

**EVALUASI *HEAT COMPLIANCE*, *SCORING PROIRITY* DAN  
*HEAT LOSS* PADA LAPANGAN P MENGGUNAKAN  
METODE *CHOKE SIZING SYSTEM* (CSS)**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan*

Oleh:

**RIANDA PURNAMA**

**153210059**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2020**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.

Pekanbaru, 30 Desember 2020

**RIANDA PURNAMA**  
**NPM.153210059**

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur selalu terucap kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan limpahan nikmat ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Peneliti menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong secara moral ataupun material untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, ayah Dudi Ariandi dan ibu Legiyem, dan adik-adik saya: Reza Febriani, Sefti Nadia Putri dan M. Nouval Abiyu serta keluarga besar yang memberikan dukungan penuh moril maupun materil sampai penyelesaian tugas akhir ini.
2. Ir. H. Ali Musnal, MT selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, dan penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan
3. Ketua dan Sekretaris Prodi serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan dukungan yang telah diberikan.
4. PT. Chevron Pasific Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data dan bimbingan untuk tugas akhir saya.
5. Alfajrian Fatah,ST.MSc selaku pembimbing lapangan, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Sahabat tercinta yang selalu mengingatkan untuk mengerjakan skripsi Febrina Syafitri Handayani.
7. Teman–teman Teknik Perminyakan angkatan 2015 yang telah memberikan semangat, terutama *PETRONASS* (PE 2015 A)

8. Teman-teman kos yang memberikan banyak bantuan moril selama penyelesaian tugas akhir ini, khususnya untuk Khairun Nufuz, Eggi Septi Yulianto, Harry Subakti, Wahyu Illahi, Luigy Aditia Pradana, Rainof Gunawan, Mulyadi, Febri Aidira, Riat Susanto, Ernado Lingga Wijaya, Wahyu Setiawan, Shandi Putra, Michael Yulinada, dan Idham Ilham Palevi (JKKP69).

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, Oktober 2020

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Injeksi Uap Panas .....	4
2.2 <i>Choke Sizing System (CSS)</i> .....	6
2.3 <i>Scoring Priority</i> .....	8
2.4 <i>Heat Loss</i> .....	9
2.5 <i>State of The Art</i> .....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	12
3.2 Metode Penelitian.....	12
3.3 Waktu Pelaksanaan Tugas Akhir .....	13
3.4 Sejarah Lapangan P .....	15
3.5 Pembagian Area .....	15

3.6 Struktur Geologi.....	16
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>17</b>
4.1 Penentuan Ukuran <i>Choke</i> .....	17
4.2 Mengevaluasi <i>Heat Compliance</i> .....	19
4.3 Mengevaluasi <i>Scoring Priority</i> .....	21
4.4. <i>Heat Loss</i> .....	22
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>25</b>
5.1 Kesimpulan.....	25
5.2 Saran.....	25
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>26</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Skematik injeksi uap panas (Husham Elbaloula, 2016) .....	5
<b>Gambar 2. 2</b> Tapered-Bean Installation (H.H Al-Attar, 2008).....	7
<b>Gambar 2. 3</b> Klasifikasi Scoring Priority (Chevron Pasific Indonesia) .....	9
<b>Gambar 3. 1</b> Area injeksi uap panas lapangan P .....	16
<b>Gambar 4. 1</b> Grafik <i>heat compliance</i> .....	20
<b>Gambar 4. 2</b> Grafik <i>scoring priority</i> .....	22
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik <i>heat loss</i> .....	23

**DAFTAR TABEL**

**Tabel 3 1** Jadwal Kegiatan ..... 13



Dokumen ini adalah Arsip Milik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**



**EVALUASI *HEAT COMPLIANCE*, *SCORING PRIORITY* DAN *HEAT LOSS*  
PADA LAPANGAN P MENGGUNAKAN METODE *CHOKE SIZING SYSTEM*  
(CSS)**

**RIANDA PURNAMA**  
**NPM. 153210059**

**ABSTRAK**

Semakin menurunnya produksi minyak pada suatu lapangan migas diperlukan metode khusus untuk meningkatkan nilai produksi pada suatu lapangan. Pada lapangan P yang memiliki kriteria minyak berat digunakan metode pengangkatan dengan tahap lanjutan yaitu *steam flooding*. Metode ini diterapkan karena sistem kerjanya yang menurunkan nilai viskositas minyak sehingga minyak lebih mudah untuk mengalir. Untuk mengoptimalkan kinerja dari *steam flooding* digunakan suatu metode yaitu *choke sizing system* yang mana metode ini ditujukan untuk memodelkan ukuran *choke* masing-masing sumur injeksi sehingga uap panas yang di distribusikan dari *steam generator* menuju masing-masing sumur injeksi sesuai dengan kebutuhan sumur, dan juga ini ditujukan untuk mengurangi nilai *heat loss* pada saat distribusi uap panas dilakukan.

Pada lapangan P diambil 20 jenis sumur injeksi yang mengalami masalah, yang mana masalah pada setiap sumur injeksi masih belum sesuai dengan target masing-masing sumur. Suatu sumur injeksi dikatakan sesuai target apabila *pressure* dan *latent heat* nya dalam keadaan *meet*. Hal ini dapat dilihat dari nilai *heat compliance* nya, *heat compliance* yang sesuai dengan target terkategori A. Dari 20 jenis sumur injeksi semuanya dikategorikan diluar dari kategori A. Kemudian dilakukan pengerjaan pergantian ukuran *choke* dengan melakukan perhitungan-perhitungan tertentu menggunakan metode *choke sizing system*. Setelah dilakukan evaluasi dan pemantauan didapatkan perubahan yang cukup signifikan dimana ada 15 sumur yang mengalami perubahan kategori *heat compliance* menjadi kategori A, tetapi juga masih ada 5 sumur injeksi yang masih belum mengalami perubahan dan akan terus dilakukan evaluasi. Dari hasil pengerjaan *choke sizing system* juga didapatkan perubahan menjadi lebih baik, dimana masing-masing sumur mengalami penurunan sekitar 10-20% meskipun dari 20 sumur injeksi masih terdapat 3 sumur injeksi yang masih mengalami *heat loss* cukup besar sehingga masih diperlukan pemantauan serta evaluasi secara berkala pada sumur yang masih dalam masalah.

Kata kunci: *Steam Flooding*, *Viskositas*, *Heat Compliance*, *Choke*, *Latent Heat*, *Heat Loss*

**EVALUATION OF HEAT COMPLIANCE, SCORING PRIORITY AND HEAT LOSS IN P FIELD USING CHOKE SIZING SYSTEM METHOD (CSS)**

**RIANDA PURNAMA**

**NPM. 153210059**

**ABSTRACT**

*The decreasing oil production in an oil and gas field requires a special method to increase the value of production in a field. In the P field which has heavy oil criteria, the lifting method is used with an advanced stage, namely steam flooding. This method is applied because the system works which reduce the viscosity of the oil so that the oil is easier to flow. To optimize the performance of steam flooding, a method is used, namely the choke sizing system, where this method is intended to model the choke size of each injection well so that hot steam is distributed from the steam generator to each injection well according to the well's needs, and also this. intended to reduce the value of heat loss when hot steam distribution is carried out.*

*In the P field, 20 types of injection wells that have problems were taken, where the problems in each injection well are still not in accordance with the target of each well. An injection well is said to be on target if the pressure and latent heat are met. This can be seen from the value of the heat compliance, heat compliance in accordance with the target category A. Of the 20 types of injection wells, all of them are categorized outside of category A. Then the choke size change is carried out by performing certain calculations using the choke sizing system method. After evaluating and monitoring, there were significant changes where there were 15 wells that had changed the heat compliance category to category A, but there were also 5 injection wells that had not changed and will continue to be evaluated. From the results of the choke sizing system work, there was also a change for the better, where each well has decreased by about 10-20%, although there are still 3 injection wells of the 20 injection wells which still experience a large enough heat loss so that periodic monitoring and evaluation is still needed. on the well which is still in trouble.*

**Key Word:** *Steam Flooding, Viscosity, Heat Compliance, Choke, Latent Heat, Heat Loss*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Injeksi uap panas merupakan salah satu bagian dari jenis metode EOR yang saat ini banyak dikembangkan serta diaplikasikan pada lapangan migas di dunia. Sistem kerja dari injeksi uap panas ini adalah dengan menginjeksikan uap panas bertekanan ke dalam suatu reservoir (Suzanne Castrup F. L., 2012). Proses penginjeksian uap panas biasanya dilakukan pada lapangan-lapangan minyak yang memiliki karakteristik minyak berat dengan viskositas yang tinggi serta *oil gravity* yang rendah (Hasan N. Al-Saedi, 2018).

