

**PENGEMBANGAN LAPANGAN GEOTHERMAL DENGAN  
ANALISA UJI PRODUKTIVITAS SUMUR  
MENGUNAKAN METODE UJI SEMBUR DATAR PADA  
SUMUR X LAPANGAN GEOTHERMAL SORIK MARAPI**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Guna Melengkapi Syarat Dalam Mencapai Gelar Sarjan Teknik*

**OLEH**

**DEDI ARDIANSYAH LUBIS**

**NPM 163210712**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2022**

**PENGEMBANGAN LAPANGAN GEOTHERMAL DENGAN  
ANALISA UJI PRODUKTIVITAS SUMUR  
MENGUNAKAN METODE UJI SEMBUR DATAR PADA  
SUMUR X LAPANGAN GEOTHERMAL SORIK MARAPI**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Guna Melengkapi Syarat Dalam Mencapai Gelar Sarjan Teknik*

**OLEH**

**DEDI ARDIANSYAH LUBIS**

**NPM 163210712**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU**

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh

Nama : Dedi Ardiansyah Lubis

NPM : 163210712

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Tugas Akhir : Pengembangan Lapangan *Geothermal* Dengan Analisa Uji Produktivitas Sumur Menggunakan Metode Uji Sembur Datar Pada Sumur X Lapangan *Geothermal* Sorik Marapi

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Richa Melysa, ST., MT. ( ..... )

Penguji : Dr. Eng. Adi Novriansyah, ST., MT. ( ..... )

Penguji : Hj. Fitrianti, ST., MT. ( ..... )

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 25 Maret 2022

**Disahkan oleh:**

**KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK PERMINYAKAN**



**Novia Rita, S.T., M.T.**

## 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, 16 Februari 2022



DEDI ARDIANSYAH LUBIS  
NPM 163210712



## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala atas Rahmat dan limpahan 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. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mencapai gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Richa Meylisa, S.T., M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir sekaligus pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
2. Bapak Ali Sahid, Ramos Lubis, Bapak Horasdo, Bapak Dyan dan seluruh pihak PT. Sorik Marapi *Geothermal* Power (SMGP) yang telah memberikan kesempatan untuk pengambilan data dan selalu memberikan bimbingan penuh terhadap tugas akhir saya,
3. Ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
4. Orang tua saya H. Edi Faisal Lubis dan Hj. Yusnaleli, S.Pd., serta keluarga yang selalu memberikan dukungan penuh material dan moral setiap harinya, serta saya yang tetap semangat terus walau kadang jenuh.

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, 18 Februari 2022



DEDI ARDIANSYAH LUBIS  
NPM 163210712

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
<b>BAB II</b> .....	<b>3</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>3</b>
2.1 State Of The Art .....	3
<b>BAB III</b> .....	<b>6</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>6</b>
3.1. Metode Penelitian .....	6
3.2 Flowchart.....	7
3.1 Tinjauan Lapangan .....	8
3.4 Jenis Penelitian .....	10
3.1 Jadwal Penelitian .....	12
<b>BAB VI</b> .....	<b>13</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>13</b>
<b>BAB V</b> .....	<b>20</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>20</b>
4.2 Kesimpulan.....	20
5.2 Saran .....	20
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>22</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	7
Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian (Luthfi et al., 2020) .....	8
Gambar 3.3 Peta Struktur regional Lembar Lubuk Sikaping (Putra & Sidqi, 2017) .....	9
Gambar 3.4 Peta Geologi Sorik Marapi <i>Geothermal</i> (Rezky & Hermawan, 2015) .....	9
Gambar 3.5 <i>output Test</i> menggunakan Sembur Datar ke dalam weir box (Mubarok et al., 2019) .....	10
Gambar 4.1 Uji Produksi Sembur Datar Sumur X Lapangan <i>Geothermal</i> Sorik Marapi .....	13
Gambar 4.2 Plot penentuan nilai "C" dan "n" untuk steam rate .....	14
Gambar 4.3 Plot penentuan nilai "C" dan "n" untuk total rate.....	15
Gambar 4.4 <i>Steam rate vs data actual</i> uji produksi .....	16
Gambar 4.5 <i>Total rate vs data actual</i> uji produksi .....	16
Gambar 4.6 <i>Output Curve</i> Sumur X.....	18

## DAFTAR TABEL

Table 3.1 Jadwal Penelitian.....	12
Table 4.1 Hasil Perhitungan Mencari nilai "n" dan "C" untuk steam rate .	14
Table 4.2 Hasil Perhitungan Mencari nilai "n" dan "C" untuk total rate ...	15
Table 4.3 Hasil Perhitungan <i>Output Curve</i> Sumur X .....	17



## DAFTAR SINGKATAN

WHP *Well Head Pressure*

MW *Mega Watt*

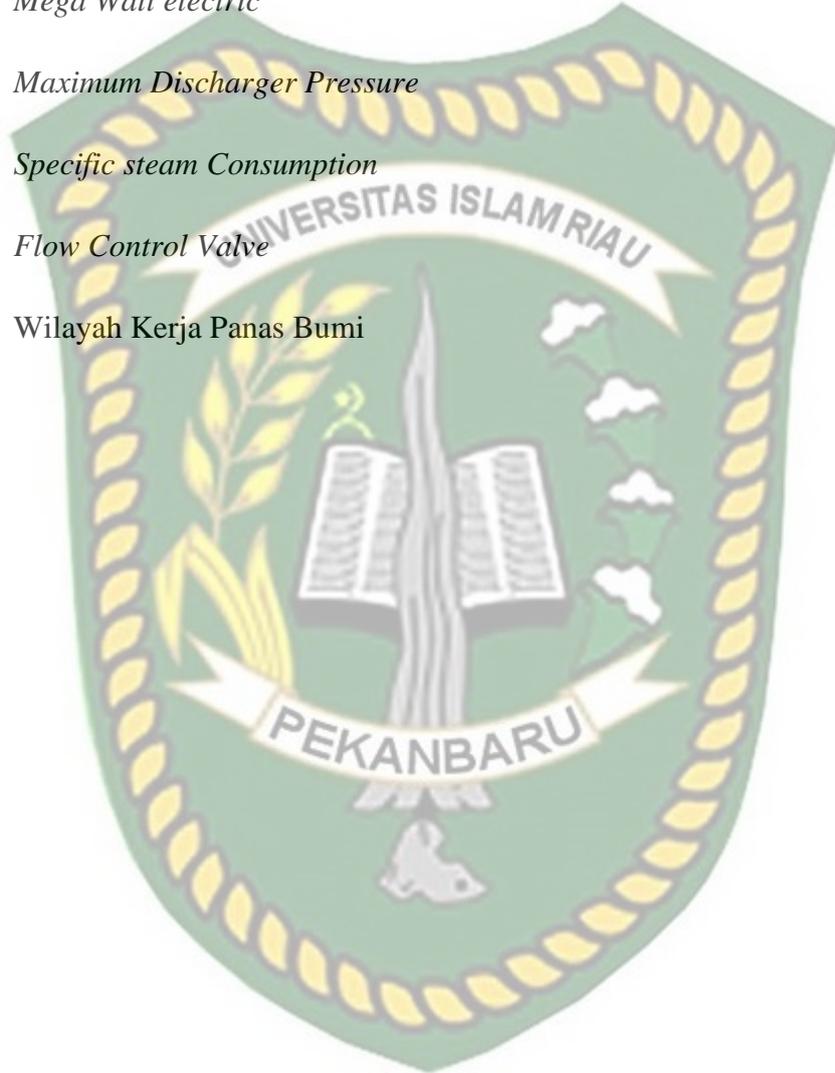
MWe *Mega Watt electric*

MDP *Maximum Discharger Pressure*

SSC *Specific steam Consumption*

FCV *Flow Control Valve*

WKP *Wilayah Kerja Panas Bumi*



## DAFTAR SIMBOL

A	Luas Area Pipa lip	( $Cm^2$ )
M brine	<i>Brine Rate</i>	(kg/s)
H	<i>Enthalpy</i>	(kj/kg)
M	<i>Total Rate</i>	(kg/s)
M steam	<i>Steam Rate</i>	(kg/s)
P lip	<i>Lip Pressure</i>	(bara)
X	<i>Dryness</i>	(%)
C	<i>Linearzed Performance Coefficient</i>	
n	<i>Deliverability Exponent</i>	



