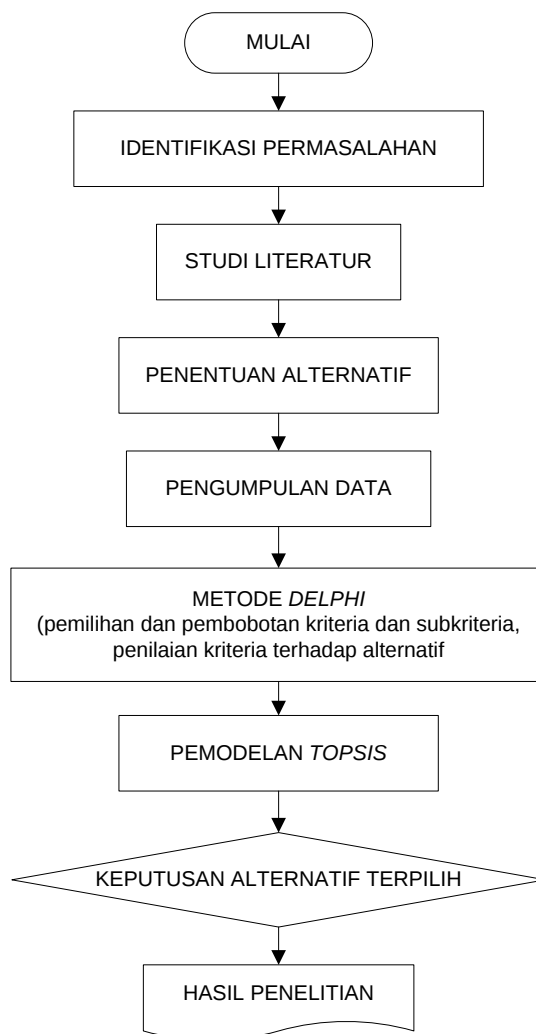
- Penelitian ini secara spesifik diaplikasikan pada lapangan BP di PT. XYZ (studi kasus kontrak pengolahan air produksi), yang belum pernah dilakukan oleh penelitian-penelitian sebelumnya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian mengandung pengertian suatu proses yang terstruktur, sehingga memerlukan aturan-aturan dan langkah-langkah tertentu untuk melaksanakannya. Melalui sistematika ini, proses penelitian dapat dipahami dan diikuti oleh pihak lain.

3.1 Bagan Alir Penelitian



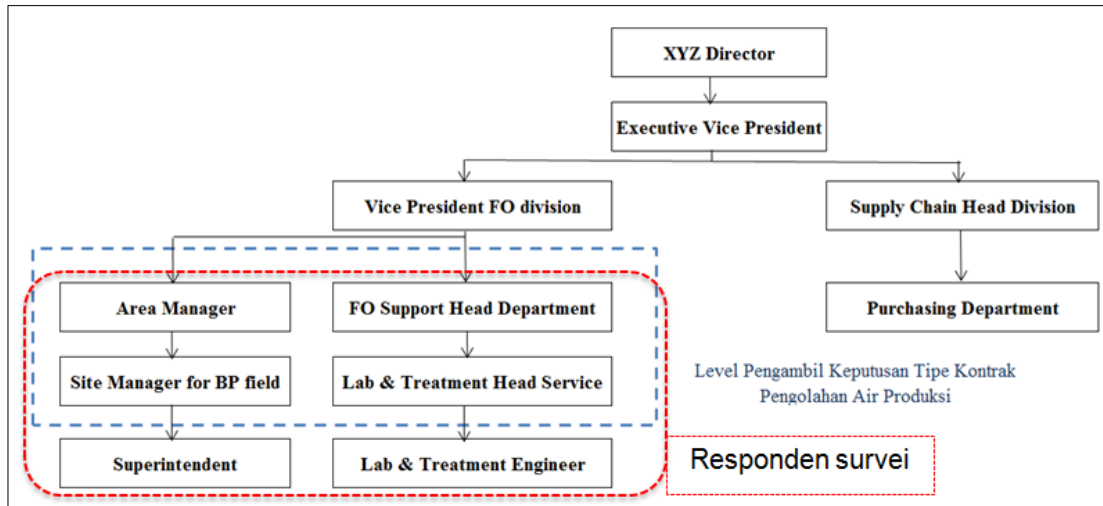
3.2 Pengumpulan Data dengan Metode Delphi

3.2.1 Pemilihan Responden

Mengacu pada kajian pustaka mengenai langkah-langkah dan pelaksanaan survei atau penyebaran kuesioner dengan metode *Delphi*, penelitian ini menggunakan 9 (sembilan) ahli/responden dengan kriteria sebagai berikut:

1. Responden adalah pegawai dari PT. XYZ.
2. Mewakili tim yang mempunyai kepentingan terhadap fasilitas pengolahan air produksi di lapangan BP.
3. Memiliki pengalaman kerja di PT. XYZ minimal 5 tahun di bagian *Field Operation*.
4. Mempunyai pengetahuan yang memadai tentang fasilitas pengolahan air produksi di lapangan BP.

Pengambilan keputusan untuk pengadaan/tender pengolahan air produksi biasanya dilakukan oleh tim di level manajemen divisi *Field Operation* untuk lapangan terkait. Namun untuk memperluas sumber data dan mengakomodasi semua tim yang terlibat dalam pengolahan air produksi, responden untuk survei *Delphi* mencakup level pelaksana di lapangan, selain level pengambil keputusan. Posisi dalam organisasi dari responden survei terdapat di Gambar 3.1 dan daftar responden terdapat di Tabel 3.1.



Gambar 3.1 Organisasi *Field Operation* di PT. XYZ

Tabel 3.1 Daftar Responden

No.	Nama	Posisi
1.	AM	Head Department
2.	AH	Site Manager
3.	GA	Site Manager
4.	SW	Head Service
5.	CM	Head Service
6.	AB	Superintendent
7.	HH	Senior Engineer
8.	RM	Senior Engineer
9.	TP	Senior Engineer

3.2.2 Informasi Awal kepada Responden

Sebelum dilakukan survei, diberikan pemaparan informasi kepada responden mengenai maksud dan tujuan dilakukan survei *Delphi* serta studi kasus mengenai rencana pemilihan alternatif terbaik untuk tipe kontrak pengolahan air produksi.

Terdapat 3 (tiga) alternatif tipe kontrak yang akan dipilih untuk pengolahan air produksi lapangan BP, yaitu:

- a. Alternatif 1: kontrak material
- b. Alternatif 2: kontrak material dan personnel
- c. Alternatif 3: kontrak servis.

Deskripsi lebih lanjut untuk ketiga alternatif kontrak tersebut ada di dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Deskripsi Alternatif Kontrak untuk Pengolahan Air Produksi

Parameter	Alternatif #1 Kontrak Material	Alternatif #2 Kontrak Material+Personnel	Alternatif #3 Kontrak Servis
Lingkup Kerja Kontraktor	Hanya menyediakan material saja (bahan kimia)	Menyediakan bahan kimia dan personil untuk mengoperasikan injeksi bahan kimia dan aktivitas sederhana	Menyediakan servis untuk operasi pengolahan air produksi
Lingkup Kerja Perusahaan (PT. XYZ)	- Melakukan uji QC untuk material yang dikirim - Bertanggung jawab untuk operasi dan <i>troubleshooting</i> fasilitas pengolahan air produksi	- Melakukan uji QC untuk material yang dikirim - Bertanggung jawab untuk operasi dan <i>troubleshooting</i> fasilitas pengolahan air produksi (dibantu personil Contractor)	Monitor operasi fasilitas pengolahan air produksi untuk meyakinkan Kontraktor memberikan servis yang sesuai spesifikasi (kandungan minyak dalam air sesuai dengan baku mutu)
Pemilihan <i>brand</i> bahan kimia	- Dipilih oleh Perusahaan saat tender (uji performa di lab dan di lapangan) - Hanya satu <i>brand</i> bahan kimia yang dipilih (harga termurah dari yang lulus uji performa)	- Dipilih oleh Perusahaan saat tender (uji performa di lab dan di lapangan) - Hanya satu <i>brand</i> bahan kimia yang dipilih (harga termurah dari yang lulus uji performa)	- Dipilih oleh Kontraktor saat implementasi kontrak - Berbagai <i>brand</i> dan spesifikasi bahan kimia diperbolehkan