Lapangan P merupakan salah satu lapangan migas yang terletak di provinsi Riau. Lapangan P sendiri memiliki karakteristik minyak berat dengan nilai *oil gravity* berkisar 17 sampai dengan 22 °API dengan nilai viskositas sebesar 118 cp. Oleh karena itu lapangan P memilih injeksi uap panas untuk meningkatkan nilai produksi minyak. Dan juga dikarenakan sumur-sumur pada lapangan P relatif dangkal yang mana tekanannya juga relatif kecil sehingga lapangan P cocok untuk diterapkannya penginjeksian uap panas (Michael Wilt, 1992).

Dalam pengerjaan injeksi uap panas keberhasilan penginjeksian tergantung pada metode pendistribusian yang baik pula, yang mana uap panas yang terdistribusi harus sesuai dengan kebutuhan masing-masing sumur (Pauley, 2007). Untuk lapangan P yang memiliki jenis lapangan yang terintegrasi, pendistribusian uap panas menjadi tantangan yang harus diperhatikan. Untuk jenis lapangan yang terintegrasi tantangan yang sering kali dijumpai adalah perubahan tekanan pada saat didistribusikan serta bagaimana mengatasi dampak perubahan tekanan untuk area-area yang sudah mengalami keadaan *meet* (sesuai target sumur) (Suzanne Castrup F. L., 2011). Tantangan yang disebutkan diatas harus menjadi perhatian khusus karena pembuatan uap panas terbilang mahal, sehingga setiap uap panas yang terdistribusi

harus sesuai dengan target masing-masing sumur (tidak mengalami keadaan *under injected* ataupun *over injected*) (Chlen, 1990).

Untuk menyokong keberhasilan pendistribusian uap panas agar mencapai target masing-masing sumur injeksi diperlukan suatu sistem yang dapat memonitoring serta mengontrol tekanan dan laju injeksi uap panas. Disini peneliti akan memperkenalkan suatu sistem yang disebut *Choke Sizing System* (CSS) yang mana sistem ini akan menentukan ukuran *choke* yang tepat untuk setiap sumur sehingga tekanan injeksi uap panas dan laju alir nya sesuai dengan target masing-masing sumur injeksi (E. H. Gras, 1965).

Lapangan P sendiri terdiri dari 5 area. Setiap area memiliki permasalahan yang menyebabkan tidak maksimalnya pengerjaan pendistribusian uap panas. Seperti yang disebutkan sebelumnya tekanan dan laju alir dari uap panas sangat dipengaruhi oleh ukuran *choke* masing-masing sumur, karena itu akan mempengaruhi pengelompokan jenis *heat compliance* dan *scoring priority* untuk setiap area. Sebagai contoh untuk area 1 permasalahan yang sering terjadi adalah setiap sumur mengalami keadaan *over pressure* sehingga kebanyakan sumur pada area ini mengalami keadaan *over injected* sehingga jenis *heat compliance* pada area ini kebanyakan tergolong D atau E. Permasalahan yang umumnya terjadi pada area 5 yaitu sering mengalami penurunan *pressure* dan besarnya nilai *heat loss* sehingga laju alir uap panas cenderung kecil dan dampak dari keadaan ini adalah sumur pada area ini sering mengalami keadaan *under injected*, sehingga jenis *heat compliance* untuk area ini juga tidak sesuai harapan. Untuk itu lapangan ini menggunakan metode CSS untuk memperbaiki ukuran *choke* yang masih belum tepat untuk setiap area sehingga *heat compliance* sesuai dengan target dan nilai *heat loss* akan berkurang.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini yaitu:

- 1 Menentukan dan mengevaluasi ukuran *choke* sebelum pengerjaan CSS.
- 2 Menentukan ukuran *choke* yang tepat pada saat melakukan pendistribusian uap panas pada saat pengerjaan CSS.

- 3 Mengevaluasi keberhasilan *Choke Sizing System* (CSS) sesuai dengan kategori *heat compliance*, *scoring priority* dan nilai *heat loss* sebelum dan sesudah pengerjaan CSS.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memperkenalkan suatu sistem yang disebut CSS yang mana ditujukan untuk menentukan ukuran *choke* pada lapangan P yang terintegrasi sehingga pendistribusian uap panas menjadi lebih baik dan juga metode ini dapat dipergunakan penelitian selanjutnya.

### 1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian tugas akhir ini lebih terarah dan tidak meyimpang dari tujuan yang dimaksud maka perlu dipaparkan batasan-batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Pada penelitian ini hanya membahas mengenai pendistribusian uap panas dari generator menuju sumur injeksi.
2. Penelitian ini hanya berfokus untuk menentukan ukuran *choke* yang tepat untuk setiap sumur.
3. Bentuk aliran fluida pada pipa diabaikan.
4. Penelitian ini tidak membahas mengenai kebutuhan uap panas pada masing-masing lapisan reservoir.
5. Pengolahan data hanya menggunakan *Microsoft Excel*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Al-Qur'an surat Al-Alaq ayat 1 sampai 5, Allah SWT telah mengisyaratkan agar manusia mau belajar menguasai ilmu pengetahuan. Perintah Allah SWT ini dalam firman-Nya berbunyi;

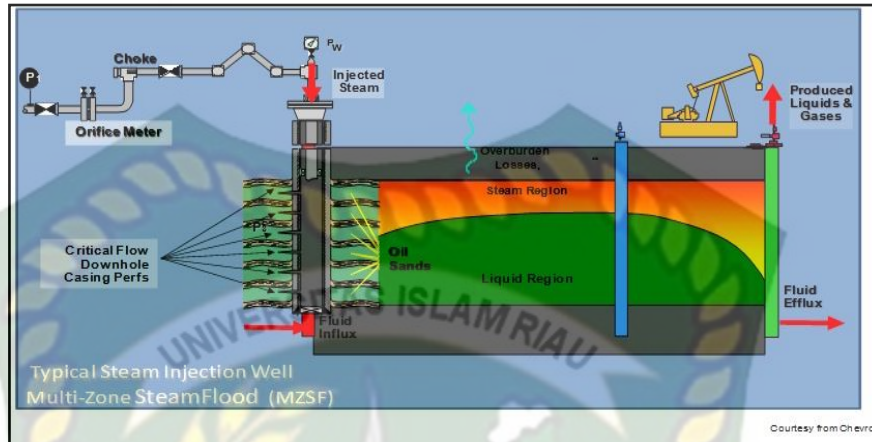
*“bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu yang telah menciptakan. Dia menciptakan manusia dari segumpal darah. Bacalah dan Tuhanmu lah yang maha pemurah. Yang mengajari manusia dengan perantara kalam. Dia mengajari manusia apa yang belum diketahuinya.”*