# PENGEMBANGAN LAPANGAN *GEOTHERMAL* DENGAN ANALISIS UJI PRODUKTIVITAS SUMUR MENGGUNAKAN METODE UJI SEMBUR DATAR PADA SUMUR X LAPANGAN *GEOTHERMAL* SORIK MARAPI

DEDI ARDIANSYAH LUBIS  
NPM 163210712

## ABSTRAK

Salah satu usaha dalam mendukung keberhasilan eksplorasi dan eksploitasi suatu lapangan *geothermal* adalah pengujian sumur untuk mengetahui kapasitas produksi maksimum (*deliverability*) suatu sumur di lapangan panas bumi. Salah satu metode uji produksi adalah metode sembur datar (*horizontal lip pressure*), yaitu suatu metode pengujian sumur yang berguna untuk mengetahui besarnya *enthalpy* dan *flow rate*. Dalam metode ini, fluida *geothermal* dari sumur di alirkan ke *silencer*, kemudian tekanan di ukur pada bagian ujung pipa sembur dan *flow rate* sumur diukur melalui alat ukur *mag flow*. Untuk perhitungan *flow rate*, peneliti menggunakan persamaan dari *Russel James*. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis kemampuan produksi sumur X dengan uji sembur datar serta nilai variabel pada persamaan *deliverability*/kapasitas produksi. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data uji produksi sembur datar berupa *flow rate brine* (*M brine*), Tekana Kepala sumur (WHP), Luas penampang pipa lip (A), tekanan lip (P lip) pada sumur X. Data-data tersebut diolah menjadi kurva *output Test* sehingga didapat variabel-variabel pada persamaan *deliverability* yaitu nilai  $C = 10^{1,1918} = 15,5$  dan  $n = 0,2589$  untuk *steam rate* dan  $C = 10^{1,806} = 63,9$  dan  $n = 0,2601$  untuk *total rate*. Jika sumur X dioperasikan pada WHP 6-9 bara akan menghasilkan *steam rate* sebesar 19,5 Kg/s – 24,1 Kg/s, dan akan menghasilkan daya sebesar 9,8 MW – 12 MW pada *Specific Steam Consumption* (SSC) turbin sebesar 2 Kg/s/MW. Persentasi error pada persamaan *deliverability* ialah sebesar 3% - 6% untuk *steam rate* dan 1% - 5% untuk *total rate*

**Kata kunci :** Uji Sembur Datar, Weir Box, Persamaan Rusel James, Deliverability.

**GEOTHERMAL FIELD DEVELOPMENT WITH WELL  
PRODUCTIVITY TEST ANALYSIS  
USING HORIZONTAL LIP PRESSURE METHOD ON WELL X  
SORIK MARAPI GEOTHERMAL FIELD**

**DEDI ARDIANSYAH LUBIS  
NPM 163210712**

**ABSTRACT**

*One of the efforts to support the successful exploration and exploitation of a geothermal field is well testing to determine the maximum production capacity (deliverability) of a well in a geothermal field. One of the production test methods is the horizontal lip pressure method, which is a well testing method that is useful for determining the amount of enthalpy and flow rate. In this method, the geothermal fluid from the well is flowed into the silencer, then the pressure is measured at the end of the blowpipe and the well flow rate is measured through a mag flow meter. For the flow rate calculation, the researcher uses the equation of Russell James. The purpose of this study is to analyze the production capability of the X well with a flat spray test and the value of the variables in the deliverability/production capacity equation. The data collected in this study were flat spray production test data in the form of brine flow rate ( $M$  brine), wellhead pressure (WHP), lip pipe cross-sectional area ( $A$ ), lip pressure ( $P$  lip) in well X. These data processed into a test output curve so that the variables in the deliverability equation are obtained, namely the value of  $C = 10^{1.1918} = 15.5$  and  $n = 0.2589$  for steam rate and  $C = 10^{1.806} = 63.9$  and  $n = 0,2601$  for the total rate. If well X is operated at WHP 6-9 coal, it will produce a steam rate of 19.5 Kg/s – 24.1 Kg/s, and will produce a power of 9.8 MW – 12 MW on a Specific Steam Consumption (SSC) turbine of 2 Kg/s/MW. The percentage error in the deliverability equation is 3% - 6% for the steam rate and 1% - 5% for the total rate*

**Keywords:** *Horizontal Discharger Test, Weir Box, Rusel James Equation, Deliverability.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi *geothermal* Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dan memegang 40% dari potensi *geothermal* dunia, yaitu dengan potensi cadangan sebesar 25.300 MW, dan sekitar 2.000 MW telah berhasil dikembangkan menjadi energi listrik. Salah satu lapangan *geothermal* tersebut terletak di Sorik Marapi, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara. Lapangan ini merupakan salah satu wilayah *geothermal* dengan potensi cadangan *geothermal* sebesar 240 MWe sehingga layak untuk dilakukan penyelidikan maupun penelitian secara rinci untuk mengembangkan lapangan *geothermal* daerah ini. Saat ini kapasitas listrik yang terpasang yaitu 20 MW pada unit I dan 30 MW pada unit II (Hidayatullah et al., 2021).

Usaha-usaha dalam mendukung kegiatan eksplorasi dan eksploitasi suatu lapangan *geothermal* tidak terlepas dari pengamatan aliran fluida mulai dari *reservoir* hingga ke permukaan, yang dinyatakan dengan *flow rate* dengan satuan kg/detik (Zarrouk, S. J., & Mclean, 2019). Pengujian dan pengukuran sumur *geothermal*, dapat dilakukan dengan uji produksi. Uji produksi dilakukan untuk mendapatkan informasi atau data yang lebih persis mengenai jenis dan sifat fluida produksi, kedalaman *reservoir*, temperatur *reservoir*, sifat batuan *reservoir*, *flow rate* fluida, *enthalpy* dan fraksi uap pada berbagai macam tekanan kepala sumur dan kapasitas produksi (Farduwin & Yuliansyah, 2011).

Uji produksi sumur memiliki beberapa metode seperti uji datar, uji Tegak, uji Kalorimeter dan uji Separator. Pada penelitian ini dilakukan uji produksi dengan metode uji datar. Pemilihan metode uji datar yang dilakukan di lapangan *geothermal* Sorik Marapi berdasarkan pada keakuratan dalam menentukan kapasitas produksi atau *deliverability* sumur.