Provisi <i>brand</i> bahan kimia dan spesifikasi	Harus sama dengan yang didaftarkan saat tender	Harus sama dengan yang didaftarkan saat tender	Dapat bervariasi, yang paling sesuai dengan kondisi lapangan
Basis pembayaran	Berdasarkan jumlah bahan kimia yang dikirim dan lolos uji QC	Berdasarkan jumlah bahan kimia yang dikirim dan lolos uji QC	Berdasarkan volume air yang diolah dan memenuhi spesifikasi
Penalti kontrak	Apabila ada keterlambatan pengiriman	Apabila ada keterlambatan pengiriman	Apabila servis tidak memenuhi syarat (kandungan minyak tinggi/ <i>off-spec</i>)

3.2.3 Tahapan Metode *Delphi*

Metode *Delphi* pada penelitian ini menggunakan 4 putaran proses survei dengan target informasi yang didapat dari masing-masing putaran adalah sebagai berikut:

1. Putaran 1: mendapatkan kriteria penting yang akan digunakan dalam memilih alternatif tipe kontrak untuk pengolahan air produksi di lapangan BP. Kriteria yang diusulkan kepada responden didasarkan pada hasil peninjauan ulang dan data historis pada fasilitas pengolahan air produksi di lapangan BP, sehingga diharapkan operasional sebelumnya dapat memberikan informasi mengenai hal-hal yang perlu diperbaiki atau diperluas berkaitan dengan penentuan kriteria dalam pemilihan alternatif tipe kontrak. Berikut adalah kriteria yang diusulkan:

- A. Proses Tender
- B. Biaya
- C. *Deliverables* saat implementasi kontrak
- D. Monitoring operasi
- E. *Troubleshooting* dan pemeliharaan

Pengumpulan pendapat dari para responden untuk penentuan kriteria menggunakan skala Likert dengan pilihan sebagai berikut:

- SS : Sangat Setuju (bobot 5)
 - S : Setuju (bobot 4)
 - N : Ragu-ragu (bobot 3)
 - TS : Tidak Setuju (bobot 2)
 - STS : Sangat Tidak Setuju (bobot 1)
2. Putaran 2: mendapatkan subkriteria penting yang akan digunakan dalam memilih alternatif tipe kontrak untuk pengolahan air produksi di lapangan BP dengan menggunakan skala Likert yang sama dengan Putaran 1.
3. Putaran 3: mendapatkan bobot dari subkriteria penting yang disetujui menggunakan skala Likert dengan pilihan sebagai berikut:
- A = Sangat Penting (bobot 5)
 - B = Penting (bobot 4)
 - C = Biasa (bobot 3)
 - D = Tidak Penting (bobot 2)
 - E = Sangat Tidak Penting (bobot 1)
4. Putaran 4: mendapatkan nilai subkriteria terhadap ketiga alternatif kontrak. Penilaian subkriteria menggunakan skala Likert 1 sampai 5 (skala interval) sesuai Tabel 3.3 dengan alternatif tipe kontrak berikut ini:
- Alternatif-1 : kontrak material
 - Alternatif-2 : kontrak material dengan personil
 - Alternatif-3 : kontrak servis

Tabel 3.3 Skala Penilaian Subkriteria

Skala	Keterangan
5	Sangat mudah, sangat cepat, sangat murah, sangat akurat, sangat jelas, sangat mampu
4	Mudah, cepat, murah, akurat, jelas, mampu
3	Standar, biasa saja
2	Sulit, lambat, mahal, tidak akurat, tidak jelas, tidak mampu
1	Sangat sulit, sangat mahal, sangat tidak akurat, sangat tidak jelas, sangat tidak mampu

Hasil dari metode *Delphi* akan berupa daftar kriteria, bobot dari masing-masing kriteria dan nilai kriteria untuk masing-masing alternatif yang dapat digambarkan sebagai berikut:

Tabel 3.4 Daftar Subkriteria dan Bobot Kriteria

Subkriteria	Bobot
$f_1(.)$	$0.xx$
$f_2(.)$	$0.xx$
...	...
$f_h(.)$	$0.xx$
...	...
$f_k(.)$	$0.xx$

Tabel 3.5 Rekapitulasi Nilai Subkriteria terhadap Alternatif

Subkriteria	Alternatif			
	a	b	...	n
$f_1(.)$	$f_1(a)$	$f_1(b)$	...	$f_1(n)$
$f_2(.)$	$f_2(a)$	$f_2(b)$	...	$f_2(n)$
...	...	...	...	...
$f_j(.)$	$f_j(a)$	$f_j(b)$	...	$f_j(n)$
...	...	...	...	...
$f_k(.)$	$f_k(a)$	$f_k(b)$	...	$f_k(n)$

Data pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5 selanjutnya akan digunakan untuk pengolahan data pada metode *TOPSIS*.

3.3 Pemodelan TOPSIS

Selanjutnya dilakukan penentuan ranking alternatif-alternatif tipe kontrak pengolahan air produksi dengan metode *TOPSIS*, dengan menggunakan tahapan-tahapan berikut:

1. Membuat matriks keputusan. Adapun input data untuk kriteria menggunakan hasil dari metode sebelumnya.
2. Menghitung matriks keputusan ternormalisasi (persamaan 2.1) dari matriks keputusan.
3. Menghitung matriks keputusan ternormalisasi terbobot (persamaan 2.2) dari matriks keputusan ternormalisasi dengan input bobot masing-masing kriteria yang diperoleh dari metode sebelumnya.
4. Menghitung nilai solusi ideal positif dan solusi ideal negatif (persamaan 2.3) dari matriks keputusan ternormalisasi terbobot.
5. Menghitung jarak masing-masing alternatif dengan solusi ideal positif dan ideal negatif (persamaan 2.4). Sebuah alternatif lebih disukai apabila mempunyai nilai jarak terkecil terhadap solusi ideal positif, dan sebaliknya mempunyai nilai jarak terbesar terhadap solusi ideal negatif.
6. Menghitung nilai preferensi untuk setiap alternatif (persamaan 2.5) dari jarak masing-masing alternatif terhadap solusi ideal positif dan ideal negatif.
7. Meranking alternatif berdasarkan nilai preferensi dari setiap alternatif. Alternatif dengan nilai preferensi yang lebih besar menunjukkan bahwa alternatif tersebut lebih disukai.

3.4 Analisa Sensitivitas

Penerapan analisa sensitivitas dalam *multi criteria decision making process* sangat penting dilakukan untuk memastikan *robustness* dari keputusan akhir (*final decision*). Pada penelitian ini, analisa sensitivitas dilakukan dengan merubah bobot dari subkriteria yang dominan.

3.5 Diskusi dan Pembahasan

Selama penelitian dilakukan, diskusi akan banyak dilakukan dengan dosen pembimbing dan tenaga ahli yang terkait dengan penelitian. Hasil penelitian akan didiskusikan dengan tim penguji untuk pengesahan terhadap penelitian yang telah dilakukan. Dari hasil diskusi dan pembahasan, akan diperoleh kesimpulan dan saran, sebagai masukan dan rekomendasi bagi perusahaan dan peneliti selanjutnya.

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas analisa data yang diperoleh dari survei metode *Delphi* dan perhitungan dengan model TOPSIS.

4.1 Analisa Data Metode *Delphi*

4.1.1 Putaran 1

Dari putaran 1 diharapkan didapatkan kriteria yang sesuai untuk pemilihan alternatif tipe kontrak pengolahan air produksi. Rangkuman jawaban kuesioner dari 9 (sembilan) responden terhadap kriteria yang diusulkan terdapat di Tabel 4.1 dan hasil pengolahan data dengan statistik deskriptif terdapat di Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Kuesioner Pemilihan Kriteria

Kriteria	Responden								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proses Tender	S	S	N	S	N	N	S	N	N
Biaya	SS	SS	SS	SS	S	S	SS	S	S
<i>Deliverables</i> saat implementasi kontrak	S	SS	SS	S	S	S	S	S	S
<i>Monitoring</i> operasi	S	S	S	S	S	SS	N	S	SS
<i>Troubleshooting</i> dan pemeliharaan	S	S	S	S	S	SS	SS	SS	S

Tabel 4.2 Hasil Kuesioner Pemilihan Kriteria

Kriteria	SS	S	N	TS	STS	Total	Y	Skor
Proses Tender	0	4	5	0	0	31	45	69%
Biaya	5	4	0	0	0	41	45	91%
<i>Deliverables</i> saat implementasi kontrak	2	7	0	0	0	38	45	84%
<i>Monitoring</i> operasi	2	6	1	0	0	37	45	82%
<i>Troubleshooting</i> dan pemeliharaan	3	6	0	0	0	39	45	87%