#### 2.1 Injeksi Uap Panas

Injeksi uap panas merupakan bagian dari metode EOR yang mana metode ini memanfaatkan energi uap panas bertekanan yang kemudian diinjeksikan melalui sumur injeksi menuju reservoir (Alireza Mollaei, 2007). Injeksi uap panas dilakukan untuk meningkatkan nilai produksi minyak suatu lapangan yang mana memiliki karakteristik minyak berat (Zhang Xia, 2013). Cara kerja injeksi uap panas ini yaitu dengan meningkatkan temperatur reservoir hingga terbentuk uap panas pada batuan tersebut (Abbas A. El-Abbas, 2001). Apabila uap panas sudah terbentuk maka perubahan nilai viskositas menjadi tujuan utama dalam penggunaan uap panas ini. Mekanisme injeksi uap panas berkaitan dengan efek panas terhadap perubahan properti batuan dan fluida di reservoir. Karakteristik pemanasan di reservoir akibat dari injeksi uap panas dijelaskan oleh (Ye Tao, 2019) sebagai berikut:

1. Meningkatkan temperatur fluida dan batuan secara konduksi maupun konveksi.
2. Menurunkan nilai viskositas minyak.
3. Meningkatkan volume fluida dan batuan sehingga mengurangi nilai densitasnya.
4. Menguapkan fraksi ringan dari minyak mentah.

5. Mengurangi *interfacial face* antara minyak dan batuan
6. Merubah nilai permeabilitas minyak dan air.



**Gambar 2. 1** Skematik injeksi uap panas (Husham Elbaloula, 2016)

Dari gambar diatas terlihat jelas bahwa uap panas yang di injeksikan kedalam reservoir bertujuan untuk memanaskan batuan reservoir sehingga menurunkan viskositas fluidanya (Shijun Huang Y. X., 2018). Untuk lapangan P sendiri sistem penginjeksian uap panas berdasarkan pada teori *gravity drainage*, yaitu uap di injeksikan ke bagian paling bawah reservoir, akibat densitas uap yang relatif ringan maka uap panas akan bergerak kebagian atas reservoir, kemudian mulai memanaskan reservoir dari bagian atas hingga ke bagian bawah, sehingga minyak yang ada di reservoir terkena panas secara merata dan dapat mengalir seluruhnya menuju sumur produksi (Chen Zan, 2010). Tetapi hal itu bisa dilakukan apabila panas yang diinjeksikan ke dalam reservoir sesuai dengan kebutuhan reservoir. Untuk injeksi uap panas sendiri tidak boleh dalam keadaan *under injected* ataupun *over injected*. Apabila suatu reservoir mengalami keadaan *under injected* maka pengerjaan injeksi uap panas dikatakan sia-sia, karena panas yang diinjeksikan ke reservoir belum cukup untuk memanaskan batuan reservoir sehingga uap panas tidak akan terbentuk di dalam reservoir (Mehdi Bagheripour Haghighi, 2012). Dan apabila reservoir mengalami keadaan *over injected* itu akan menyebabkan banyaknya uap panas yang

terbuang sia-sia, mahalhnya pembuatan uap panas menjadi faktor utama agar tidak ada uap panas yang terbuang sia-sia pada saat penginjeksian (Shijun Huang C. H., 2015).

Keadaan *under injected* dan *over injected* merupakan keadaan yang sangat tergantung pada pendistribusian uap panas di permukaan. Lapangan P sendiri menggunakan suatu sistem yang mana sistem ini akan menjaga tekanan dan laju alir uap panas ke setiap sumur sesuai dengan kebutuhan masing-masing sumur. Lapangan P menggunakan CSS (*Choke Sizing System*) untuk mengoptimalkan pendistribusian uap panas dipermukaan (Team, 2007).

## 2.2 Choke Sizing System (CSS)

Choke Sizing System (CSS) merupakan suatu sistem yang digunakan di lapangan P yang mana alat ini ditujukan untuk mengontrol serta memonitoring sistem pendistribusian uap panas dari generator menuju sumur injeksi (Suzanne Griston, 1996). CSS sendiri yaitu sistem yang dibuat untuk menentukan ukuran choke yang tepat untuk setiap sumur. Ini diperuntukkan agar jumlah uap yang didistribusikan sesuai dengan kebutuhan setiap sumur. Untuk menentukan ukuran choke yang tepat dibuatlah persamaan berikut:

$$d = \frac{\sqrt{QX^a}}{CP_1} \dots\dots\dots 1$$

Dimana:

$d$  = Choke diameter (inch)

$Q$  = Laju alir (BSPD)

$C$  = Konstanta (38.2)

$X$  = Steam quality (%)

$P_1$  = Upstream pressure (Psi)

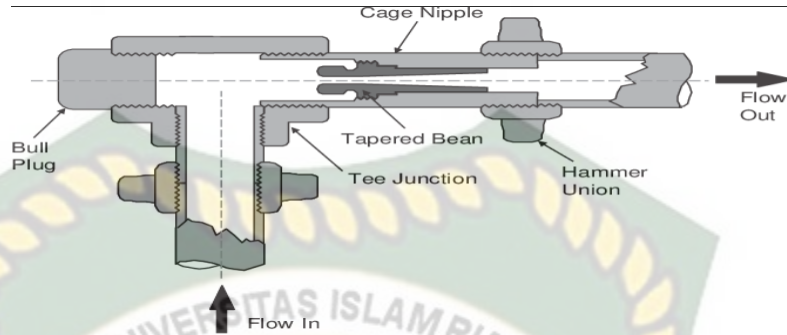
$a$  = Discharge coefficient (17)

yang mana pada pengerjaan CSS ini akan di evaluasi beberapa parameter seperti:

1. *Ideal choke size*
2. *Minimum choke size*
3. *Minimum latent heat*



4. *Choke size change*
5. *Scoring*



**Gambar 2. 2** Tapered-Bean Installation (H.H Al-Attar, 2008)

Lapangan P menggunakan persamaan diatas untuk mengoptimalkan penentuan ukuran *choke* yang sesuai dengan masing-masing sumur. Hal ini dilakukan mengingat banyaknya jumlah sumur injeksi dengan target injeksi yang beragam pula. Pendistribusian uap panas yang bersifat terintegrasi dan mahalnya pembuatan uap panas itu sendiri. Pengerjaan untuk memonitoring CSS dilakukan dalam kurun waktu 40 hari sekali, untuk memantau tekanan serta laju alir masing-masing sumur digunakan suatu alat yaitu *pressure monitoring* pada setiap sumur injeksi. Biasanya tekanan yang digunakan pada saat mendistribusikan uap panas berkisar 600 sampai 700 psi. Dalam 40 hari inilah akan dipantau secara berkala apakah ukuran *choke* yang terpasang sudah sesuai atau belum. Hal yang menentukan bahwa ukuran *choke* sudah sesuai adalah dengan melihat nilai *heat compliance* masing-masing sumur. Untuk *heat compliance* nya sendiri dikategorikan menjadi 5 yaitu:

1. *Heat compliance A = Pressure meet, Latent Heat meet*
2. *Heat compliance B = Pressure meet, Latent Heat under*
3. *Heat compliance C = Pressure under, Latent Heat under*
4. *Heat compliance D = Pressure over*
5. *Heat compliance E = Pressure under/meet, Latent Heat Over*