Dalam metode ini fluida dari dalam sumur di semburkan secara mendatar ke *silencer*, tekanan diukur pada bagian ujung pipa sembur dan ketinggian fluida

dari saparator diukur menggunakan *weir box*. Dengan data yang telah diperoleh maka akan didapat besarnya *flowing enthalpy* dan *flow rate* dengan menggunakan persamaan *Russel James* (Saptadji, 2018).

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisis kemampuan produksi sumur X dengan uji sembur datar serta nilai variabel pada persamaan *deliverability* / kapasitas produksi.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini ialah, hasil penelitian yang sudah penulis lakukan dapat perusahaan gunakan sebagai dasar penentu potensi kemampuan sumur yang nantinya akan di uji lagi menggunakan data uji produksi dan menjadikan laporan ini sebagai data penunjang untuk melakukan kajian lebih lanjut. Selain itu hasil penelitian yang sudah penulis lakukan diharapkan dapat mempermudah pembaca dalam mengembangkan penelitian lebih lanjut mengenai panasbumi dan mengetahui proses tahapan uji produksi sumur *geothermal* dan mengetahui estimasi penurunan produksi panas bumi.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam studi lapangan ini batasan masalah dibatasi hanya mengenai uji produksi menggunakan sembur datar di lapangan *geothermal* Sorik Marapi untuk mendapatkan hasil studi yang tidak menyimpang dari tujuan yang dimaksud, dalam studi lapangan ini hanya dibatasi mengenai hasil analisis kemampuan produksi sumur X dengan metode sembur datar serta nilai variabel pada persamaan *deliverability* / kapasitas produksi pada lapangan *geothermal* Sorik Marapi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui adalah sumber daya alam yang tidak memiliki kemampuan untuk memulihkan hasil sumber dayanya sendiri yang meliputi: tanah, bahan bakar fosil, batu bara, nuklir, dan mineral. Salah satu pilar keberimanannya dalam sistem keimanan Islam adalah percaya bahwa energi itu terbatas, berdasarkan firman Allah SWT “*Kami ciptakan sumber daya alam dan lingkungan dengan cara yang benar dan dalam keadaan terbatas. Sementara itu, orang-orang kafir cenderung mengabaikan peringatanku*”. Dengan kata lain, tidak sempurna iman seorang jika orang tidak meyakini bahwa energi itu terbatas. Oleh karena itu, mengutamakan pemanfaatan sumber energi yang dapat diperbarui sangat diperlukan (Muhammad Qomarullah, 2014). Salah satu energi yang dapat diperbarui adalah panas bumi. Indonesia merupakan negara dengan penghasil energi *geothermal* terbesar nomor dua di dunia saat ini. Banyaknya potensi yang telah dihasilkan membuktikan jumlah energi *geothermal* sangat melimpah sehingga diperlukan pemanfaatan secara maksimal.

#### 2.1 State Of The Art

Pada penelitian yang terkait dengan penelitian ini terdapat jurnal-jurnal yang diperoleh berkaitan dengan teori tentang pengukuran laju produksi sumur. Menurut penelitian yang dilakukan (Melysa & Fitrianti, 2017), analisis produksi bisa dilakukan dengan metode uji produksi. Uji produksi pada sumur *geothermal* bertujuan untuk mengetahui nilai *deliverability* sumur. Pada umumnya ada beberapa macam metode uji produksi yang dapat digunakan untuk memperoleh *deliverability*, seperti Uji Datar, Uji Tegak, Uji Kalorimeter dan Uji Separator. Menurut (Wellson, 2015) Sumur panasbumi yang sudah selesai di bor perlu dilakukan uji produksi. Uji produksi ini dilakukan untuk menentukan *deliverability* sumur. *Deliverability* adalah kemampuan sumur memproduksi fluida. Biasanya *deliverability* ini dinyatakan dalam bentuk grafik yang disebut *output curve*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Acuna, 2008) dimana formulasi yang disajikan di sini menunjukkan bagaimana *deliverability* dari sumur berhubungan dengan sumur dan perilaku formasi. Efek gabungan menciptakan bentuk khas

dalam kurva *deliverability* sumur yang dapat dianalisis secara kuantitatif untuk mendapatkan perkiraan Indeks produktivitas sumur.

Menurut (Hermas Alberto Davila Jose, 2016) Kurva produksi *deliverability* ditentukan dengan memplot *flow rate* dengan WHP, Keterbatasan dari pengujian ini adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai stabilisasi pada reservoir dengan permeabilitas rendah. Terkadang sulit jika sumur tidak memiliki *flow rate* di awal atau ada lapisan dingin di atasnya, oleh karena itu uji produksi menghabiskan waktu lama hanya menunggu kondisi stabil dari sumur. Plot Log (M) versus Log (MDP–WHP) untuk sumur *geothermal* dua fasa harus memberikan garis lurus. koefisien yang ditentukan oleh *trendline* grafik *linear* akan digunakan untuk mendapatkan persamaan *deliverability*.

Pada penelitian (Karim et al., 2005) Percobaan dilakukan di lapangan *Geothermal* Kamojang, Jawa Barat, untuk menerapkan *Modified Isochronal Test* untuk menentukan *kurva output* dari uji produksi sumur KMJ-73 dan KMJ-74. Sebelumnya, sumur-sumur di lapangan *geothermal* Kamojang diuji menggunakan metode tekanan balik. Hasil tesnya memuaskan, namun tes itu memakan waktu tiga bulan untuk menguji satu sumur. Dari tes ini memiliki kerugian yaitu biayanya yang tinggi dan pendapatan yang diperoleh dari sumur tertunda. Hasil uji *isochronal* yang dimodifikasi memiliki kesesuaian yang baik dengan yang diperoleh dari uji tekanan balik. Keuntungan utama dari uji *isochronal* yang dimodifikasi adalah durasi pengujian. Penyelesaiantes *isochronal* yang dimodifikasi hanya membutuhkan waktu 10 hari.

Menurut penelitian yang dilakukan (Wibowo et al., 2015) analisis uji produksi menggunakan metode sembur datar (*Horizontal lip pressure*) guna mengetahui kapasitas uji produksi sumur XYZ di lapangan *geothermal* Dieng. Grafik uji produksi yang diperoleh menunjukkan hasil yang tidak konsisten dalam beberapa waktu tertentu. Secara teoritis semakin besar FCV dibuka maka semakin kecil tekanan kepala sumur dan laju produksi akan stabil pada tekanan tertentu selama katup dibuka pada kondisi yang sama. *flow rate* total dapat dihitung dengan persamaan *Russel James* Pada penelitian yang dilakukan oleh (Humaedi et al., 2016) dimana tujuan dari pengujian ini adalah untuk membuat *output curve* sumur

dan menentukan *maximum pressure discharge* (MPD). Pengujian ini dilakukan dengan menutup sumur pada bukaan FCV yang berbeda dan memantau parameter produksi pada FCV yang berbeda ini. Pada sumur RD-I2, pengujian dilakukan pada bukaan FCV, berturut-turut 100, 50, 20, 15 dan 10% setelah empat bulan periode pengaliran. MDP dilaporkan sebesar 14,8 Bara pada pembukaan 10%. Parameter produksi dihitung dengan metode *lip pressure*.