Contoh perhitungan untuk kriteria Proses Tender adalah sebagai berikut:

- $\text{Total} = (0 \times 5) + (4 \times 4) + (5 \times 3) + (0 \times 2) + (0 \times 1) = 31$
- $Y = \text{maksimum skor Sangat Setuju untuk total jumlah responden} = 5 \times 9 = 45$
- $\text{Skor} = (31/45) \times 100\% = 69\%$

Kesimpulan dari tanggapan semua responden terhadap usulan kriteria yang diberikan dinilai dengan parameter sebagai berikut:

Tabel 4.3 Prosentase Nilai

Skor	Kesimpulan
0% - 19.99%	Sangat Tidak Setuju
20% - 39.99%	Tidak Setuju
40% - 59.99%	Netral atau Cukup
60% - 79.99%	Setuju
80% - 100%	Sangat Setuju

Berikut ini adalah kesimpulan dari tanggapan semua responden untuk masing-masing kriteria:

Tabel 4.4 Hasil Pemilihan Kriteria

No.	Kriteria	Skor	Kesimpulan
A.	Proses Tender	69%	Setuju
B.	Biaya	91%	Sangat Setuju
C.	<i>Deliverables</i> saat implementasi kontrak	84%	Sangat Setuju
D.	<i>Monitoring</i> operasi	82%	Sangat Setuju
E.	<i>Troubleshooting</i> dan pemeliharaan	87%	Sangat Setuju

4.1.2 Putaran 2

Hasil dari Putaran 1 disampaikan ke semua responden dan kemudian peneliti mengajukan kuesioner berisi usulan subkriteria. Metode pengusulan kriteria masih

menggunakan skala Likert dengan respon deskriptif. Berikut adalah hasil pengolahan jawaban dari kuesioner untuk subkriteria yang diusulkan:

Tabel 4.5 Hasil Pemilihan Subkriteria

No.	Subkriteria	Skor	Kesimpulan
A-1	Partisipasi kontraktor banyak	55.56%	Tidak Setuju
A-2	Lebih mudah menentukan kriteria teknis	86.67%	Sangat Setuju
A-3	Mudah untuk <i>screening</i> kontraktor yang buruk	86.67%	Sangat Setuju
A-4	Proses persetujuan SKK Migas lebih mudah	86.67%	Sangat Setuju
A-5	Proses tender sederhana dan mudah	55.56%	Tidak Setuju
A-6	Lebih mudah melakukan evaluasi teknis	73.33%	Setuju
B-1	Lebih mudah menentukan HPS (Harga Perkiraan)	75.56%	Setuju
B-2	Proses seleksi tender lebih murah	57.78%	Tidak Setuju
B-3	Biaya operasi lebih rendah	88.89%	Sangat Setuju
B-4	Biaya pemeliharaan alat OWTU lebih rendah	73.33%	Setuju
B-5	Biaya karyawan perusahaan lebih murah	55.56%	Tidak Setuju
C-1	Kontraktor lebih mudah memberikan hasil sesuai <i>scope</i>	82.22%	Sangat Setuju
C-2	<i>Monitoring deliverables</i> lebih mudah	84.44%	Sangat Setuju
C-3	Kontraktor lebih <i>concern</i> untuk performa bahan kimia	86.67%	Sangat Setuju
C-4	Injeksi bahan kimia lebih efisien	57.78%	Tidak Setuju
C-5	Kontraktor termotivasi agar performanya lebih baik	86.67%	Sangat Setuju
D-1	<i>Off-spec oil content</i> lebih singkat	86.67%	Sangat Setuju
D-2	<i>Monitoring</i> proses OWTU lebih mudah	86.67%	Sangat Setuju
D-3	Kontrol <i>reliability</i> data lebih mudah	86.67%	Sangat Setuju
D-4	Kompetensi personil lebih baik	86.67%	Sangat Setuju
E-1	Responsif apabila <i>troubleshooting</i> diperlukan	88.89%	Sangat Setuju
E-2	Proses dan peranan <i>troubleshooting</i> lebih jelas	91.11%	Sangat Setuju
E-3	Koordinasi pemeliharaan peralatan lebih mudah	73.33%	Setuju
E-4	Manajemen stok bahan kimia lebih mudah	55.56%	Tidak Setuju
E-5	Lebih mudah untuk menangani perubahan sifat fluida	93.33%	Sangat Setuju

Dari 25 subkriteria yang diusulkan, 19 disetujui dan 6 tidak disetujui dan akan dikeluarkan dari daftar subkriteria pada urvei putaran berikutnya. Jawaban dari para responden dan pengolahan data dengan metode statistik deskriptif untuk subkriteria yang diusulkan dapat dilihat di Lampiran 2.

Adapun 6 subkriteria yang tidak disetujui adalah A-1 (partisipasi kontraktor banyak), A-5 (proses tender sederhana dan mudah), B-2 (proses seleksi tender lebih murah), B-5 (biaya karyawan perusahaan lebih murah), C-4 (injeksi bahan kimia lebih efisien), E-4 (manajemen stok bahan kimia lebih mudah). Keenam subkriteria ini dianggap kurang penting oleh responden karena lebih banyak menyangkut aspek yang bersifat administratif baik saat tender maupun tahapan *stocking*, yang tidak mempengaruhi kualitas air buangan secara langsung dan tidak dapat serta merta memperbaiki kinerja dari bahan kimia maupun kinerja fasilitas pengolahan air produksi di lapangan BP.

4.1.3 Putaran 3

Hasil dari Putaran 2 disampaikan ke semua responden dan kemudian responden diminta untuk memberikan bobot untuk 19 (Sembilan belas) subkriteria yang disetujui. Hasil pemberian bobot subkriteria terdapat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Kuesioner Pembobotan Subkriteria

No Subkriteria	Responden									Mean	Bobot Parsial	Bobot Global
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
A-2	4	4	3	3	5	3	3	3	3	3.44	0.263	0.057
A-3	3	3	4	3	4	4	3	4	4	3.56	0.271	0.059
A-4	2	3	1	4	2	2	3	3	3	2.56	0.195	0.043
A-6	4	4	5	3	1	4	3	4	4	3.56	0.271	0.059
B-1	2	2	4	4	2	2	4	4	2	2.89	0.241	0.048
B-3	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4.89	0.407	0.081
B-4	3	5	2	4	5	5	4	5	5	4.22	0.352	0.070
C-1	3	2	4	3	3	2	2	2	2	2.56	0.232	0.043
C-2	4	5	4	3	3	2	2	2	2	3.00	0.273	0.050
C-3	3	2	2	3	3	5	2	1	1	2.44	0.222	0.041
C-5	2	2	2	3	3	2	5	4	4	3.00	0.273	0.050
D-1	4	3	2	3	4	3	5	4	3	3.44	0.292	0.057
D-2	3	3	4	2	2	3	2	4	3	2.89	0.245	0.048
D-3	3	3	2	2	4	3	2	2	3	2.67	0.226	0.044
D-4	2	3	4	4	2	3	2	2	3	2.78	0.236	0.046
E-1	2	3	4	4	2	3	2	4	3	3.00	0.248	0.050
E-2	2	3	2	2	4	3	4	4	3	3.00	0.248	0.050
E-3	2	3	4	3	2	3	1	2	2	2.44	0.202	0.041
E-5	5	3	3	3	4	3	5	3	4	3.67	0.303	0.061

Hasil dari bobot subkriteria menunjukkan subkriteria yang paling dominan adalah B-3 (biaya operasi lebih rendah), diikuti dengan subkriteria B-4 (biaya pemeliharaan alat OWTU atau *Oily Water Treatment Unit* lebih rendah) dan subkriteria E-5 (lebih mudah untuk menangani perubahan sifat fluida). Hasil ini sejalan dengan latar belakang penelitian ini, dimana kontrak material yang sekarang tidak dapat mengakomodir perubahan fluida yang ada di lapangan BP, sehingga terjadi kenaikan konsumsi bahan kimia secara signifikan.