Dalam pengerjaan CSS ini hasil yang didapatkan haruslah *heat compliance* kategori A. Mengingat pergantian *choke* yang dilakukan dalam 40 hari sekali maka untuk mengatasi apabila ada suatu area yang mengalami masalah ketidakcocokan ukuran *choke* sehingga uap panas yang yang terdistribusi tidak sesuai dengan target masing-masing sumur, kita dapat melakukan beberapa tindakan yaitu dengan meningkatkan tekanan atau menambah jumlah uap panas yang akan didistribusikan (R. Omana, 1996). Hal ini bisa saja dilakukan apabila tindakan yang kita lakukan untuk area tersebut tidak akan berdampak pada area-area yang sudah mengalami keadaan *meet*. Maka dari itu CSS akan terus memantau apakah tindakan yang paling tepat yaitu dengan mengganti ukuran *choke* atau dengan mengganggu tekanan dan jumlah uap panas yang akan didistribusikan. Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai *heat compliance* yaitu;

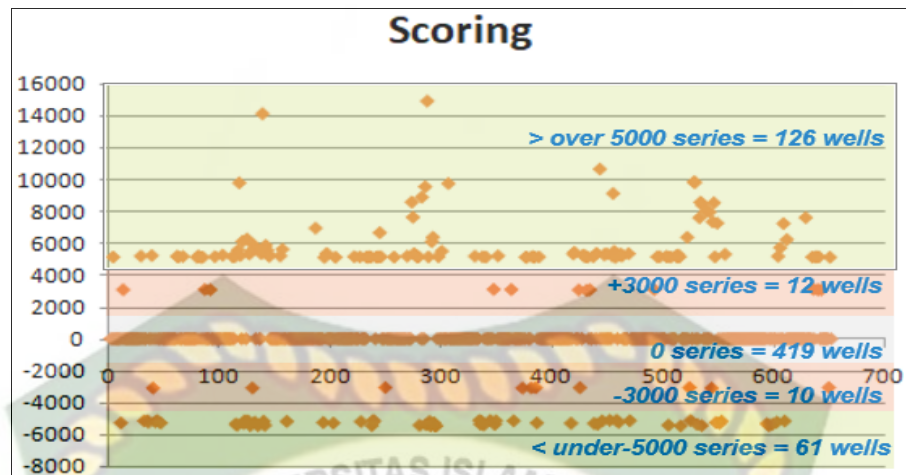
$$\frac{LH \text{ target} - LH \text{ actual}}{LH \text{ actual}} \times 100\% \dots\dots\dots 2$$

Dengan catatan bahwa *heat compliance* dikatakan *under* apabila nilai nya kurang dari -30% dan dikatakan *over* apabila nilainya +30%.

### 2.3 Scoring Priority

*Scoring priority* merupakan salah satu pengerjaan tahap akhir dalam pengelompokan *heat complianace* berdasarkan dari data *latent heat* masing-masing sumur dimana *latent heat* nya terkategori menjadi *under injected*, *over injected* dan *meet*. Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan *scoring priority* yaitu;

$$ABS (\text{Heat Compliance} \times 500) \dots\dots\dots 3$$



**Gambar 2. 3** Klasifikasi Scoring Priority (Chevron Pasific Indonesia)

Gambar diatas merupakan gambaran pengelompokan masing-masing sumur injeksi berdasarkan nilai latent heat nya yaitu *under*, *over* dan *meet*. Dari gambar diatas kita dapat melihat jumlah sumur yang harus dilakukan pergantian ukuran *choke* agar keadaan masing-masing sumur menjadi *meet* (Douglas B. Johnson, 2002).

#### 2.4 Heat Loss

*Heat loss* merupakan peristiwa hilangnya energi panas yang disebabkan oleh beberapa keadaan (R.N. Horne, 1979). Dalam proses distribusi injeksi uap panas hilangnya energi panas merupakan hal yang pasti dijumpai di setiap lapangan. Pada dasarnya yang paling mempengaruhi besar atau kecil nilai kehilangan energi panas adalah keadaan lingkungan dan jarak proses pendistribusian dilakukan (dari *steam generator* menuju masing-masing sumur injeksi), semakin jauh jarak antara keduanya maka kemungkinan besarnya kehilangan energi panas akan semakin besar pula (James J. Sheng, 1995). Cara yang paling umum digunakan untuk mengurangi nilai kehilangan energi panas adalah dengan memasang insulator di sepanjang pipa (Pradt, 1982). Untuk lapangan P sendiri sejatinya nilai *heat loss* tidak begitu diperhatikan dikarenakan jumlah uap panas yang di distribusikan sudah mencakup kemungkinan adanya energi panas yang hilang, selain itu pemasangan insulator juga sudah meminimalisir hilangnya energi panas (Boyun Gou, 2006). Tetapi untuk mengetahui

besarnya nilai kehilangan energi panas lapangan P menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$HI = \frac{L_p \cdot V_s^2}{2 \cdot d \cdot V'} \times 100\% \dots\dots\dots 4$$

Dimana:

HI = *Heat loss* (%)

L<sub>p</sub> = Panjang pipa (m)

V<sub>s</sub> = Kecepatan aliran uap panas (m/s)

d = Diameter *choke* (inch)

V<sup>1</sup> = Volume spesifik uap panas (BSPD)

## 2.5 State of The Art

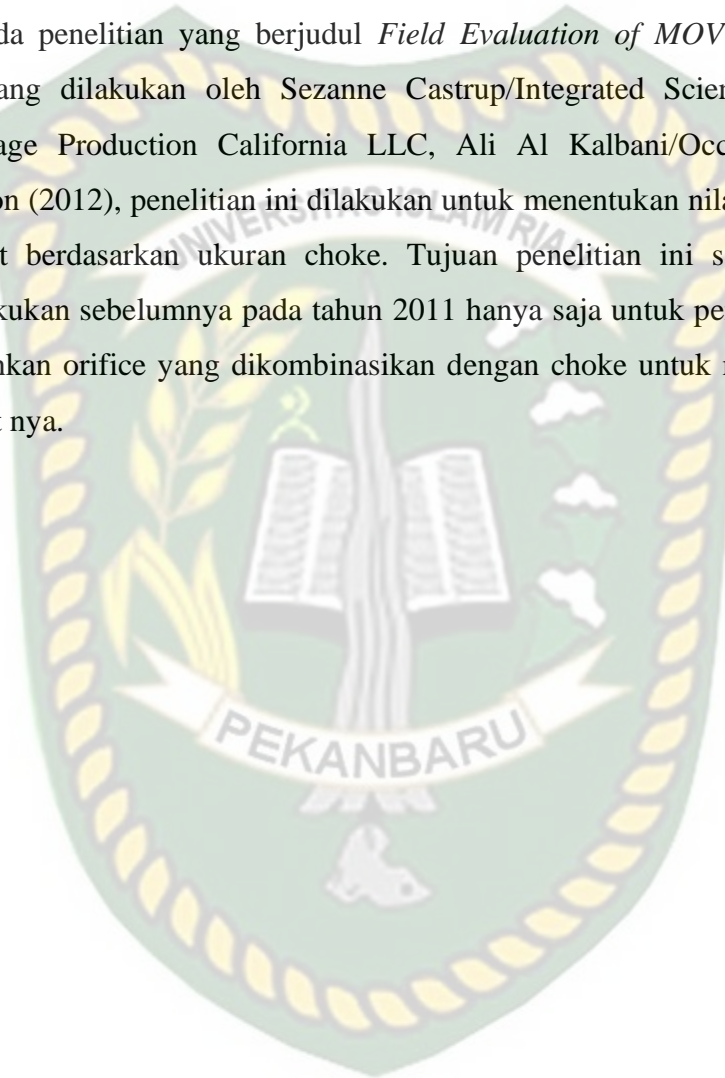
Penelitian mengenai alat-alat yang digunakan untuk mengoptimalkan pengerjaan distribusi uap panas sudah mulai diperkenalkan oleh E. H. Gras, Member AIME, Halliburton Co., Duncan, Okla (1965). Dalam penelitian yang berjudul *Portable Steam Generating Equipment* beliau memperkenalkan suatu alat berupa *portable steam generator* yang ditujukan untuk mempermudah pengerjaan dsitribusi *steam*. Pada penelitian ini beliau juga memperkenalkan alat tambahan berupa *water pump* yang mana alat ini ditujukan untuk meningkatkan tekanan pada generator.