Menurut (Budi Wibowo, 2019) Uji produksi dengan metode *lip pressure* dengan cara sembur datar sangat memungkinkan untuk menggantikan metode separator karena fasilitas yang dibutuhkan tidak rumit, menghemat biaya hingga 50%, waktu persiapan dan produksi menjadi lebih singkat. Metode *lip pressure* sembur datar dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan *Russel James*. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Nizami, 2016) Uji produksi merupakan salah satu kegiatan yang sangat krusial dalam proses pengembangan lapangan panas bumi. Kegiatan ini dilakukan setelah proses pemboran. Uji produksi harus dilakukan untuk mengetahui kondisi sumur, karakteristik *reservoir* dan kapasitas produksi sumur serta membersihkan serbuk bor atau lumpur pemboran dari sumur. Data uji produksi harus diolah dengan hati-hati untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan mendekati kondisi sumur yang sebenarnya. Persamaan *Russel James* biasanya digunakan ketika menghitung beberapa parameter pada metode *lip prssure*. Persamaan ini menghubungkan *flow rate* an massa, *enthalpy*, luas penampang pipa lip dan tekanan lip. Tujuan utama dilakukan pengujian ini terhadap Sumur “TY-07” Lapangan KAG yaitu untuk memprediksi atau memperkirakan kemampuan produksi sumur tersebut atau yang lebih dikenal dengan *deliverability*. Jenis uji *deliverability* yang telah dioperasikan pada sumur tersebut yaitu *modified isochronal test*. Pengujian *modified isochronal test* dilakukan sebanyak 4 *flow rate* dengan membuka *choke* pada ukuran yang berbeda. Dimana waktu pembukaan dan penutupan sumur yaitu selama 4 jam. Rangkaian akhir dari pengujian ini yaitu penutupan sumur selama 8 jam. Berdasarkan plot antara MDP-PWH dengan *flow rate* pada kurva log-log, dalam menentukan harga “n” dan “c” dengan mengambil titik – titik *Isochronal* pada garis linier.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode studi lapangan di perusahaan PT. Sorik Marapi *Geothermal* Power. Pada penelitian ini menggunakan data skunder berupa data produksi fluida *geothermal* . Setelah data didapatkan kemudian dilakukan interpretasi yang diikuti arahan dari mentor lapangan sehingga didapatkan suatu kesimpulan.



### 3.2 Flowchart



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.

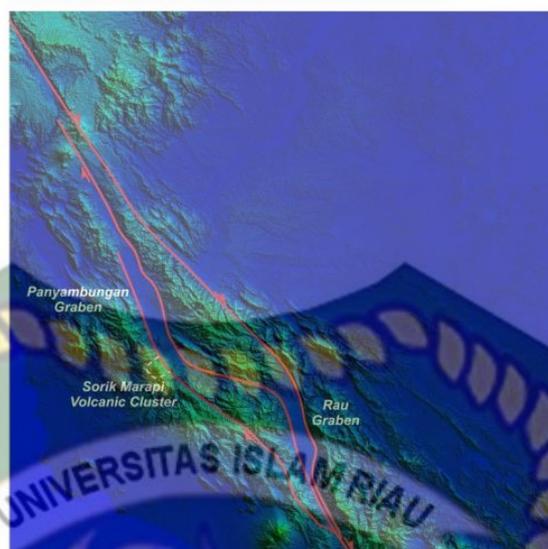
### 3.1 Tinjauan Lapangan

Lapangan *geothermal* Sorik Marapi berlokasi di Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera utara yang terletak di antara dua lapangan panasbumi yang sedang di kembangkan yaitu lapangan *geothermal* Sarulla oleh *Sarulla Operation Ltd* (SOL) dan lapangan *geothermal* Muara Labuh oleh *Supreme Energy* (Sagala et al., 2016). Lapangan Sorik Marapi secara administratif berada di Desa Sibanggor Julu, Kecamatan Puncak Sorik Marapi, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara. Koordinat puncak gunung adalah  $0^{\circ} 41' 11''$  LS dan  $99^{\circ} 32' 13''$  BT. (Destina Simanulang & Kadri, 2020)

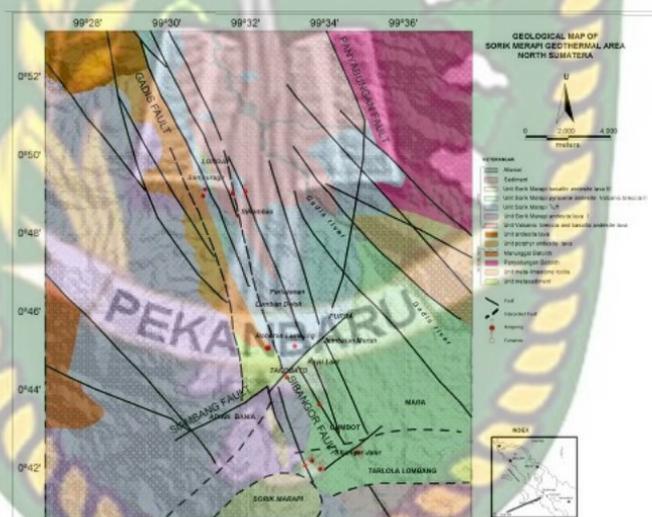


**Gambar 3.2** Peta Lokasi Penelitian (Luthfi et al., 2020)

Secara regional, wilayah penelitian termasuk ke dalam cekungan Sumatera Utara, peta geologi Regional Lembar Lubuk Sikaping, secara geologi wilayah penelitian termasuk kedalam formasi Julureyu yang diendapkan dilingkungan *fluviatil* hingga *litoral*. Litologi juruleyeu adalah lempung dan konglomerat dibagian bawah formasi yang kemudian semakin keatas semakin meningkat menjadi batu pasir tufan yang lunak. Kedalaman formasi ini adalah 400-600 m. (Febriadin et al., 2020)



Gambar 3.3 Peta Struktur regional Lembar Lubuk Sikaping (Putra & Sidqi, 2017)



Gambar 3.4 Peta Geologi Sorik Marapi *Geothermal* (Rezky & Hermawan, 2015)

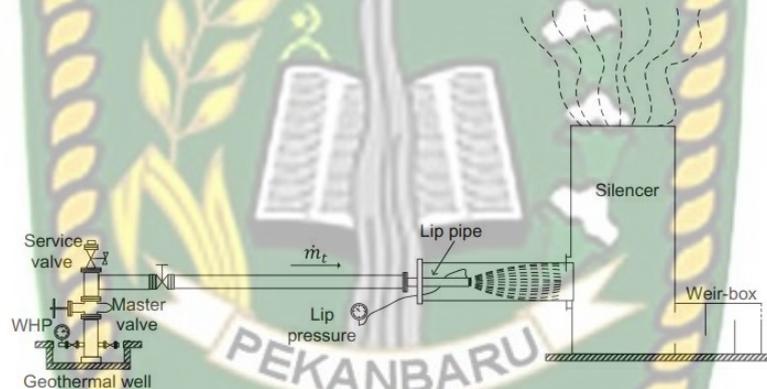
Lapangan *geothermal* Sorik Marapi diperkirakan memiliki potensi lebih dari 240 MW. Dengan suhu melebihi  $270^{\circ}\text{C}$  dari target menuju gunung Sorik Marapi. Konsesi *geothermal* Sorik Marapi mencakup WKP seluas 629 km<sup>2</sup>. Pada tahun 2016 sumur pertama dibor pada lapangan Sorik Marapi (Mulyani et al., 2019)

### 3.4 Jenis Penelitian

Adapun perkiraan data yang dibutuhkan dalam menyelesaikan studi lapangan analisis uji produktivitas sumur dengan metode uji sembur datar pada sumur X di lapangan *geothermal* Sorik Marapi ialah :

#### Metode Sembur Datar

Pada metode ini fluida *geothermal* dua fasa akan disalurkan ke *silincer* (*atmospheric flash vessel*) melalui pipa *horizontal lip pressure* (Zarrouk, S. J., & Mclean, 2019). Pada uji lip datar fluida dua fasa di *flashing* pada *silincer*. *Silincer* berfungsi untuk meredam dan memflashing semburan fluida dua fasa *geothermal* (M. Mubarrok, 2013). Perhitungan *brine flow* pada penelitian ini ialah menggunakan alat ukur *mag flow*.