4.1.4 Putaran 4

Hasil dari Putaran 3 berupa bobot subkriteria disampaikan kepada semua responden. Kemudian peneliti mengajukan kuesioner selanjutnya agar para responden memberikan nilai subkriteria terhadap ketiga (3) alternatif tipe kontrak. Ringkasan

penilaian para responden untuk 19 (Sembilan belas) subkriteria terhadap 3 (tiga) alternatif tipe kontrak terdapat pada Tabel 4.7 dan data dari penilaian para responden untuk masing-masing alternatif dan pengolahan data dapat dilihat di Lampiran 2.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Nilai Subkriteria Terhadap Semua Alternatif

No Subkriteria	Alt-1	Alt-2	Alt-3
A-2	3.56	3.44	2.67
A-3	2.67	3.22	3.22
A-4	3.56	3.00	2.44
A-6	3.89	3.00	1.78
B-1	3.44	2.78	2.22
B-3	2.44	3.00	3.11
B-4	3.11	3.00	3.00
C-1	3.44	3.67	2.44
C-2	2.78	2.78	3.56
C-3	2.33	3.00	3.67
C-5	2.33	2.67	3.89
D-1	2.11	2.67	3.78
D-2	3.00	2.78	3.44
D-3	3.11	3.11	2.44
D-4	2.44	3.78	3.89
E-1	2.22	3.11	3.89
E-2	2.00	2.78	3.78
E-3	2.78	3.44	3.11
E-5	2.22	2.67	3.89

Hasil pada Tabel 4.7 kemudian digunakan sebagai data awal pada pengolahan data berikutnya dengan metode *TOPSIS*.

4.2 Pengolahan Data Metode *TOPSIS*

Metode *TOPSIS* digunakan untuk merangking alternatif-alternatif tipe kontrak yang ada dengan cara membuat matriks keputusan dan memberikan penilaian terhadap kesesuaian dengan subkriteria. Penilaian ini adalah hasil dari metode *Delphi* melalui

survei kepada sembilan orang responden. Data dari hasil survei ini kemudian diolah dengan menggunakan metode *TOPSIS*, dengan bobot masing-masing subkriteria yang diperoleh dari perhitungan hasil survei. Berikut ini pengolahan data dengan menggunakan metode *TOPSIS*:

a. Membuat Matriks Keputusan

Tabel 4.8 adalah matriks keputusan yang disusun dengan subkriteria dari metode *Delphi* dan alternatif-alternatif yang masuk dalam *scope* penelitian ini. Nilai-nilai dalam Tabel 4.8 tersebut diperoleh dari penilaian responden untuk bobot subkriteria bagi masing-masing alternatif.

Tabel 4.8 Matriks Keputusan

Alternatif	Subkriteria																		
	A-2	A-3	A-4	A-6	B-1	B-3	B-4	C-1	C-2	C-3	C-5	D-1	D-2	D-3	D-4	E-1	E-2	E-3	E-5
Alt-1	3.56	2.67	3.56	3.89	3.44	2.44	3.11	3.44	2.78	2.33	2.33	2.11	3.00	3.11	2.44	2.22	2.00	2.78	2.22
Alt-2	3.44	3.22	3.00	3.00	2.78	3.00	3.00	3.67	2.78	3.00	2.67	2.67	2.78	3.11	3.78	3.11	2.78	3.44	2.67
Alt-3	2.67	3.22	2.44	1.78	2.22	3.11	3.00	2.44	3.56	3.67	3.89	3.78	3.44	2.44	3.89	3.89	3.78	3.11	3.89

b. Menghitung Matriks Keputusan Ternormalisasi

Matriks keputusan tersebut perlu dinormalisasi sesuai prosedur dalam metode *TOPSIS* menggunakan persamaan 2.1. Normalisasi bertujuan untuk menyederhanakan proses perhitungan. Tabel 4.9 menunjukkan hasil normalisasi terhadap matriks keputusan yang sudah disusun.

Tabel 4.9 Matriks Keputusan Ternormalisasi

Alt	Subkriteria																		
	A-2	A-3	A-4	A-6	B-1	B-3	B-4	C-1	C-2	C-3	C-5	D-1	D-2	D-3	D-4	E-1	E-2	E-3	E-5
Alt-1	0.0237	0.0133	0.0237	0.0283	0.0222	0.0112	0.0181	0.0222	0.0145	0.0102	0.0102	0.0084	0.0169	0.0181	0.0112	0.0093	0.0075	0.0145	0.0093
Alt-2	0.0222	0.0195	0.0169	0.0169	0.0145	0.0169	0.0169	0.0252	0.0145	0.0169	0.0133	0.0133	0.0145	0.0181	0.0268	0.0181	0.0145	0.0222	0.0133
Alt-3	0.0133	0.0195	0.0112	0.0059	0.0093	0.0181	0.0169	0.0112	0.0237	0.0252	0.0283	0.0268	0.0222	0.0112	0.0283	0.0283	0.0268	0.0181	0.0283

c. Menghitung Matriks Keputusan Ternormalisasi Terbobot

Pada matriks keputusan ternormalisasi, selanjutnya dimasukkan dan dihitung bobot masing-masing subkriteria yang didapatkan dari metode *Delphi* untuk memperoleh

matriks keputusan ternormalisasi terbobot sesuai dengan persamaan 2.2. Tabel 4.10 menunjukkan matriks keputusan ternormalisasi terbobot.

Tabel 4.10 Matriks Keputusan Ternormalisasi Terbobot

Subkriteria																			
Bobot	0.0574	0.0593	0.0426	0.0593	0.0481	0.0815	0.0704	0.0426	0.0500	0.0407	0.0500	0.0574	0.0481	0.0444	0.0463	0.0500	0.0500	0.0407	0.0611
Alt	A-2	A-3	A-4	A-6	B-1	B-3	B-4	C-1	C-2	C-3	C-5	D-1	D-2	D-3	D-4	E-1	E-2	E-3	E-5
Alt-1	0.0014	0.0008	0.0010	0.0017	0.0011	0.0009	0.0013	0.0009	0.0007	0.0004	0.0005	0.0005	0.0008	0.0008	0.0005	0.0005	0.0004	0.0006	0.0006
Alt-2	0.0013	0.0012	0.0007	0.0010	0.0007	0.0014	0.0012	0.0011	0.0007	0.0007	0.0007	0.0008	0.0007	0.0008	0.0012	0.0009	0.0007	0.0009	0.0008
Alt-3	0.0008	0.0012	0.0005	0.0004	0.0004	0.0015	0.0012	0.0005	0.0012	0.0010	0.0014	0.0015	0.0011	0.0005	0.0013	0.0014	0.0013	0.0007	0.0017

d. Menentukan Solusi Ideal Positif (V^+) dan Solusi Ideal Negatif (V^-)

Setelah memperoleh matriks keputusan ternormalisasi terbobot, kemudian dihitung nilai solusi ideal positif dan solusi ideal negatif sesuai dengan persamaan 2.3. Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 adalah nilai solusi ideal positif dan solusi ideal negative dari hasil perhitungan.

Tabel 4.11 Solusi Ideal Positif

V^+	A-2	A-3	A-4	A-6	B-1	B-3	B-4	C-1	C-2	C-3	C-5	D-1	D-2	D-3	D-4	E-1	E-2	E-3	E-5
	0.0014	0.0012	0.0010	0.0017	0.0011	0.0015	0.0013	0.0011	0.0012	0.0010	0.0014	0.0015	0.0011	0.0008	0.0013	0.0014	0.0013	0.0009	0.0017

Tabel 4.12 Solusi Ideal Negatif

V^-	A-2	A-3	A-4	A-6	B-1	B-3	B-4	C-1	C-2	C-3	C-5	D-1	D-2	D-3	D-4	E-1	E-2	E-3	E-5
	0.0008	0.0008	0.0005	0.0004	0.0004	0.0009	0.0012	0.0005	0.0007	0.0007	0.0005	0.0005	0.0007	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0006	0.0006

e. Menentukan Jarak Terhadap Solusi Ideal Positif dan Solusi Ideal Negatif

Selanjutnya, jarak masing-masing alternatif terhadap solusi ideal positif dan solusi ideal negatif ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.4. Hasil perhitungan ditampilkan dalam Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Jarak terhadap Solusi Ideal Positif dan Negatif

Alternatif	Jarak terhadap Solusi Ideal Positif	Jarak terhadap Solusi Ideal Negatif
Alt-1	0.002644	0.001790
Alt-2	0.001956	0.001645
Alt-3	0.001811	0.002591

f. Menentukan Nilai Preferensi (R_i) untuk setiap Alternatif

Nilai preferensi menunjukkan apakah suatu alternatif lebih disukai daripada alternatif yang lain, dengan memperhatikan nilai preferensi sesuai dengan persamaan 2.5. Dalam penelitian ini, urutan alternatif (tipe kontrak) yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah sesuai Tabel 4.14. Nilai preferensi R_i yang lebih besar menunjukkan bahwa alternatif tersebut yang lebih baik untuk dipilih.