Pada penelitian yang berjudul *Critical Flow of Wet Steam Through Choke* yang dilakukan oleh Sze-Foo Checlen E&P Technology Div. Texaco Inc (1990), penelitian ini lebih berfokus pada critical flow steam berdasarkan critical flow pressure ratio. Penelitian ini ditujukan untuk melihat perbandingan yang didapat dari setiap ukura choke yang digunakan, tetapi setelah diteliti hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin besar ukuran choke tidak berbanding lurus dengan dengan nilai critical flow nya, hasil yang didapat lebih beragam.

Pada penelitian yang berjudul *Tapered – Bean Steam Chokes Revisited* yang dilakukan oleh Sezanne Castrup/Integrated Science Group, Faisal Latif / Vintage Production California LLC, Ali Al Kalbani/Occidental Petroleum Corporation (2011), penelitian ini dilakukan untuk mengukur laju alir, critical flow dan flow rate

ratio berdasarkan ratio tekanan dari ukuran choke yang ditentukan. Pada penelitian ini mereka melakukan pengukuran flow rate, critical flow dan flow rate ratio dengan ukuran choke 3 sampai dengan 4 inch dengan pressure ratio 0.8 sampai dengan 0.85. berdasarkan hasil pengukuran didapatkan hasil maksimum yaitu pada ukuran choke 4 inch dengan pressure ratio 0.85.

Pada penelitian yang berjudul *Field Evaluation of MOV Adjustable Steam Chokes* yang dilakukan oleh Sezanne Castrup/Integrated Science Group, Faisal Latif/Vintage Production California LLC, Ali Al Kalbani/Occidental Petroleum Corporation (2012), penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai valve coefficient yang tepat berdasarkan ukuran choke. Tujuan penelitian ini sama dengan yang mereka lakukan sebelumnya pada tahun 2011 hanya saja untuk penelitian ini mereka menambahkan orifice yang dikombinasikan dengan choke untuk melihat nilai valve coefficient nya.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Main Office PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) divisi Heavy Oil Rumbai Provinsi Riau . Metode yang digunakan adalah studi Lapangan (*Field Case Studi*). Adapun data yang diperoleh merupakan data sekunder. Data tersebut sebagai berikut:

1. Data *well injection pressure*
2. Data *current BSPD and new BSPD*
3. Data *existing choke size*
4. Data *latent heat target and actual*
5. Data *steam quality*
6. Data panjang pipa
7. Data kecepatan aliran uap panas

### 3.2 Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode logical test data pada microsoft excel, yang mana logical test ini akan melakukan pengelompokan sumur-sumur yang harus dilakukan pergantian ukuran choke berdasarkan parameter – parameter yang berkaitan, adapun langkah yang dilakukan pada pengerjaan CSS yaitu;

1. Menentukan ukuran *choke* menggunakan persamaan sebagai berikut;

$$d = \frac{\sqrt{QX^a}}{CP_1} \dots\dots\dots 1$$

2. Mengevaluasi kategori *heat compliance* berdasarkan data *latent heat* masing-masing sumur injeksi dengan persamaan sebagai berikut;

$$Hc = \frac{LH\ target - LH\ actual}{LH\ actual} \times 100\% \dots\dots\dots 2$$

3. Menentukan ukuran *choke* ideal setelah melakukan pengerjaan CSS dengan persamaan sebagai berikut;

$$\frac{d1}{LH1} = \frac{d2}{LH2} \dots\dots\dots 3$$

Dengan anggapan bahwa persamaan diatas digunakan ketika nilai *upstream pressure* dan *steam quality* sesudah dan sebelum adalah sama.

4. Melakukan *scoring priority* berdasarkan kategori *heat compliance* dengan persamaan sebagai berikut;

$$Sp = ABS (Heat Compliance \times 500) \dots\dots\dots 4$$

5. Kemudian melakukan evaluasi terhadap nilai *heat loss* menggunakan persamaan sebagai berikut;

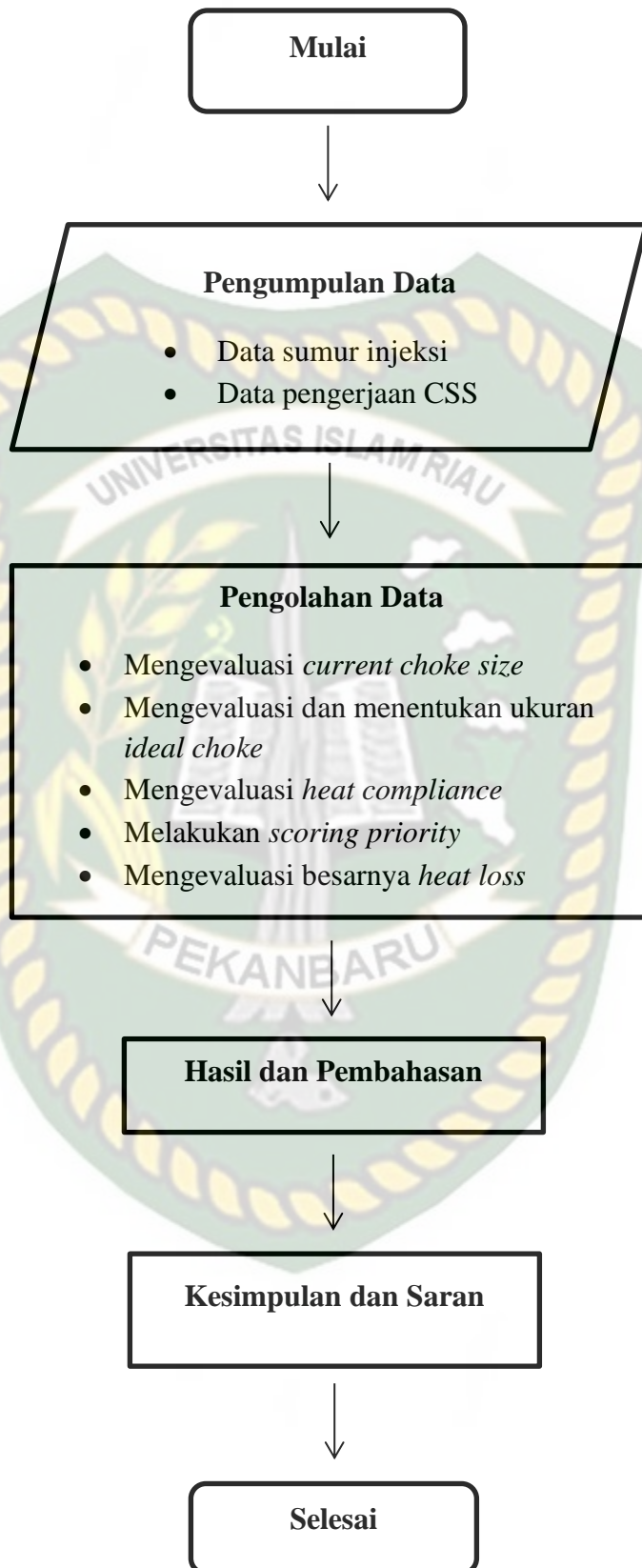
$$Hl = \frac{Lp.Vs^2}{2.d.V'} \times 100\% \dots\dots\dots 5$$