**Gambar 3.5** Output test menggunakan Sembur (Mubarok et al., 2019)

*Enthalpy output* dan *flow rate* dengan metode Sembur Datar dapat dihitung menggunakan persamaan *Russel James*.

Perhitungan *flow rate* dan *enthalpy* dari hasil pengujian dengan metode uji sembur datar di jelaskan pada buku (Grant, Malcolm A., 2011), yaitu dengan cara :

1. Menghitung harga Y dengan persamaan :

$$Y = \frac{M_{brine}}{A \times P \text{ lip}^{0.96}} \quad (1)$$

2. Menghitung *enthalpy* H dengan menggunakan persamaan :

$$H = \frac{2675 + 3329 \times Y}{1 + 28,3 \times Y} \quad (2)$$

3. Menghitung *total rate* dengan persamaan :

$$M = \frac{M_{brine} \times 2258}{2675 - H} \quad (3)$$

4. Menghitung *steam rate* dengan persamaan :

$$M_{uap} = M - M_{brine} \quad (4)$$

5. Menghitung *dryness* dengan persamaan :

$$x = \frac{M_{uap}}{M} \times 100 \quad (5)$$

#### Penentuan *Deliverability* dan *Output curve*

Penentuan *deliverability* dan *output curve* pada uji produksi sembur datar dimaksud ialah untuk mencari nilai “n” dan nilai “C”. nilai “n” dan “C” didapat dengan memplot log log anatar *flow rate* dengan (MDP-WHP). (Hermas Alberto Davila Jose, 2016). Adapun persamaan yang digunakan ialah dengan menggunakan persamaan dari (Sanyal et al., 2000), yaitu :

$$W = C (MDP - WHP)^n \quad (6)$$

Untuk bisa memakai persamaan di atas, perlu mencari nilai C dan nilai n-nya, yang didapat dengan membuat grafik. Grafik dibuat dengan melakukan plot antara log *flow rate* dengan log tekanan. Nilai tekanan kepala sumur dan *flow rate* yang dipakai adalah saat tekanan berada pada kondisi stabil (Samsol et al., 2020)

### 3.1 Jadwal Penelitian

Adapun studi lapangan akan dilakukan selama 3 Bulan (12 Minggu) dari Bulan Desember 2021- Februari 2022 yang dapat dilihat pada tabel berikut :

**Table 3.1**Jadwal Penelitian

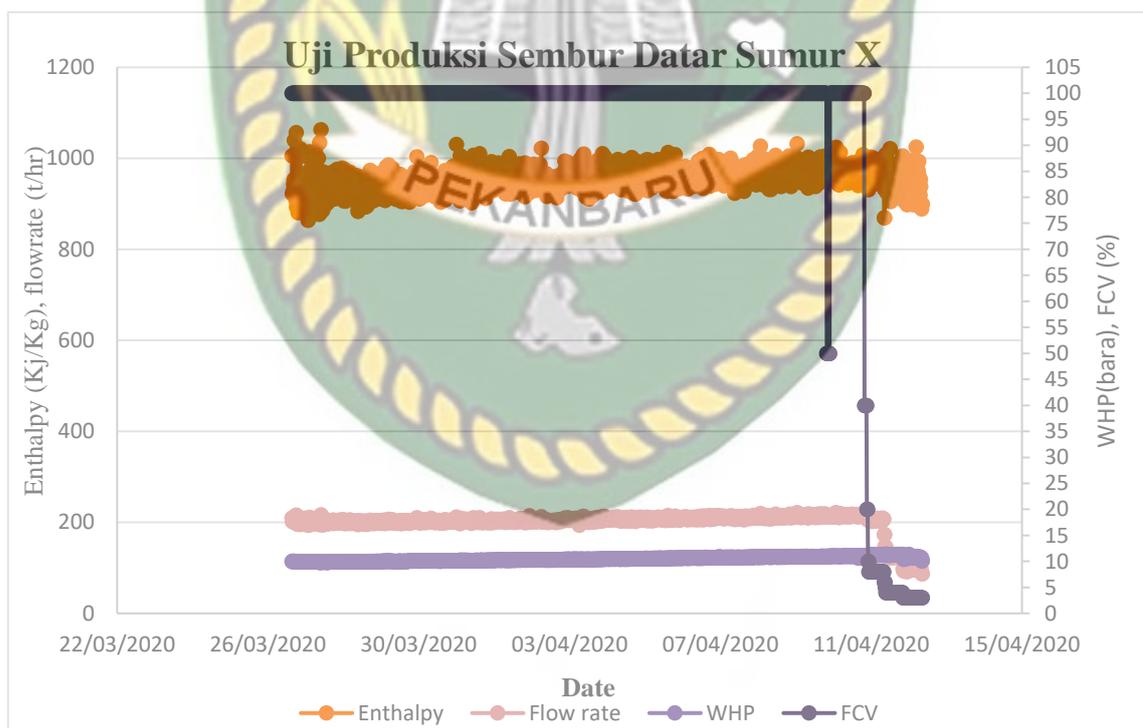
Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Minggu)											
	Desember		Januari				Februari				Maret	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Studi Literatur												
Pengumpulan Data												
Pengolahan Data												
Menyusun Laporan Hasil												

## BAB VI

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji produksi dengan metode uji sembur datar pada lapangan Sorik Marapi dilakukan pada tanggal 26 Maret sampai 12 April 2020. Uji produksi ini dilakukan dengan tujuan mengetahui kemampuan produksi sumur X dengan uji sembur datar serta nilai variabel pada persamaan *deliverability* atau kapasitas produksi. Total *flow rate* dan *enthalpy* didapat dengan persamaan *Russel James*. Pada penelitian ini *brine rate* diukur dengan menggunakan alat ukur *Mag Flow*.

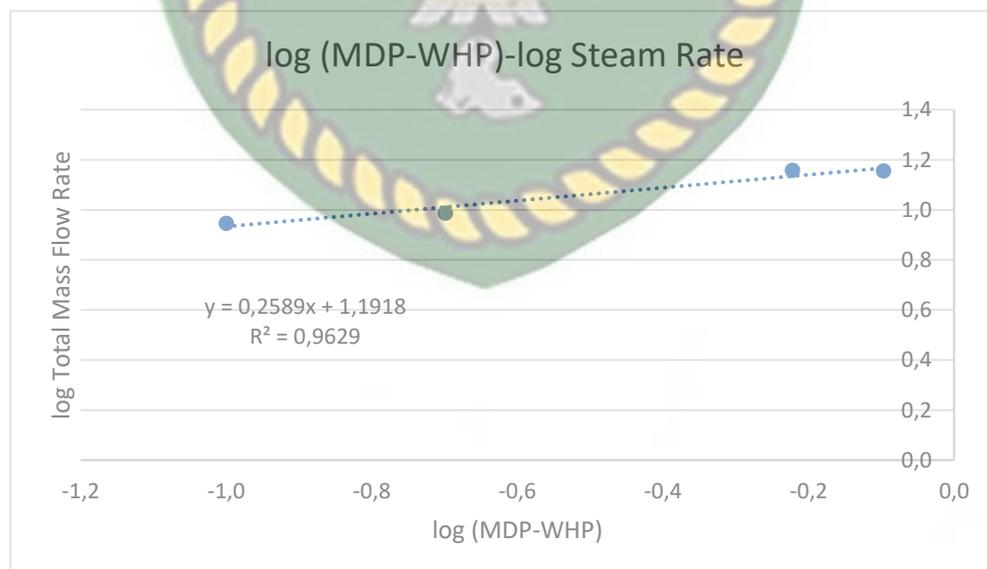
Pada penelitian ini uji produksi sembur datar menggunakan pipa lip dengan diameter 6 inch dan tekanan atmosfer pada lapangan Sorik Marapi ialah sebesar 0,9 bar. Pengukuran *flow rate* dilakukan pada setiap FCV yang berbeda-beda.