Tabel 4.14 Nilai Preferensi (R_i) setiap Alternatif

Alternatif		Nilai Preferensi (<i>R_i</i>)	Ranking
Alt-1	Kontrak material	0.4038	3
Alt-2	Kontrak material + personil	0.4568	2
Alt-3	Kontrak servis	0.5885	1

Dari hasil perhitungan *TOPSIS*, diperoleh bahwa alternatif tipe kontrak servis merupakan alternatif terbaik untuk dipilih, diikuti dengan tipe kontrak material dan personil, kemudian tipe kontrak material. Hasil ini menunjukkan bahwa responden menganggap perlu adanya perubahan tipe kontrak yang diaplikasikan di lapangan BP sebagai *improvement* dalam sistem pengolahan air produksi, sehingga dapat lebih responsif terhadap perubahan kondisi fluida dan biaya operasi dan pemeliharaan menjadi lebih rendah.

4.3 Analisa Sensitivitas

Dalam penelitian ini, simulasi analisa sensitivitas dilakukan dengan cara mengubah bobot subkriteria-subkriteria yang tercakup di dalam kriteria biaya. Perubahan dilakukan dengan deviasi $\pm 25\%$ pada kriteria biaya. Kriteria biaya dipilih karena memiliki subkriteria-subkriteria yang bobotnya paling tinggi/dominan, sehingga perubahan pada kriteria ini akan memiliki dampak yang paling besar terhadap hasil keputusan. Tabel 4.15 menunjukkan hasil dari perubahan bobot subkriteria di bawah kriteria biaya.

Tabel 4.15 Perubahan Bobot Subkriteria

No Subkriteria	Subkriteria	Bobot Global Awal	Bobot Global (Biaya +25%)	Bobot Global (Biaya -25%)
A-2	Lebih mudah menentukan kriteria teknis	0.057	0.060	0.055
A-3	Mudah untuk <i>screening</i> kontraktor yang buruk	0.059	0.062	0.056
A-4	Proses persetujuan SKK Migas lebih mudah	0.043	0.044	0.041
A-6	Proses tender sederhana dan mudah	0.059	0.062	0.056
B-1	Lebih mudah menentukan HPS (Harga Perkiraan Sendiri)	0.048	0.038	0.054
B-3	Biaya operasi lebih rendah	0.081	0.064	0.092
B-4	Biaya pemeliharaan alat OWTU lebih rendah	0.070	0.066	0.093
C-1	Kontraktor lebih mudah memberikan hasil sesuai <i>scope</i>	0.043	0.044	0.041
C-2	<i>Monitoring deliverables</i> lebih mudah	0.050	0.052	0.048
C-3	Kontraktor lebih <i>concern</i> untuk performa bahan kimia	0.041	0.042	0.039
C-5	Kontraktor lebih termotivasi agar performanya lebih baik	0.050	0.052	0.048
D-1	<i>Off-spec oil content</i> lebih singkat	0.057	0.060	0.055
D-2	<i>Monitoring</i> proses OWTU lebih mudah	0.048	0.050	0.046
D-3	Kontrol <i>reliability</i> data lebih mudah	0.044	0.046	0.042
D-4	Kompetensi personil lebih baik	0.046	0.048	0.044
E-1	Responsif apabila <i>troubleshooting</i> diperlukan	0.050	0.052	0.048
E-2	Proses dan peranan <i>troubleshooting</i> lebih jelas	0.050	0.052	0.048
E-3	Koordinasi pemeliharaan peralatan lebih mudah	0.041	0.042	0.039
E-5	Lebih mudah untuk menangani perubahan sifat fluida	0.061	0.064	0.058

Perubahan bobot ini dilanjutkan dengan perhitungan *TOPSIS* untuk menentukan nilai preferensi masing-masing alternatif, yang hasilnya terdapat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Nilai Preferensi dengan Perubahan Bobot

Alternatif	Nilai Preferensi (R_i)		
	Awal	Biaya +25%	Biaya -25%
Alt-1	0.4038	0.4077	0.3996
Alt-2	0.4568	0.4597	0.4533
Alt-3	0.5885	0.5848	0.5925

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa perubahan bobot subkriteria hingga $\pm 25\%$ secara umum tidak mempengaruhi urutan ranking alternatif tipe kontrak, dimana tipe kontrak servis masih menempati ranking pertama. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa keputusan ini *robust* dan konsisten.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rangkaian proses dan hasil penelitian, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuesioner dengan metode *Delphi* dapat menghasilkan proses survei yang terstruktur dan menghilangkan dominasi pendapat atau keputusan individual. Semua responden memiliki kebebasan menyampaikan penilaian berdasarkan pengalaman, pengetahuan dan keahlian mereka. Dari penelitian ini didapatkan kriteria baru dimana para ahli setuju untuk digunakan dalam pemilihan alternatif untuk memperluas proses analisa dan sudut pandang pemilihan alternatif tipe kontrak pengolahan air produksi lapangan BP. Kriteria tersebut adalah *deliverables* saat implementasi kontrak, *monitoring* operasi, dan *troubleshooting* dan pemeliharaan.
2. Kriteria yang dominan dalam pemilihan alternatif tipe kontrak adalah kriteria biaya dan *troubleshooting* dan pemeliharaan, dan subkriteria yang dominan adalah subkriteria B-3 (biaya operasi), B-4 (biaya pemeliharaan alat) dan E-5 (kemudahan menangani perubahan sifat fluida). Hasil ini sejalan dengan latar belakang penelitian ini, yaitu kenaikan biaya yang sangat signifikan dalam pengolahan air produksi di lapangan BP yang dikarenakan adanya perubahan sifat fluida setelah *development project*.
3. Berdasarkan perhitungan dengan metode *TOPSIS*, alternatif yang terbaik adalah alternatif 3, yaitu tipe kontrak servis karena memiliki nilai preferensi yang terbesar yaitu 0.5885, diikuti dengan kontrak material dan personil dengan nilai preferensi 0.4568 dan kontrak material dengan nilai preferensi 0.4038.

5.2 Saran

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis ingin menyarankan hal-hal berikut ini untuk penelitian selanjutnya:

1. Agar mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif dan bisa memberikan manfaat yang lebih maksimal terhadap perusahaan, perlu dilakukan juga penelitian yang serupa melalui *benchmarking* dengan *affiliate* lain dari induk perusahaan PT. XYZ mengenai pemilihan tipe kontrak untuk pengolahan air produksi di fasilitas masing-masing.
2. Untuk pengembangan internal PT. XYZ, perlu dilakukan tinjauan ulang ke lapangan-lapangan lain di PT. XYZ yang juga memiliki fasilitas pengolahan air produksi, sehingga PT. XYZ tidak terpaku pada satu tipe kontrak saja (kontrak material), tetapi dapat memilih tipe kontrak yang paling efektif untuk lapangan tertentu.
3. Untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk melibatkan responden dari orang-orang yang benar-benar terlibat dalam pengolahan air produksi dan pemilihan bahan kimia, yaitu para *supplier*/kontraktor, sehingga bisa memperkaya data dan proses analisa untuk mengetahui tipe kontrak yang sesuai untuk lapangan tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adler, M., dan Ziglio, E. (1996), “The *Delphi* Method and its Application to Social Policy and Public Health”, London, Kingsley Publishers.
- Benjamin, C.O. (2009), *Engineering for Business Theory and Cases*. Maryland: University Press of America, Inc.
- Champion Technologies (2003), *Fundamentals of Chemical Treating*
- Ciptomulyono, U. (2000), “The *Delphi* Method and AHP Model for Determining Priority Energy Policy Objective”, *Indonesian Science Communication*, Vol. 3 No.1.
- Gawlik, R. (2009), “Strategic Decision Making in Times of Global Financial Crisis”, MPRA Paper No. 45407, Poland.
- Hsu, C. C., dan Sanford, B. A. (2007), “The *Delphi* Technique: Making Sense of Consensus”, *Practical Assessment, Research & Evaluation*, Vol. 12, No. 10.
- Igunnuu, Ebenezer T., dan Chen, George Z., (2014) “Produced Water Treatment Technologies”, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Volume 9, Issue 3, 1 September 2014, page 157-177.
- Kumar, Anil and Dash, M.K. (2017), “Using Fuzzy *Delphi* and Generalized Fuzzy *TOPSIS* to Evaluate Technological Service Flexibility Dimensions of Internet Malls”, *Global Journal of Flexible Systems Management*, 20 February 2017.
- Ludlow, J. (1975), “The *Delphi* Method: Techniques and Applications”, Addison-Wesley Publishing Company, page 102-123.
- Ostroff, A.G (1979), *Introduction to Oilfield Water Technology*, NACE
- Parida, P.K., dan Sahoo, S.K. (2013), “Multiple Attributes Decision Making Approach by *TOPSIS* Technique”, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* Vol. 2 Issue 11, November 2013.
- Patton, Dr. Charles C (1995), *Applied Water Technology*, Campbell Petroleum Series
- Pedoman Tata Kerja 007 (2017), SKK Migas

