

**ANALISIS *THERMAL BREAKTHROUGH* MENGGUNAKAN
TRACER TEST DI SUMUR *GEOTHERMAL* LAPANGAN
SORIK MARAPI**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik



Oleh

WILY RUSTAM

NPM 163210278

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

2020

**ANALISIS *THERMAL BREAKTHROUGH* MENGGUNAKAN
TRACER TEST DI SUMUR *GEOTHERMAL* LAPANGAN
SORIK MARAPI**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik



Oleh

WILY RUSTAM

NPM 163210278

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

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh

Nama : Wily Rustam
NPM : 163210278
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Analisis *Thermal Breakthrough* Menggunakan *Tracer Test* di Sumur *Geothermal* Lapangan 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 I : Richa Melysa, S.T.,M.T ()
Penguji I : H. Dike Fitriansyah Putra, S.T.,
M.Sc., MBA. ()
Penguji II : Muhammad Ariyon, S.T.,M.T. ()

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 9 November 2021

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, 15 Februari 2021

Wily Rustam

163210278

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil 'alamin segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Saya menyadari untuk menyelesaikan keseluruhan penulisan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu dan pemahaman lebih mendalam terhadap dunia perminyakan, telah banyak pihak yang sudah membantu dan mendorong saya hingga mencapai titik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Richa Melysa, ST.,M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga, fikiran, dan ilmu untuk memberikan masukan, motivasi, dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Novia Rita, S.T.,M.T selaku Ketua Prodi dan Tomi Erfando, ST., MT selaku Sekretaris Prodi serta Idham Khalid, ST., MT selaku dosen pembimbing akademik dan dosen-dosen lainnya yang sangat banyak membantu selama proses perkuliahan, ilmu yang diberikan, dan sejumlah hal lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
3. Kedua Orang Tua, papa Dr. Rustam, S.P., M.S.i dan mama Merry Bahar serta kedua adik saya Michelia Cempaka dan Latifah Dika Rainy atas segala dukungan moriil maupun materil, kasih sayang, dan motivasi yang selalu diberikan dari awal memulai perkuliahan hingga penulisan Tugas Akhir ini.
4. Pihak PT. KS ORKA *Sorik Marapi Geothermal Power* (SMGP) yang telah memberikan kesempatan dalam pengambilan data untuk Tugas Akhir saya.
5. Bapak Khrisna Handoyo selaku CDCR dan Ibu Syafia Thurfattaya selaku HRD yang telah membantu dalam proses pengurusan pengajuan TA ke perusahaan KS ORKA *Sorik Marapi Geothermal Power* (SMGP).
6. Bapak Muhammad Yamin, Bapak Ryan Hidayat, dan Bapak Junior Setiawan selaku mentor yang selalu membantu dan membimbing dalam penyelesaian penelitian Tugas Akhir ini.

7. Sahabat saya Siraz Nurripki, Siti Masitoh, Putu Yuli, Wahyu Alrashid, Rizka Ananda, Mayang Firdaus, dan Yessi Ratna Sari serta teman -teman angkatan 2016 Teknik Perminyakan UIR yang telah membantu dan menyemangati saya.
8. *Last but not least, I wanna thank me, for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for just being me at all times.*

Pekanbaru, 15 Februari 2021

Penulis

Wily Rustam



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR SIMBOL.....	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	9
3.1 Metode Penelitian.....	9
3.2 <i>Flowchart</i>	10
3.3 Jenis Penelitian.....	11
3.3.1 Data Perhitungan <i>Thermal Drawdown</i>	11
3.3.1 Perhitungan <i>Thermal Drawdown</i>	11
3.4 Tempat Pengambilan Data.....	11
3.5 Jadwal Penelitian.....	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	13
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	18
5.1. Kesimpulan.....	18
5.2. Saran.....	18
DAFTAR PUSTAKA.....	19
LAMPIRAN.....	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Jenis NDS</i>	vii
Gambar 3.1 <i>Diagram Alur Penelitian</i>	100
Gambar 4.1 <i>Peta Lapangan Sorik Marapi</i>	143
Gambar 4.2 <i>NDS Concentration from Tracer Test in Well A-105</i>	164
Gambar 4.3 <i>NDS Concentration from Tracer Test in Well A-104</i>	164
Gambar 4.4 <i>Prediksi Temperature Pada Sumur A-105</i>	166
Gambar 4.5 <i>Prediksi Temperature Pada Sumur A-104</i>	166