Analisis uji produksi sembur datar dimaksud ialah untuk mencari nilai “n” dan “C” yang selanjutnya digunakan untuk membangun persamaan *deliverability* dan *output curve* dari sumur X lapangan *geothermal* Sorik Marapi. Untuk mencari nilai “n” dan “c” digunakan plot antara *steam rate* dan (MDP-PWH) dalam skala log-log. Dimana nilai MDP didapat dari nilai maksimum WHP pada saat uji produksi. Nilai MDP pada saat uji produksi yaitu 11,4 bara pada FCV 4%. Hasil perhitungan dan plot untuk *steam rate* dapat dilihat pada **tabe 4.1** dan **gambar 4.2**

**Table 4.1** Hasil Perhitungan Mencari nilai "n" dan "C" untuk *steam rate*

WHP	FCV	Enthalpi	Total Mass Flow Rate	Steam Rate	MDP-PWH	log MDP-PWH	log Steam rate	M (c,n)	Error
(bara)	(%)	Kj/Kg	ton/jam	Kg/s				kg/s	%
10,6	100	971,3	58,2	14,3	0,80	-0,1	1,2	14,7	3%
10,8	100	967,5	58,9	14,4	0,60	-0,2	1,2	13,6	-5%
11,2	6	948,3	41,3	9,7	0,20	-0,7	1,0	10,3	6%
11,3	4	980,0	35,4	8,8	0,10	-1,0	0,9	8,6	-3%
	<b>MDP</b>	<b>11,4</b>	<b>bara</b>						



**Gambar 4.2** Plot penentuan nilai "C" dan "n" untuk *steam rate*

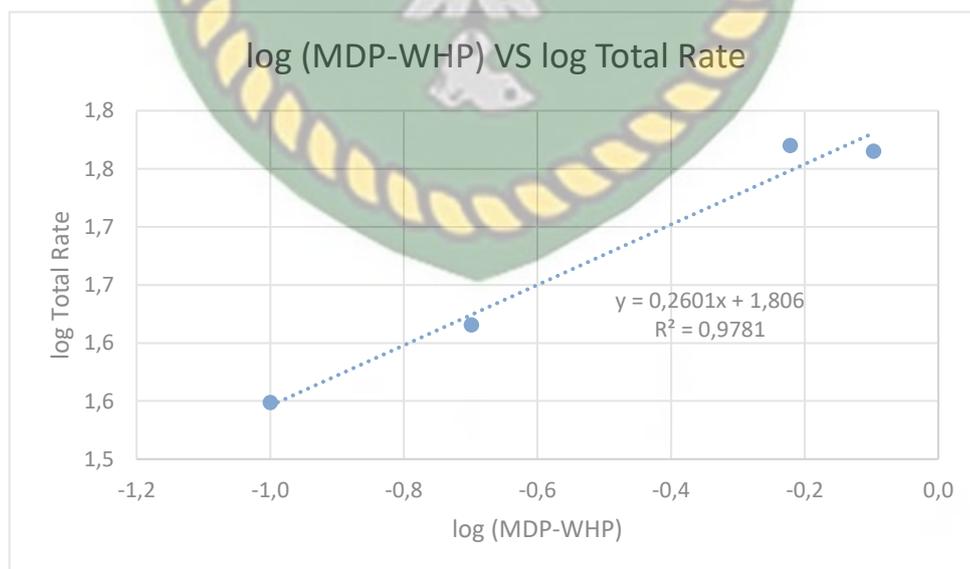
Berdasarkan **gambar 4.2** didapatkan harga  $C = 10^{1,1918} = 15,5$  dan nilai  $n$  didapatkan dengan harga  $n = 0,2589$ . Sehingga *output curve* untuk sumur X lapangan *geothermal* Sorik Marapi untuk *steam rate* di representasikan menggunakan persamaan (6) menjadi persamaan *deliverability*, yaitu :

$$M_{steam} = 15,5 (MDP - WHP)^{0,2589} \quad (7)$$

Untuk Hasil perhitungan dan plot untuk *total rate* dapat dilihat pada **tabe 4.2** dan **gambar 4.3**

**Table 4.2** Hasil Perhitungan Mencari nilai "n" dan "C" untuk *total rate*

WHP	FCV	Enthalpi	Total Mass Flow Rate	Steam Rate	MDP-PWH	log MDP-PWH	log Total Rate	M(c,n)	Error
(bar)	(%)	Kj/Kg	(kg/s)	(kg/s)				(kg/s)	%
10,6	100	971,3	58,2	14,3	0,80	-0,1	1,8	60,4	4%
10,8	100	967,5	58,9	14,4	0,60	-0,2	1,8	56,0	-5%
11,2	6	948,3	41,3	9,7	0,20	-0,7	1,6	42,1	2%
11,3	4	980,0	35,4	8,8	0,10	-1,0	1,5	35,1	-1%
	MDP	11,4	bara						