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 19 tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi

Pham, Thi Yen dan Ma, Hye Min (2017), “Application of Fuzzy *Delphi TOPSIS* to Locate Logistics Centers in Vietnam: The Logisticians’ Perspective”, The Asian Journal of Shipping and Logistics, Volume 33 pages 211-219

Undang Undang Replubik Indonesia nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Wang, Yin dan Yeo, Gi-Tae (2014), “Choosing Optimal Bunkering Ports for Liner Shipping Companies: A Hybrid Fuzzy-*Delphi-TOPSIS* Approach”, Transport Policy Journal, Volume 35 September 2014, pages 358-365

LAMPIRAN 1
Kuesioner

QUESTIONNAIRE

Dear Sir/Madam,

As part of my post graduate thesis, I would like to ask for your help by participating as respondent and filling the attached questionnaire.

The title of my thesis is “**Application of *Delphi-TOPSIS* Method in Contract Type Selection for Produced Water Treatment in BP Field XYZ Company**”

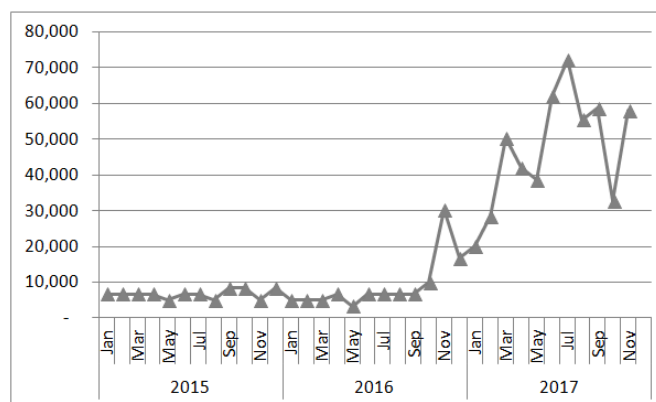
This questionnaire is part of *Delphi* method application, and the objective is to **define criteria and sub-criteria, its weight and score for each criterion and sub-criterion**, and will be used as the basis data for *TOPSIS* method.

This questionnaire will be performed in 4 rounds with the target as follow:

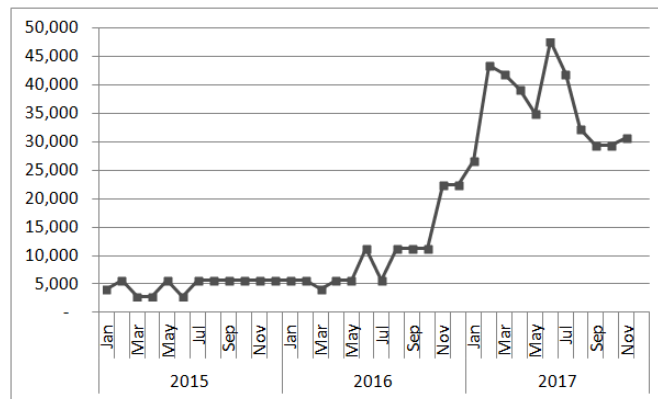
1. Round 1: to select the criteria which will be used to select the contract type for BP field produced water treatment.
2. Round 2: to select the subcriteria.
3. Round 3: to define the weight of the criteria.
4. Round 4: to define the score of criteria for each contract type’s alternative.

As information in filling the questionnaire, please find the background of this case study below:

BP field currently apply the material contract for the provision of chemicals (demulsifier and water clarifier/reverse demulsifier) for its Oily Water Treatment Unit (OWTU). This type of contract binds both Contractor (CTR) and Company (CPY) to commit using the same brand of chemical along the duration of the contract. Problem arose when there were some changes in fluid properties of BP field in September 2016, and the current chemicals could not treat the current fluid. The inefficiency of chemical was obviously indicated by the significant increase of chemical consumption, which leads to 650% budget increase for demulsifier and 552% budget increase for water clarifier chemicals (please refer to figure below).



Demulsifier Budget Consumption (USD/month)



Water Clarifier Budget Consumption (USD/month)

This significant budget increase triggers XYZ Company to evaluate the other contract options for the following years. According to PTK 007 SKK Migas, there are three contract type alternatives for handling produced water treatment in BP field, those are:

- i) Alternative 1: Material contract
- ii) Alternative 2: Material contract with personnel
- iii) Alternative 3: Service contract

Further description for each alternative is available in below table:

Parameter	#1 Material Contract	#2 Material+Personnel	#3 Service Contract
CTR scope	Provide the chemical only	Provide the chemical and personnel for operating injection system	Provide the service of OWTU operation
CPY scope	- QC test of the delivered chemical - Responsible for OWTU daily operation and troubleshooting	- QC test of the delivered chemical - Responsible for OWTU daily operation and troubleshooting, supported by CTR personnel	Monitor OWTU operation to ensure CTR delivers the acceptable service (on spec oil content)
Chemical brand & spec selection	- Selected by CPY during tender	- Selected by CPY during tender	- Selected by CTR during

	(performance test in lab and field) - Only one chemical brand is selected (the best performance)	(performance test in lab and field) - Only one chemical brand is selected (the best performance)	contract application - Various chemical brand & spec is allowed
Chemical brand & spec provision	Must be similar as submitted in the tender	Must be similar as submitted in the tender	Varies, as the most suitable chemical for respective condition
Payment basis	On the quantity of ordered chemical and pass QC test	On the quantity of ordered chemical and pass QC test	On the volume of treated water that meet specification
Contract penalty	For delay of chemical delivery	For delay of chemical delivery	For off spec service/oil content

Hopefully this information could give you adequate background information as respondents in filling the questionnaire.

Thank you in advance for your support.

Best regards,

Gita EVELINA

QUESTIONNAIRE – ROUND 1

Respondent Profile:

Name :

Position :

Experience in oil and gas industry : years

Guideline:

Please tick (✓) on the appropriate code according to your chosen answer. Choose one answer for each question

How is your opinion on the below list of criteria to be applied **in selecting the contract type** alternatives for Oily Water Treatment Unit (OWTU) operation?

Answer selections:

- SA : Strongly Agree
- A : Agree
- N : Neither Agree nor Disagree
- D : Disagree
- SD : Strongly Disagree

Criteria		SA	A	N	D	SD
A.	Tender Process					
B.	Cost					
C.	Deliverables during Contract Implementation					
D.	Operation and Maintenance					

QUESTIONNAIRE – ROUND 2

Respondent Profile:

Name :

Position :

Experience in oil and gas industry : years

Guideline:

Please tick (✓) on the appropriate code according to your chosen answer. Choose one answer for each question

How is your opinion on the below list of sub-criteria to be applied **in selecting the contract type** alternatives for Oily Water Treatment Unit (OWTU) operation?

Answer selections:

- SA : Strongly Agree
- A : Agree
- N : Neither Agree nor Disagree
- D : Disagree
- SD : Strongly Disagree

Criteria	No	Sub-Criteria	SA	A	N	D	SD
A. Tender Process	1.	High participation of contractors					
	2.	Easier to define technical criteria					
	3.	Robust in screening of incompetent contractors					
	4.	Easier management and SKK approval process					
	5.	Tender process is simple and short					
	6.	Easier technical evaluation – low risk of complain					
	7.	Easier to define Owner Estimate (OE)					
B. Cost	8.	Low cost for tender selection process					
	9.	Low monthly-operational cost					
	10.	Low maintenance cost for OWTU equipment					
	11.	Low Company's personnel cost					

Criteria		No	Sub-Criteria	SA	A	N	D	SD
C.	Deliverables during Contract Implementation	12.	Easier for Contractor to deliver result as per scope					
		13.	Easier for monitoring deliverables					
		14.	Contractor concerns more on chemical performance					
		15.	More efficient chemical injection					
		16.	Contractor is motivated to go beyond 'good enough'					
D.	Operation and Maintenance	17.	Shorter duration of off-spec oil content					
		18.	Better OWTU process monitoring					
		19.	Responsive if troubleshooting is required					
		20.	Clear troubleshooting process and roles					
		21.	Easier coordination for equipment maintenance					
		22.	More competent personnel in OWTU handling					
		23.	Chemical stock management is more simple					
		24.	Easier to cope with dynamic fluid condition					
		25.	Easier to control data reliability					

QUESTIONNAIRE – ROUND 3

Respondent Profile:

Name :

Position :

Experience in oil and gas industry : years

Guideline:

Please give weight for each Subcriteria by filling the appropriate code according to your chosen answer.