### 3.3 Waktu Pelaksanaan Tugas Akhir

Waktu Penelitian dimulai pada minggu ke-1 Juli 2020 sampai minggu ke-4 Agustus 2020. Dapat dilihat pada *gantt chart* dibawah ini

**Tabel 3 1** Jadwal Kegiatan

No	Deskripsi Kegiatan	Juli 2020				Agustus 2020			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literature								
2	Pengumpulan Data								
3	Pengolahan Data Sumur Injeksi								
4	Pengolahan Data CSS								





### 3.4 Sejarah Lapangan P

Lapangan P pertama kali ditemukan pada tahun 1941 dengan luas 34.730 hektar dan mulai beroperasi pada tahun 1958. Minyak ditemukan pada kedalaman 300 sampai 700 ft ketika sumur pertama kali dibor pada tahun 1941. Dari total cadangan minyak yang ada di lapangan duri hanya sekitar 7,5% saja yang dapat diproduksi pada tahap pengurasan primer (*primary recovery*).

Produksi minyak P mengalami hambatan karena sifat-sifat fisik antara lain pada kondisi awal temperatur mempunyai densitas 22,4 °API dan viskositas 118 cp, karena lapangan ini bersifat *heavy oil* maka kini eksploitasi nya menggunakan sistem *thermal* dan *chemical*.

Lapangan ini memiliki perangkap antiklin dengan 5,7 miliar *barrel original oil in place*, produksi kumulatif 1,9 miliar *barrel oil* dengan cadangan 1,3 miliar *barrel oil*. Lapangan ini memiliki dua reservoir produksi utama yaitu Pertama/Kedua dan Rindu, serta memiliki satu unit sekunder yaitu Baji/Jaga/Dalam. Lapangan ini memproduksi diatas 100.000 BOPD dengan sekitar 6600 sumur. Besar *spesifik gravity oil* berkisar antara 18 sampai 22°API

Sebelum mencapai fasa *breakthrough* terlebih dahulu fasa *steam chest* dimana panas sudah menyebar rata diatas *heavy oil*. Hal tersebut dapat mengurangi *initial oil saturation* yang diperkirakan 9%. Uap yang diinjeksikan pada saat ini lebih kurang 1,04 MMBSPD. Unit *steam flood* menggambarkan *multizone flooding*, *luas pattern*, *maturity pattern* dan *new immature area*.

### 3.5 Pembagian Area

Pembagian proyek *steam flood* pada lapangan P dibagi menjadi 14 area pengembangan. Pengembangan 14 area secara bertahap merupakan hasil studi pengembangan lapangan yang dilakukan pada tahun 1980. Sampai saat ini injeksi uap masih dilakukan di semua area lapangan ini.

Area 1,3,4 dan 5 dikerjakan dengan *pattern 7 spot inverted* yang memiliki luas area 11.625 hektar. Area 6,7,8,9,10 dan 11 menggunakan *pattern 9 spot inverted* dengan luas area 15,5 hektar. Tipe kompleksi yang digunakan bervariasi seperti perforasi *cased hole completion* tetapi sebagian besar berproduksi diselesaikan

dengan *open hole gravel pack completion*. *Injection completion* dilakukan dengan menyelesaikan setengah *well* dengan *comingle packer completion* dan setengah lagi diselesaikan dengan *slim hole injector*.

### 3.6 Struktur Geologi

Struktur geologi dari lapangan P adalah sebuah antiklin berarah utara selatan dengan panjang 18 km dan lebar 8 km dengan relief puncak reservoir kira-kira 300 ft. Reservoir produktif utama terdapat pada kedalaman 300 ft sampai 700 ft. sisi timur lapangan umumnya homoklin dengan kemiringan 3 sampai 5 derajat, sedangkan sisi tengah sampai barat kemiringannya menjadi naik dan rumit, terdapat patahan.



**Gambar 3. 1** Area injeksi uap panas lapangan P

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Penentuan Ukuran *Choke*

Pada dasarnya konsep utama dalam pengerjaan CSS ini adalah melakukan pergantian ukuran *choke* dengan tujuan agar pengerjaan distribusi uap panas dari generator menuju masing-masing sumur injeksi berjalan dengan optimum. Persamaan umum yang digunakan untuk melakukan pergantian *choke* adalah;

$$d = \frac{\sqrt{QX^a}}{CP_1} \dots\dots\dots 1$$

Dimana:

- d = *Choke diameter (inch)*
- Q = Laju alir (BSPD)
- C = Konstanta (38.2)
- X = *Steam quality (%)*
- P<sub>1</sub> = *Upstream pressure (Psi)*
- a = *Discharge coefficient (17)*

Persamaan diatas digunakan apabila laju alir uap panas masih dipengaruhi oleh *steam quality* dari uap panas itu sendiri, sebagai contoh;

Diketahui data suatu sumur injeksi sebagai berikut, tentukan ukuran *choke* yang tepat

Nama sumur	Sumur 1
Q (laju alir uap panas) (BSPD)	569
P (tekanan) (Psia)	627
X ( <i>steam quality</i> ) (%)	0.31
C ( <i>coefficient</i> ) (38.2)	38.2
a ( <i>discharge line</i> ) (-17)	-17

Penyelesaian;

$$d = \frac{\sqrt{QX^a}}{CP_1}$$

$$d = \frac{\sqrt{569 \times 0.31^{-17}}}{38.2 \times 627}$$

$$d = 21 \text{ inch}$$

Perhitungan diatas merupakan langkah awal dalam menentukan ukuran *choke* sebelum dilakukannya pengerjaan CSS. Setelah dilakukannya pendistribusian kita mendapatkan tambahan data berupa *latent heat actual* yang mana itu merupakan laju alir akhir yang tidak dipengaruhi oleh *steam quality*, data inilah yang akan digunakan nantinya dalam pengerjaan CSS apabila dalam evaluasi nya banyak sumur yang mengalami masalah. Persamaan yang digunakan adalah;

$$\frac{d_1}{LH_1} = \frac{d_2}{LH_2} \dots\dots\dots 2$$

Diketahui data suatu sumur injeksi sebagai berikut, setelah dilakukannya evaluasi ternyata ada beberapa sumur yang mengalami masalah dalam target uap panas nya, tentukan ukuran *choke* yang tepat;

Nama sumur	Sumur 1
<i>Actual choke size</i> ( $d_1$ )	21
<i>Actual latent heat</i> ( $LH_1$ )	86
<i>Target latent heat</i> ( $LH_2$ )	109

Penyelesaian;

$$\frac{d_1}{LH_1} = \frac{d_2}{LH_2}$$

$$\frac{21}{86} = \frac{d_2}{109}$$

$$d_2 = 27 \text{ inch}$$

Persamaan diatas dapat digunakan apabila *steam quality* dan *upstream pressure* sebelum dan sesudah adalah sama. Dari perhitungan diatas dapat kita tarik beberapa kesimpulan bahwa pada sumur 1 memiliki target *latent heat* sebesar 109 BSPD, tetapi pada saat dilakukannya proses pendistribusian uap panas dengan ukuran *choke* sebesar 21 *inch*, dengan laju alir 569 BSPD dengan *steam quality* sebesar 0.31 dan tekanan 627 psia didapatkan data *actual latent heat* sebesar 86 BSPD. Maka dari itu kita perlu melakukan perhitungan lebih lanjut untuk menentukan ukuran *choke* yang tepat sesuai dengan target sumur, kemudian didapatkan ukuran *choke* yang tepat adalah 27 *inch*. Hal ini juga berlaku untuk sumur lain nya yang bermasalah.