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	14
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian.....	15



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN I** *Well Distribution Tracer Test in C-113 Injection Well*
- LAMPIRAN II** *Well Distribution Tracer Test in P-116 Injection Well*
- LAMPIRAN III** *Perhitungan Prediksi Temperature Menggunakan Microsoft Office Excel*



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

PLTP	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
SMGP	Sorik Marapi <i>Geothermal</i> Power
EJ	Exajoule
MW	Megawatt
$C_{10}H_7SO_3H$	Naphthalene-2-sulfonic acid
NDS	Naphthalene disulfonate
TST	Thermo-sensitive tracers
pH	Potential of Hydrogen or Power of Hydrogen
EGS	Engineered Geothermal System
$T_{prod,f}$	Final temperature in production well after complete thermal drawdown
$T_{prod,i}$	Initial temperature in production well
$T_{path,i}$	Initial average temperature in flowline
T_{inj}	Injection water temperature
Q_{inj}	Injection flow rates
Q_{prod}	Production flow rates
t	time

DAFTAR SIMBOL

°C	=	Temperature dalam celcius
km	=	kilometer
T	=	Temperature
%	=	Nilai dalam bentuk persen
m	=	meter



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

**ANALISIS THERMAL BREAKTHROUGH MENGGUNAKAN
TRACER TEST DI SUMUR GEOTHERMAL
LAPANGAN SORIK MARAPI**

WILY RUSTAM
163210278

ABSTRAK

Sumur produksi dan injeksi dalam Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi adalah 2 hal yang berkesinambungan dalam *geothermal*, pemanfaatan sumur tersebut berbeda – beda di setiap lapangan, ini disebabkan adanya perbedaan karakteristik reservoir *geothermal*. Perbedaan ini dapat diketahui dengan dilakukannya sejumlah pengujian (*test*) seperti yang sudah banyak dilakukan di lapangan – lapangan *geothermal* di dunia.

Tracer test merupakan salah satu cara untuk mengetahui karakteristik reservoir dengan cara mencampurkan air injeksi pada *temperature* tertentu dengan *tracer*, kemudian campuran tadi tersebar di reservoir lalu diproduksi kembali melalui sumur produksi. Jenis *tracer* yang digunakan adalah NDS (*Naphthalene disulfonate*). Empat jenis NDS digunakan di 4 sumur injeksi berbeda antara lain sumur C-113ST menggunakan 2,6 NDS; Sumur C-109 menggunakan 1,5 NDS; Sumur C-114 menggunakan 2,7 NDS; dan sumur P-116 menggunakan 1,6 NDS. Deteksi NDS terbesar dapat terlihat pada sumur A-105, yaitu 2,6 NDS dan diikuti 1,6 NDS yang berasal dari sumur P-116.

Implementasi *tracer test* yang dimulai pada tanggal 21 Januari 2020 melakukan penginjeksian air sebesar 1150 tph dengan *temperature* 150-152 °C yang dicampur *tracer* NDS. Terjadi penurunan *temperature* di sumur produksi A-105 sebesar 10 °C dan 15 °C di sumur produksi A-104. *Temperature* awal produksi sumur produksi A-105 adalah 195 °C dan 184 °C untuk sumur produksi A-104. Prediksi *temperature* selama 2500 hari menjadi 185 °C untuk sumur produksi A-105 dan 164 °C untuk sumur produksi A-104. Penurunan yang besar ini dipengaruhi dekatnya jarak sumur injeksi dan sumur produksi sebesar 600 meter (A-105 dengan C-113ST) dan 700 meter (A-104 dengan P-116). Selama periode tersebut dapat diperkirakan pada tahun 2034 sumur produksi A-105 terjadi *breakthrough* dan pada tahun 2028 sumur produksi A-104 terjadi *breakthrough*.