How is your opinion on the importance of the listed sub-criteria to be applied **in selecting the contract type** alternatives for Oily Water Treatment Unit (OWTU) operation?

Answer selections:

- A : Very Important
- B : Important
- C : Neutral
- D : Unimportant
- E : Very Unimportant

Criteria	No	<u>Subcriteria</u>	Answer
Tender Process	2	Easier to define technical criteria	
	3	Robust in screening of incompetent contractors	
	4	Easier management and SKK approval process	
	6	Easier technical evaluation – low risk of complain	
Cost	7	Easier to define Owner Estimate (OE)	
	9	Low monthly-operational cost	
	10	Low maintenance cost for OWTU equipment	
Deliverables during Contract Implementation	12	Easier for Contractor to deliver result as per scope	
	13	Easier for monitoring deliverables	
	14	Contractor concerns more on chemical performance	
	16	Contractor is motivated to go beyond 'good enough'	
Operation Monitoring	17	Shorter duration of off-spec oil content	
	18	Better OWTU process monitoring	
	19	Easier to control data reliability	
	20	More competent personnel in OWTU handling	
Troubleshooting and Maintenance	21	Responsive if troubleshooting is required	
	22	Clear troubleshooting process and roles	
	23	Easier coordination for equipment maintenance	
	25	Easier to cope with dynamic fluid condition	

QUESTIONNAIRE – ROUND 4

Respondent Profile:

Name :

Position :

Experience in oil and gas industry : years

Guideline:

How is your opinion on applicability of the listed sub-criteria for each contract type alternatives for Oily Water Treatment Unit (OWTU) operation?

Alt-1: Material Contract

Alt-2: Material Contract with Personnel

Alt-3: Service Contract

Please give a score for each Subcriteria referring to the scale below:

Scale	Interpretation
5	Very easy, very fast, very low-cost, very accurate, very clear, very capable
4	Easy, fast, low-cost, accurate, clear, capable
3	Standard, neutral
2	Hard, slow, high-cost, not accurate, unclear, incapable
1	Very hard, very high-cost, very not-accurate, very incapable

Criteria	No	Subcriteria	Score	Score	Score
			Alt-1	Alt-2	Alt-3
Tender Process	2	Easier to define technical criteria	...	...	...
	3	Robust in screening of incompetent contractors	...	...	...
	4	Easier management and SKK approval process	...	...	...
	6	Easier technical evaluation – low risk of complain	...	...	...
Cost	7	Easier to define Owner Estimate (OE)	...	...	...
	9	Low monthly-operational cost	...	...	...
	10	Low maintenance cost for OWTU equipment	...	...	...
Deliverables during Contract Implementation	12	Easier for Contractor to deliver result as per scope	...	...	...
	13	Easier for monitoring deliverables	...	...	...
	14	Contractor concerns more on chemical performance	...	...	...
	16	Contractor is motivated to go beyond 'good enough'	...	...	...
Operation Monitoring	17	Shorter duration of off-spec oil content	...	...	...
	18	Better OWTU process monitoring	...	...	...
	19	Easier to control data reliability	...	...	...
	20	More competent personnel in OWTU handling	...	...	...
Troubleshooting and Maintenance	21	Responsive if troubleshooting is required	...	...	...
	22	Clear troubleshooting process and roles	...	...	...
	23	Easier coordination for equipment maintenance	...	...	...
	25	Easier to cope with dynamic fluid condition	...	...	...

LAMPIRAN 2
Respon Kuesioner

RESPON KUESIONER – PUTARAN 1

Kriteria	Responden								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proses Tender	S	S	N	S	N	N	S	N	N
Biaya	SS	SS	SS	SS	S	S	SS	S	S
<i>Deliverables</i> saat implementasi kontrak	S	SS	SS	S	S	S	S	S	S
<i>Monitoring</i> operasi	S	S	S	S	S	SS	N	S	SS
<i>Troubleshooting</i> dan pemeliharaan	S	S	S	S	S	SS	SS	SS	S

RESPON KUESIONER – PUTARAN 2

Kriteria	No	Subkriteria	Responden								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
A. Proses Tender	1	Partisipasi kontraktor banyak	S	N	N	TS	N	N	N	TS	TS
	2	Lebih mudah menentukan kriteria teknis	S	SS	S	S	S	SS	SS	S	S
	3	Mudah untuk <i>screening</i> kontraktor yang buruk	S	SS	SS	S	S	SS	S	S	S
	4	Proses persetujuan SKK Migas lebih mudah	S	S	SS	S	S	SS	S	SS	S
	5	Proses tender sederhana dan mudah	S	N	TS	STS	TS	S	N	S	TS
	6	Lebih mudah melakukan evaluasi teknis	N	S	S	N	N	SS	SS	S	TS
B. Biaya	1	Lebih mudah menentukan HPS (Harga Perkiraan Sendiri)	N	S	S	N	S	SS	S	S	N
	2	Proses seleksi tender lebih murah	N	N	N	TS	N	N	S	N	TS
	3	Biaya operasi lebih rendah	S	SS	SS	SS	S	S	SS	S	S
	4	Biaya pemeliharaan alat OWTU lebih rendah	S	S	S	N	N	S	SS	TS	S
	5	Biaya karyawan perusahaan lebih murah	S	N	TS	TS	S	S	N	STS	TS
C. <i>Deliverables</i> saat Implementasi Kontrak	1	Kontraktor lebih mudah memberikan hasil sesuai <i>scope</i>	S	SS	S	S	S	S	S	S	S
	2	<i>Monitoring deliverables</i> lebih mudah	S	SS	S	SS	N	S	SS	S	S
	3	Kontraktor lebih <i>concern</i> untuk performa bahan kimia	S	SS	S	SS	S	TS	SS	SS	SS
	4	Injeksi bahan kimia lebih efisien	S	N	N	TS	N	N	N	N	TS
	5	Kontraktor lebih termotivasi agar performanya lebih baik	N	S	S	SS	S	SS	SS	SS	S
D. <i>Monitoring</i> Operasi	1	<i>Off-spec oil content</i> lebih singkat	N	S	SS	SS	TS	SS	SS	SS	SS
	2	<i>Monitoring</i> proses OWTU lebih mudah	S	S	S	S	S	SS	SS	SS	S
	3	Kontrol <i>reliability</i> data lebih mudah	S	N	S	SS	S	SS	SS	SS	S
	4	Kompetensi personil lebih baik	N	S	S	SS	S	SS	SS	SS	S
E. <i>Troubleshooting</i> dan Pemeliharaan	1	Responsif apabila <i>troubleshooting</i> diperlukan	S	SS	SS	S	N	SS	SS	SS	S
	2	Proses dan peranan <i>troubleshooting</i> lebih jelas	S	SS	SS	S	S	SS	SS	SS	S
	3	Koordinasi pemeliharaan peralatan lebih mudah	N	S	S	N	N	S	SS	SS	TS
	4	Manajemen stok bahan kimia lebih mudah	N	N	N	TS	S	N	N	N	STS
	5	Lebih mudah untuk menangani perubahan sifat fluida	S	SS	S	SS	SS	SS	SS	S	SS