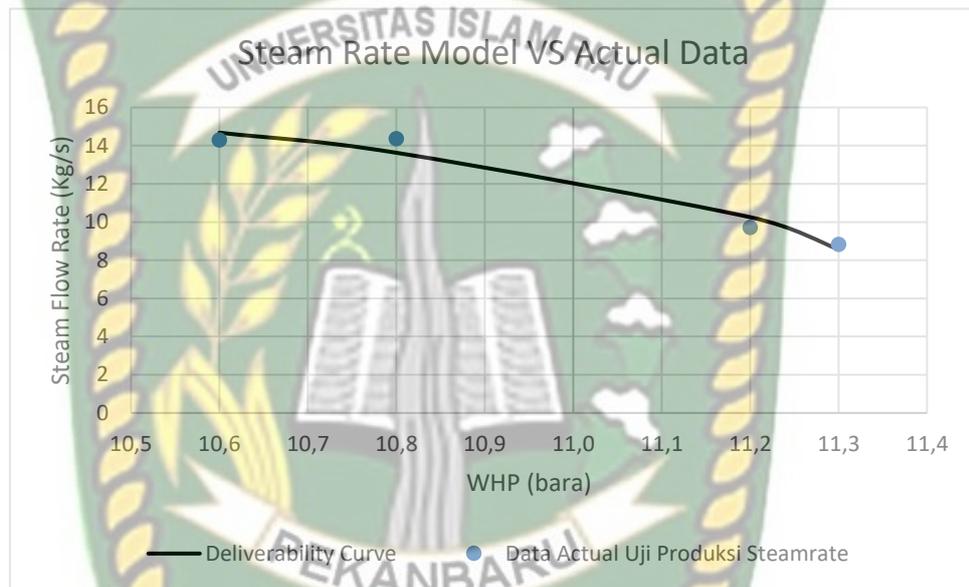


**Gambar 4.3** Plot penentuan nilai "C" dan "n" untuk *total rate*

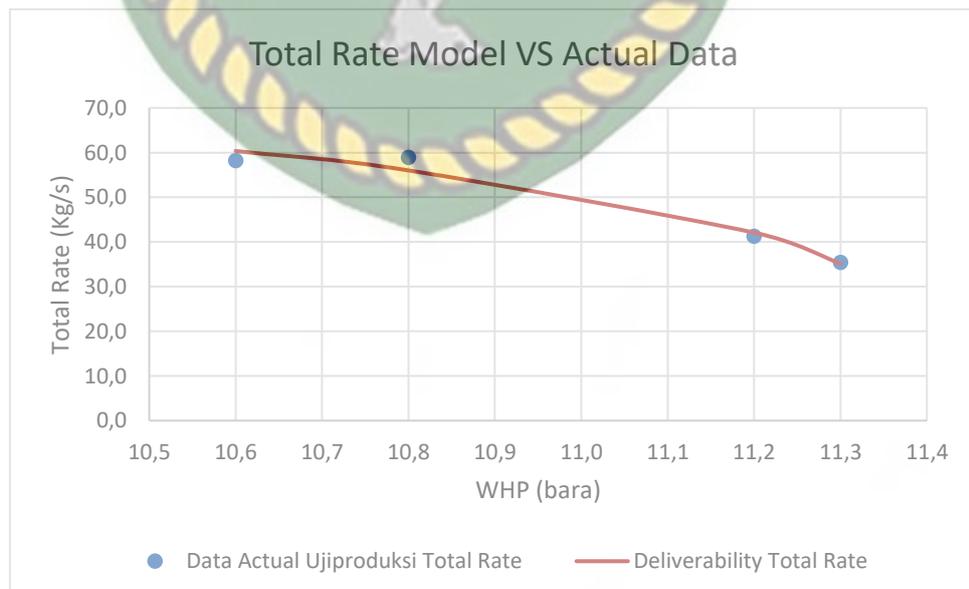
Berdasarkan **gambar 4.3** didapatkan harga  $C = 10^{1,806} = 63,9$  dan nilai  $n$  didapatkan dengan harga  $n = 0,2601$ . Sehingga *output curve* untuk sumur X lapangan *geothermal* Sorik Marapi untuk *total rate* di representasikan menggunakan persamaan (6) menjadi persamaan *deliverability*, yaitu :

$$M_{steam} = 63,9 (MDP - WHP)^{0,1806} \quad (8)$$

Dari persamaan (7), (8) dapat dilihat *output curve* pada persamaan *deliverability* yang di cocokkan dengan hasil Uji produksi dengan metode sembur datar.



**Gambar 4.4** Steam rate vs data actual uji produksi



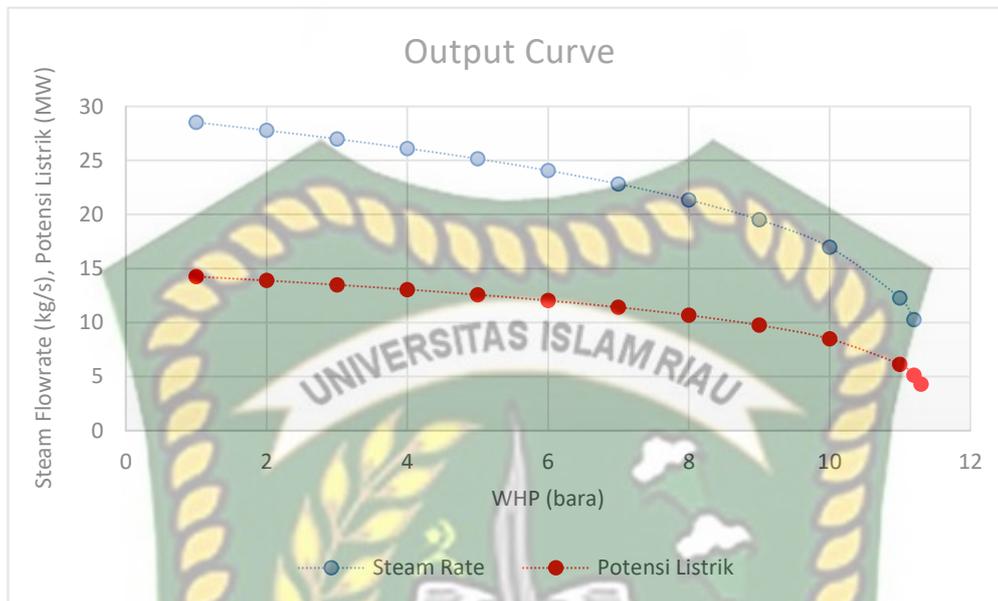
**Gambar 4.5** Total rate vs data actual uji produksi

Berdasarkan **gambar 4.4** dan **gambar 4.5** tersebut, persamaan *deliverability* untuk nilai *steam rate* dan *total rate* hampir mendekati nilai dari *steam rate* dan *total rate* pada data uji produksi sembur datar. Dimana persentasi error persamaan *deliverability* terhadap data uji produksi ialah 3% - 5 % untuk *steam rate* dan 1% - 5% untuk *total rate*

Untuk dapat mendapatkan besarnya potensi listrik yang dapat dihasilkan sumur X lapangan *geothermal* Sorik Marapi yaitu dengan cara membagi nilai dari *steam rate* pada persamaan (7) dengan *Specific Steam Consumption* (SSC) turbin yaitu sebesar 2 kg/s/MW. Dimana nilai dari WHP tidak menggunakan data dari sumur, melainkan dari asumsi. Untuk hasil perhitungan dari *steam rate* dan potensi listrik yang dihasilkan menggunakan nilai WHP asumsi pada persamaan (7) dapat dilihat pada **table 4.3** yang kemudian diplot sehingga membentuk kurva produksi *steam rate* dan potensi listrik yang dihasilkan pada sumur X lapangan *geothermal* Sorik Marapi seperti terlihat pada **gambar 4.6**.

**Table 4.3** Hasil Perhitungan Output Curve Sumur X

WHP (bara)	Steam Rate (Kg/s)	Potensi Listrik MW
1	28,5	14,3
2	27,8	13,9
3	27,0	13,5
4	26,1	13,1
5	25,1	12,6
6	24,1	12,0
7	22,8	11,4
8	21,4	10,7
9	19,5	9,8
10	17,0	8,5
11	12,3	6,1
11,2	10,3	5,1
11,3	8,6	4,3



**Gambar 4.6** Output Curve Sumur X

Dari **gambar 4.6** dan **table 4.3** dapat dilihat produksi *steam rate* dan besarnya potensi listrik yang dihasilkan sumur X lapangan *geothermal* Sorik Marapi pada berbagai nilai dari WHP. Sumur sumur produksi pada lapangan *geothermal* Sorik Marapi biasanya dioperasikan pada WHP 6-9 bara. Dimana jika sumur X dioperasikan pada WHP 6-9 bara akan menghasilkan *steam rate* sebesar 19,5 kg/s – 24,1 kg/s, dan akan menghasilkan daya listrik sebesar 9,8 MW – 12 MW .