#### 4.2 Mengevaluasi *Heat Compliance*

*Heat compliance* merupakan parameter yang sangat penting dalam pengerjaan CSS, ini dikarenakan kategori *heat compliance* suatu sumur sangat menentukan apakah kebutuhan uap panas setiap sumur injeksi sudah sesuai dengan target masing-masing sumur. Seperti yang disebutkan sebelumnya bahwa ada 5 jenis kategori *heat compliance* yaitu;

1. *Heat compliance A = Pressure meet, Latent Heat meet*
2. *Heat compliance B = Pressure meet, Latent Heat under*
3. *Heat compliance C = Pressure under, Latent Heat under*
4. *Heat compliance D = Pressure over*
5. *Heat compliance E = Pressure under/meet, Latent Heat Over*

Untuk kasus pada lapangan ini evaluasi *heat compliance* didasarkan pada nilai *latent heat* nya karena tekanan sebelum dan sesudah pengerjaan CSS dianggap sama. Persamaan yang digunakan untuk mengevaluasi *heat compliance* pada lapangan ini yaitu;

$$\frac{LH\ target - LH\ actual}{LH\ actual} \times 100\% \dots\dots\dots 3$$

Persamaan diatas akan menentukan apakah pemenuhan uap panas untuk setiap sumur injeksi sudah dalam keadaan *meet*, bukan dalam kategori *over* ataupun *under*.

Dikatakan *over* atau *under* apabila persentasi dari nilai *heat compliance* nya besar dari 30% atau pun kurang dari -30% dan dikatakan *meet* apabila dalam rentang kedua nilai tersebut sebagai contoh;

Diketahui keadaan suatu sumur injeksi sebagai berikut, tentukan kategori *heat compliance* pada sumur ini;

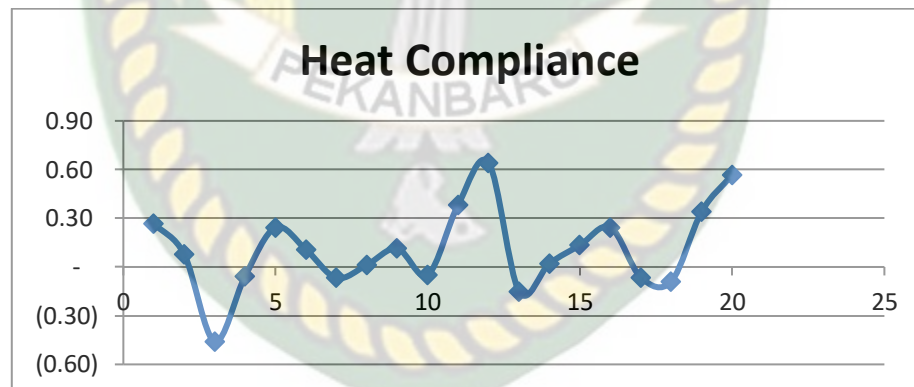
Nama sumur	Sumur 1
<i>Actual latent heat</i>	86 BSPD
<i>Target latent heat</i>	109 BSPD

Penyelesaian;

$$Hc = \frac{LH \text{ target} - LH \text{ actual}}{LH \text{ actual}} \times 100\%$$

$$Hc = \frac{109 - 86}{86} \times 100\%$$

$$Hc = 27\%$$



**Gambar 4. 1** Grafik *heat compliance*

Setelah dilakukannya evaluasi *heat compliance* terhadap 20 sumur injeksi didapatkan bentuk grafik yang bervariasi, ada 4 sumur dengan kategori *over* yang mana ini berarti *heat compliance* nya dalam kategori E, ada 1 sumur dengan kategori *under* yang mana ini berarti *heat compliance* nya dalam kategori B dan ada 15 sumur

dengan kategori *meet*. Jika didasarkan pada nilai *latent heat* masing-masing sumur injeksi masih ada 5 sumur injeksi yang harus dilakukan tindakan lanjut agar pemenuhan uap panas setiap sumur injeksi sesuai dengan target.

#### 4.3 Mengevaluasi *Scoring Priority*

*Scoring priority* merupakan suatu cara dalam menentukan jumlah *score* setiap sumur injeksi yang mana ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak jumlah dari uap panas yang telah di injeksikan selama pemantauan kinerja CSS. Umumnya pengerjaan CSS dalam 40 hari terhitung lebih kurang 500 kali proses pendistribusian uap panas, sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut;

$$Sp = ABS (Heat Compliance \times 500) \dots\dots\dots 4$$

Nilai *scoring priority* bersifat absolut sehingga hasil dari jumlah uap panas yang sudah terinjeksi bernilai positif, sebagai contoh;

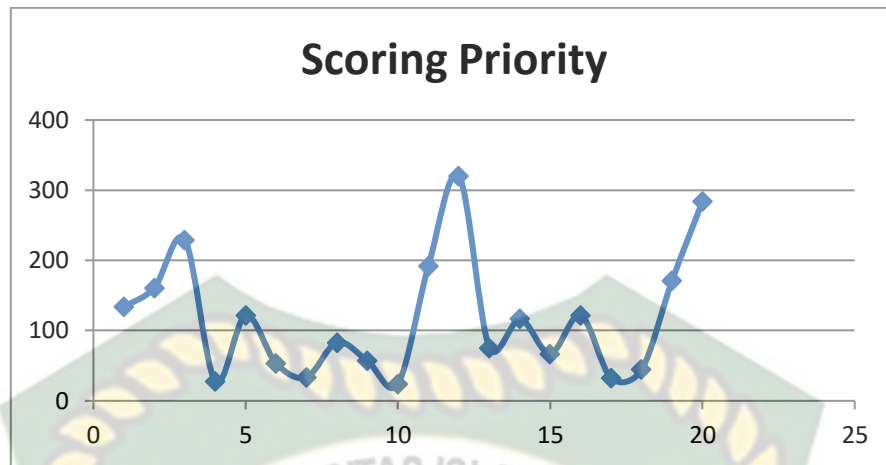
Diketahui keadaan suatu sumur injeksi selama 40 hari telah di injeksikan uap panas sebanyak 500 kali dengan nilai *heat compliance* sebesar 27%, tentukan besarnya jumlah *score* pada sumur tersebut.

Penyelesaian;

$$Sp = ABS (Heat Compliance \times 500)$$

$$Sp = ABS (0.27 \times 500)$$

$$Sp = 135$$



Gambar 4. 2 Grafik *scoring priority*

Dari grafik diatas kita dapat melihat bahwa setiap sumur memiliki jumlah *score* yang berbeda, ada beberapa sumur yang membutuhkan uap panas yang lebih besar dari sumur lain nya dan ada juga sumur yang memerlukan sedikit uap panas untuk menghasilkan panas pada batuan untuk setiap harinya. Hal ini di dasarkan pada nilai *heat compliance* masing-masing sumur, maka dari itu kebutuhan dalam pemenuhan uap panas menjadi sangat bervariasi. Sehingga grafik nilai *score* berbanding lurus dengan nilai *heat compliance* untuk setiap sumur injeksi.