RESPON KUESIONER – PUTARAN 3

Kriteria	No Subkriteria	Subkriteria	Responden								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Proses Tender	A-2	Lebih mudah menentukan kriteria teknis	B	B	C	C	A	C	C	C	C
	A-3	Mudah untuk <i>screening</i> kontraktor yang buruk	C	C	B	C	B	B	C	B	B
	A-4	Proses persetujuan SKK Migas lebih mudah	D	C	E	B	D	D	C	C	C
	A-6	Proses tender sederhana dan mudah	B	B	A	C	E	B	C	B	B
Biaya	B-1	Lebih mudah menentukan HPS (Harga Perkiraan Sendiri)	D	D	B	B	D	D	B	B	D
	B-3	Biaya operasi lebih rendah	A	A	A	A	A	A	A	B	A
	B-4	Biaya pemeliharaan alat OWTU lebih rendah	C	A	D	B	A	A	B	A	A
	B-6	Biaya pemeliharaan alat OWTU lebih rendah	C	A	D	B	A	A	B	A	A
Deliverables saat Implementasi Kontrak	C-1	Kontraktor lebih mudah memberikan hasil sesuai <i>scope</i>	C	D	B	C	C	D	D	D	D
	C-2	<i>Monitoring deliverables</i> lebih mudah	B	A	B	C	C	D	D	D	D
	C-3	Kontraktor lebih <i>concern</i> untuk performa bahan kimia	B	D	D	C	C	A	D	E	E
	C-5	Kontraktor lebih termotivasi agar performanya lebih baik	D	D	D	C	C	D	A	B	B
Monitoring Operasi	D-1	<i>Off-spec oil content</i> lebih singkat	B	C	D	C	B	C	A	B	C
	D-2	<i>Monitoring</i> proses OWTU lebih mudah	C	C	B	D	D	C	D	B	C
	D-3	Kontrol <i>reliability</i> data lebih mudah	C	C	D	D	B	C	D	D	C
	D-4	Kompetensi personil lebih baik	D	C	B	B	D	C	D	C	C
Troubleshooting dan Pemeliharaan	E-1	Responsif apabila <i>troubleshooting</i> diperlukan	D	C	B	B	D	C	D	B	C
	E-2	Proses dan peranan <i>troubleshooting</i> lebih jelas	D	C	D	D	B	C	B	B	C
	E-3	Koordinasi pemeliharaan peralatan lebih mudah	D	C	B	C	D	C	E	D	D
	E-5	Lebih mudah untuk menangani perubahan sifat fluida	A	C	C	C	B	C	A	C	B

RESPON KUESIONER – PUTARAN 4

Alternatif-1

No	Subcriteria	Responden								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A-2	Lebih mudah menentukan kriteria teknis	4	4	2	5	4	4	5	2	2
A-3	Mudah untuk <i>screening</i> kontraktor yang buruk	4	1	3	4	4	1	2	3	2
A-4	Proses persetujuan SKK Migas lebih mudah	3	3	5	3	4	3	5	3	3
A-6	Proses tender sederhana dan mudah	4	3	5	5	3	3	4	4	4
B-1	Lebih mudah menentukan HPS (Harga Perkiraan Sendiri)	4	4	3	4	3	3	3	4	3
B-3	Biaya operasi lebih rendah	4	3	3	2	2	3	2	1	2
B-4	Biaya pemeliharaan alat OWTU lebih rendah	4	3	3	3	3	3	3	3	3
C-1	Kontraktor lebih mudah memberikan hasil sesuai <i>scope</i>	3	3	4	4	4	3	3	4	3
C-2	<i>Monitoring deliverables</i> lebih mudah	4	3	2	2	4	2	3	2	3
C-3	Kontraktor lebih <i>concern</i> untuk performa bahan kimia	4	3	2	2	2	2	2	2	2
C-5	Kontraktor lebih termotivasi agar performanya lebih baik	3	3	2	3	2	2	2	2	2
D-1	<i>Off-spec oil content</i> lebih singkat	3	3	2	2	2	2	2	2	1
D-2	<i>Monitoring</i> proses OWTU lebih mudah	2	3	3	2	4	3	4	4	2
D-3	Kontrol <i>reliability</i> data lebih mudah	3	3	2	2	4	3	4	3	4
D-4	Kompetensi personil lebih baik	3	3	2	2	2	2	3	3	2
E-1	Responsif apabila <i>troubleshooting</i> diperlukan	2	3	2	2	2	2	2	3	2
E-2	Proses dan peranan <i>troubleshooting</i> lebih jelas	2	3	2	2	2	2	2	2	1
E-3	Koordinasi pemeliharaan peralatan lebih mudah	3	3	3	3	3	4	2	2	2
E-5	Lebih mudah untuk menangani perubahan sifat fluida	2	3	2	2	3	2	2	2	2

Alternatif-2										
No	Subcriteria	Responden								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A-2	Lebih mudah menentukan kriteria teknis	3	4	4	3	3	3	3	4	4
A-3	Mudah untuk <i>screening</i> kontraktor yang buruk	4	4	3	3	3	2	3	4	3
A-4	Proses persetujuan SKK Migas lebih mudah	3	3	2	3	3	3	3	4	3
A-6	Proses tender sederhana dan mudah	4	3	4	3	2	3	2	3	3
B-1	Lebih mudah menentukan HPS (Harga Perkiraan Sendiri)	3	4	3	3	2	2	2	3	3
B-3	Biaya operasi lebih rendah	3	3	3	3	2	3	4	4	2
B-4	Biaya pemeliharaan alat OWTU lebih rendah	4	3	3	3	3	2	3	3	3
C-1	Kontraktor lebih mudah memberikan hasil sesuai <i>scope</i>	4	3	4	5	3	4	3	4	3
C-2	<i>Monitoring deliverables</i> lebih mudah	4	3	3	2	3	2	2	4	2
C-3	Kontraktor lebih <i>concern</i> untuk performa bahan kimia	4	3	4	2	4	2	2	4	2
C-5	Kontraktor lebih termotivasi agar performanya lebih baik	4	3	4	3	2	2	2	2	2
D-1	<i>Off-spec oil content</i> lebih singkat	4	3	4	3	2	2	2	2	2
D-2	<i>Monitoring</i> proses OWTU lebih mudah	3	3	4	3	2	3	2	2	3
D-3	Kontrol <i>reliability</i> data lebih mudah	4	3	3	3	3	2	3	4	3
D-4	Kompetensi personil lebih baik	4	4	5	4	4	4	3	4	2
E-1	Responsif apabila <i>troubleshooting</i> diperlukan	4	3	4	3	2	3	3	3	3
E-2	Proses dan peranan <i>troubleshooting</i> lebih jelas	3	3	4	3	3	3	2	2	2
E-3	Koordinasi pemeliharaan peralatan lebih mudah	3	3	4	3	3	4	4	3	4
E-5	Lebih mudah untuk menangani perubahan sifat fluida	3	3	3	3	3	2	3	2	2

Alternatif-3										
No	Subcriteria	Responden								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A-2	Lebih mudah menentukan kriteria teknis	2	2	3	2	3	3	3	2	4
A-3	Mudah untuk <i>screening</i> kontraktor yang buruk	3	3	2	1	4	4	3	4	5
A-4	Proses persetujuan SKK Migas lebih mudah	2	3	1	3	3	3	3	2	2
A-6	Proses tender sederhana dan mudah	2	1	2	1	2	2	2	2	2
B-1	Lebih mudah menentukan HPS (Harga Perkiraan Sendiri)	2	3	2	2	2	3	2	2	2
B-3	Biaya operasi lebih rendah	2	3	3	2	4	4	3	3	4
B-4	Biaya pemeliharaan alat OWTU lebih rendah	3	3	3	3	3	2	4	3	3
C-1	Kontraktor lebih mudah memberikan hasil sesuai <i>scope</i>	2	3	2	2	2	3	2	3	3
C-2	<i>Monitoring deliverables</i> lebih mudah	4	4	3	3	4	4	3	3	4
C-3	Kontraktor lebih <i>concern</i> untuk performa bahan kimia	4	4	4	3	3	4	3	4	4
C-5	Kontraktor lebih termotivasi agar performanya lebih baik	4	4	4	4	4	3	4	4	4
D-1	<i>Off-spec oil content</i> lebih singkat	5	3	4	3	4	4	3	4	4
D-2	<i>Monitoring</i> proses OWTU lebih mudah	4	3	3	4	3	3	4	3	4
D-3	Kontrol <i>reliability</i> data lebih mudah	2	3	2	3	2	3	2	3	2
D-4	Kompetensi personil lebih baik	4	3	4	5	4	4	4	4	3
E-1	Responsif apabila <i>troubleshooting</i> diperlukan	3	4	4	4	4	4	4	4	4
E-2	Proses dan peranan <i>troubleshooting</i> lebih jelas	4	3	4	4	4	3	4	4	4
E-3	Koordinasi pemeliharaan peralatan lebih mudah	2	3	4	3	3	3	3	4	3
E-5	Lebih mudah untuk menangani perubahan sifat fluida	4	4	4	3	4	4	4	4	4