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 4.2 Kesimpulan

Berdasarkan hasil tugas akhir pengembangan lapangan *geothermal* dengan analisis uji produktivitas sumur menggunakan metode uji sembur datar pada sumur X lapangan *Geothermal* Sorik Marapi, maka didapatkan kesimpulan bahwa :

Uji produksi dengan metode sembur datar dilakukan dengan cara menyemburkan *fluida* melalalui pipa sembur datar dimana *flow rate* dikur dengan dengan alat ukur *mag flow*. Nilai MDP pada Sumur X didapatkan pada FCV 4% yaitu sebesar 11,4 bara. Dalam penentuan nilai “n” dan “C” untuk penentuan persamaan *deliverability* yang didapatkan ialah  $C = 10^{1,1918} = 15,5$  dan  $n = 0,2589$  untuk *steam rate* dan  $C = 10^{1,806} = 63,9$  dan  $n = 0,2601$  untuk *total rate*. Jika sumur X dioperasikan pada WHP 6 - 9 bar akan menghasilkan *steam rate* sebesar 19,5 Kg/s – 24,1 Kg/s, dan akan menghasilkan daya sebesar 9,8 MW – 12 MW pada *Specific Steam Consumption* (SSC) turbin sebesar 2 Kg/s/MW. Persentasi error pada persamaan *deliverability* ialah sebesar 3% - 6 % untuk *steam rate* dan 1% - 5% untuk *total rate*

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan maka peneliti menyarankan kepada peneliti selanjutnya untuk dapat melakukan penelitian mengenai analisis potensi daya listrik yang dapat dihasilkan dengan pemanfaatan panas sisa buang *brine* dengan *Organic Rankine Cycle* (ORC) pada sumur X lapangan *geothermal* Sorik Marapi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acuna, J. A. (2008). A new understanding of deliverability of dry steam wells. *Transactions - Geothermal Resources Council*, 32, 366–369.
- Budi Wibowo, H. (2019). Alternatif Untuk Menentukan Potensi Sumur Panasbumi.
- Destina Simanulang, Y., & Kadri, M. (2020). *Karakteristik Struktur Bawah Tanah Di Daerah Potensi Geothermal Kabupaten Mandailing Natal Dengan Metode Magnetik*. C, 2–8.
- Farduwin, A., & Yuliansyah, Z. (2011). Pengembangan Proyek Panasbumi. *Proceedings The 11th Annual Indonesian Geothermal Association Meeting & Conference*.
- Febriadin, F. D., Haryanto, A. D., Hutabarat, J., & Ridha. (2020). Potensi Permeabilitas Daerah Prospek *Geothermal* Sorik Marapi, Mandailing Natal, Sumatera Utara. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 4.
- Grant, Malcolm A., et al. (2011). *Geothermal Reservoir Engineering – 2nd Edition*. In *NASPA Journal* (Vol. 42, Issue 4).
- Hermas Alberto Davila Jose. (2016). Two-phase *geothermal* well deliverability output curve linearization analysis. *Proceedings 41st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*.
- Hidayatullah, M. S., Haryanto, A. D., Hutabarat, J., & Hidayat, R. (2021). *Determination of Geothermal Reservoir Zone of Sorik Marapi, Mandailing Natal, Sumatera Utara*. 1(1), 13–24.
- Humaedi, M. T., Alfiady, Putra, A. P., Martikno, R., & Situmorang, J. (2016). A Comprehensive Well Testing Implementation during Exploration Phase in Rantau Dedap, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 42.
- Karim, M. A., Hasibuan, A., Darmawan, W., Ashat, A., Area, P., Kamojang, G., Garut, P., Java, W., & Mw, F. (2005). Application of Modified Isochronal Test to Determine Output Curve of Wells at Kamojang *Geothermal* Field-West Java. *Proceedings World Geothermal Congress 2005*.

- Luthfi, M., Haryanto, A. D., Hutabarat, J., & Siagian, H. (2020). *Pemodelan Sistem Geothermal pada Sumur ML-1, ML-2 dan ML-3 berdasarkan Analisis Petrografi dan Magnetotellurik di Lapangan Geothermal Sorik Marapi, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara*. 4(2), 154–162.
- Melysa, R., & Fitrianti, F. (2017). Analisis Potensi Daya Listrik Pada Sumur Produksi *Geothermal* Dengan Menggunakan Metode Back Pressure Pada Unit XY. *Journal of Earth Energy Engineering*, 6(1), 30–37.
- Mubarok, M. H., Zarrouk, S. J., & Cater, J. E. (2019). Two-phase flow measurement of *geothermal* fluid using orifice plate: Field testing and CFD validation. *Renewable Energy*, 134, 927–946.
- Muhammad Qomarullah. (2014). Lingkungan Dalam Kajian AL-QUR`AN: Krisis Lingkungan dan Penanggulangannya Perspektif Al-Qur`an. *Ilmu Al-Quran Dan Hadis*, 4.
- Mulyani, S., Sarmiento, Z., Chandra, V., Hendry, R., Nasution, S., Hidayat, R., Jhonny, J., Sari, P., & Juandi, D. (2019). Calibrated natural state model in sorik marapi *geothermal* field, Indonesia. *International Petroleum Technology Conference 2019, IPTC 2019*.
- Nizami, M. (2016). A comparison analysis between Russel James Equation and Hiriart Equation in horizontal discharge lip pressure for production test at *geothermal* well using statistical method. *ITB International Geothermal Workshop*.
- Putra, A. F., & Sidqi, M. (2017). Contrasting Geology of Sumatra and Banda - Molucca Seas *Geothermal* Prospects: A Remote Sensing Approach. *Proceedings The 5th Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition 2017, Earth Science*.
- Rezky, Y., & Hermawan, D. (2015). *Geothermal* System of Sorik Marapi - Roburan - Sampuraga , North Sumatera , Indonesia. *World Geothermal Congress 2015*, 444, 19–25.
- Sagala, B. D., Chandra, V. R., & Purba, D. P. (2016). Conceptual Model of Sorik Marapi *Geothermal* System Based on 3-G Data Interpretation. *Proceedings of IIGCE 2016, February*, 1–8.

- Samsol, S., Yanti, W., Ridaliani, O. R., & Julian, S. (2020). Analisis Uji Produksi Dengan Orifice Plate Pada Sumur J-97 Lapangan *Geothermal* “Kyu.” *PETRO:Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 8(4), 147.
- Sanyal, S. K., Butler, S. J., Brown, P. J., Goyal, K., & Box, T. (2000). *An Investigation Of Productivity And Pressure Decline Trends In Geothermal Steam Reservoirs*.
- Saptadji, N. M. (2018). *Teknik Geothermal*. In *ITB Press*. ITB Press.
- Welldon. (2015). *Evaluasi Kurva Produksi Menggunakan Polynomial Curve Dan Output Curve Wellsim Pada Sumur Dua Fasa Lapangan Panasbumi X*. 562–568.
- Wibowo, A. T., Thasril, M., & Sirait, P. (2015). Production Test Analysis of XYZ-Well at Dieng *Geothermal* Field Using Horizontal Discharge Lip Pressure Method with Russel James Equation and Hiriart Equation. *World Geothermal Congress 2015, April, 9*.
- Zarrouk, S. J., & Mclean, K. (2019). *Geothermal Well Test Analysis*. In *Geothermal Well Test Analysis*.