**4.4. Heat Loss**

Hilangnya energi panas merupakan suatu masalah yang paling umum dijumpai pada lapangan-lapangan yang memanfaatkan uap panas sebagai metode untuk meningkatkan nilai produksi minyak. Maka dari itu untuk besarnya nilai *heat loss* harus selalu di evaluasi. Pada lapangan P sendiri berkurangnya nilai *heat loss* merupakan salah satu faktor yang menandakan suksesnya pekerjaan CSS. Persamaan yang digunakan untuk mengevaluasi nilai *heat loss* yaitu;

$$Hl = \frac{Lp.Vs^2}{2.d.v'} \times 100\% \dots\dots\dots 5$$



Sebagai contoh diketahui data suatu sumur injeksi, tentukan besarnya nilai *heat loss* pada sumur injeksi tersebut.

Nama sumur	Sumur 1
Panjang pipa ( $L_p$ )	214 m
Kecepatan aliran uap panas ( $V_s$ )	5 m/s
Diameter pipa ( $d$ )	27 inch
Volume spesifik uap panas ( $V'$ )	678

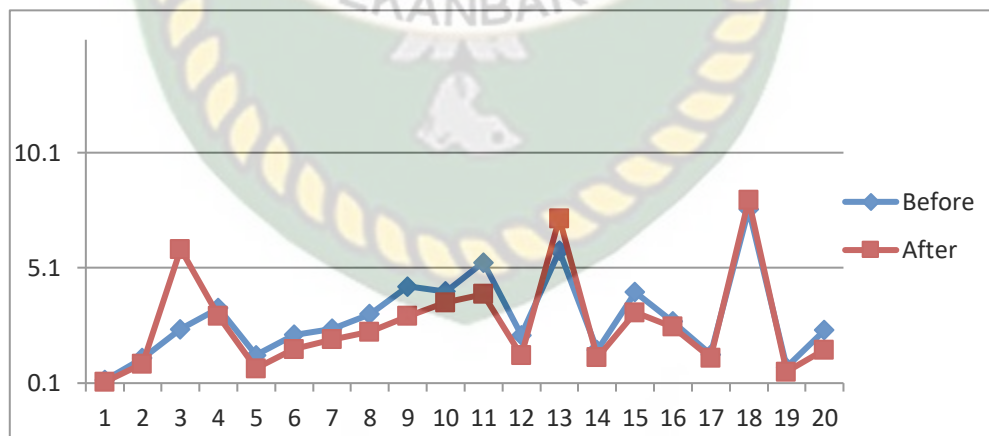
Penyelesaian;

$$Hl = \frac{L_p \cdot V_s^2}{2 \cdot d \cdot V'} \times 100\%$$

$$Hl = \frac{214 \cdot 5^2}{2 \cdot 27 \cdot 678} \times 100\%$$

$$Hl = 10\%$$

Setelah dilakukan perhitungan untuk nilai *heat loss* sebelum dan sesudah pengerjaan CSS di dapatkan lah grafik sebagai berikut;



Gambar 4. 3 Grafik *heat loss*

Dari grafik diatas dapat kita simpulkan bahwa pengerjaan pergantian ukuran *choke* untuk mengoptimalkan pengerjaan injeksi uap panas mengalami perubahan yang signifikan, dimana besarnya nilai *heat loss* untuk masing-masing sumur mengalami penurunan, meskipun masih ada beberapa sumur yang mengalami kenaikan *heat loss*. Untuk beberapa sumur yang masih mengalami permasalahan akan dilakukan pengerjaan lanjutan untuk mengatasi masalah tersebut.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Berdasarkan perhitungan ukuran choke sebelum dan sesudah didapatkan hasil bahwa setiap sumur mengalami pergantian ukuran choke.
2. Setelah dilakukan pergantian ukuran choke keadaan sumur dari segala aspek mengalami perubahan yang baik.
3. Setelah dilakukan pergantian ukuran choke kategori heat compliance sumur banyak mengalami perubahan menjadi kategori A.
4. Nilai heat loss masing-masing sumur mengalami perubahan, umumnya mengalami penurunan, meskipun masih ada sumur yang masih mengalami kenaikan.
5. Pengerjaan CSS berhasil

#### **5.2 Saran**

Untuk peneliti selanjutnya diharapkan dapat melakukan penelitian mengenai estimasi kebutuhan upa panas untuk setiap sumur injeksi dan juga melakukan estimasi keekonomian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas A. El-Abbas, S. A. (2001). Experimental Investigation of the Feasibility of Steam/Chemical Steam Flooding Processes Through Horizontal Wells. *SPE*.
- Alireza Mollaei, B. B. (2007). Investigation of Steam Flooding in Naturally Fractured Reservoirs. *SPE*.
- Boyun Gou, S. D. (2006). A Simple Model for Predicting Heat Loss and Temperature Profiles in Insulated Pipelines. *One Petro*.
- Chen Zan, D. M. (2010). Experimental and Simulation Studies of Steam Flooding Processes in Shallow, Thin Extra-Heavy Oil Reservoirs. *One Petro*.
- Chlen, S.-F. (1990). Critical Flow of Wet Steam Through Chokes. *JPT*.
- Company), G. T. (1994). Integrated Reservoir Management A Team Approach. *One Petro*.
- Douglas B. Johnson, D. D. (2002). Composite Choke and Kill Lines. *SPE*.
- E. H. Gras, M. A. (1965). Portable Steam Generating Equipment. *SPE*.
- H.H Al-Attar, G. A.-M. (2008). Revised Bean Performance Equation for East Baghdad Oil Wells. *SPE*.
- Hasan N. Al-Saedi, R. E. (2018). Coupling Low Salinity Water and Steam Flooding for Sandstone reservoirs; Low Salinity - Alternating- Steam Flooding (LSASF). *One Petro*.
- Husham Elbaloula, H. P. (2016). Designing and Implementation of The first Steam Flooding Pilot Test in Sudanese Oil and Africa. *SPE*.
- James J. Sheng, A. K. (1995). A Practical Thermal Well Testing Method Including Heat Loss Effects. *SPE*.

Mehdi Bagheripour Haghighi, S. A. (2012). Comparing the Performance and Recovery Mechanisms for Steam Flooding in Heavy and Light Oil Reservoirs. *One Petro.*

Michael Wilt, C. S. (1992). Cross-borehole Electromagnetic Induction For Steam Flooding Monitoring. *One Petro.*

Pauley, J. C. (2007). *Steam Injection Measurement*. USA: Chevron ETC Heavy Oil Team.

Pradt, L. A. (1982). A Method of Measuring Seam Quality and Heat Loss in Distribution and Downhole Piping. *SPE.*

R. Omana, C. H. (1996). Multiphase Flow Through Chokes. *One Petro.*

R.N. Horne, K. S. (1979). Wellbore Heat Loss in Production and Injection Wells. *One Petro.*

Shijun Huang, C. H. (2015). Experiment Investigation of Steam Flooding of Horizontal Wells for Thin and Heterogeneous Heavy Oil Reservoirs. *One Petro.*

Shijun Huang, Y. X. (2018). An Prediction Model of Steam Front of Horizontal Steam Flooding for Thin heavy Oil Reservoirs. *One Petro.*

Suzanne Castrup, F. L. (2011). Tapered-Bean Steam Chokes Revisited. *One Petro.*

Suzanne Castrup, F. L. (2012). Tapered-Bean Steam Chokes Revisited of Failures in Heat Recovery Steam Generating System. *SPE.*

Suzanne Griston, T. A. (1996). Field Test of Tapered-Bore Chokes for Steam Flow Control. *One Petro.*

Team, C. E. (2007). *Steam Injection Measurement*. USA: Chevron.

Ye Tao, K. H. (2019). The Numerical Simulation Study of Steam Flooding in Shallow Medium Heavy oil Reservoirs in Kazahastan (Russian). *One Petro.*

Zhang Xia, Z. X. (2013). Optimisation Study of Production-Injection Ratio for Steam Flooding . *One Petro.*