Kata Kunci: *Tracer test, thermal breakthrough, penurunan temperature*

**ANALYSIS OF THERMAL BREAKTHROUGH USING
TRACER TEST IN GEOTHERMAL WELL SORIK MARAPI FIELD**

WILY RUSTAM

163210278

ABSTRACT

Production and injection well in geothermal plant is two things that can't be separated. Well utilization is totally different depend on its reservoir characteristics. This difference can be known by some test which many times implied in all of the geothermal field in the world.

The tracer test is the way to know the reservoir characteristic. It is mixing with water of a certain temperature and tracer. Then, it disperses in the reservoir afterward enters the production well. We use NDS (Naphthalene disulfonate) tracer, four types of NDS are use that is: 2,6 NDS for Well C-113ST; 1,5 NDS for Well C-109; 2,7 NDS for Well C-114; and 1,6 NDS for Well P-116. The highest detection of NDS tracer can be seen in the well A-105 i.e 2,6 NDS.

The tracer test implementation started on 21st January 2020. Water rate injection is 1150 tph and temperature is 150-152 °C. There was a decrease in temperature in well A-105 by 10 °C and 15 °C in well A-104. The initial production temperature of well A-105 is 195 °C and well A-104 is 184 °C. The predicted temperature for 2500 days is 185 °C (A-105) and 167 °C (A-104). This large decline was influenced by the proximity of the injection well to the production well, it has 600 meter for A-105 and 700 meter for A-104. During this period, a breakthrough in well A-105 can be expected in 2034 and well A-104 in 2028.

Keyword: Tracer test, thermal breakthrough, temperature decline

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber *geothermal* dapat diekstraksi pada kedalaman 4 – 5 km dengan suhu yang berkisar antara 200 °C. Air yang diinjeksikan ke sumur injeksi melewati rekah batuan yang panas menyebabkan terproduksinya uap atau air panas yang dapat digunakan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan listrik. Air juga bisa ditemui pada kedalaman tertentu atau memang terdapat di dalam reservoir itu sendiri dan kemudian menjadi reservoir *geothermal* (Johnston et al., 2011). Energi yang terekstraksi ke permukaan melebihi aliran panas *thermal* alami sehingga ini akan membuat reservoir terus mengalami penurunan *temperature* atau mendingin seiring waktu berjalan. Hal ini akan berdampak ke sumur produksi secara perlahan, seiring waktu berjalan bahkan air dingin dapat diproduksi sehingga fenomena ini disebut *thermal breakthrough* (Nottebohm et al., 2012). Pada Lapangan Ahuachapan (El Salvador) terjadi *thermal drawdown* sebesar 30 °C selama 4 tahun. Selain itu, di Lapangan Palinpinon (Philipina) bahkan terjadi *thermal drawdown* sebesar 50 °C selama 4 tahun sejak dilakukannya injeksi. Hal ini menyebabkan pada tahun ke-5 terjadi *thermal breakthrough* sehingga penting dilakukan *tracer test* yang salah satu tujuannya untuk mengetahui hubungan antar sumur injeksi dan sumur produksi (Gudni Axelsson, Björnsson, et al., 2005). Menurut (Axelsson et al., 2005; Kaya, Zarrouk, & O’Sullivan, 2011) untuk memperlambat fenomena ini dilakukan proses reinjeksi air, juga mencegah terjadinya kehabisan air di reservoir *geothermal* sehingga dapat terjadi siklus yang berulang.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menganalisis fenomena ini yaitu dengan *tracer test*. Merupakan metode standar dalam menentukan pergerakan massa di dalam reservoir *geothermal* dan dapat digunakan sebagai alat untuk manajemen operasi produksi dan injeksi. Dari pengujian yang dilakukan juga dapat diketahui hubungan antar sumur baik itu sumur injeksi atau sumur produksi sehingga dapat menentukan lokasi yang optimal bagi sumur tersebut (Suzuki et al., 2014). Penggunaan *tracer test* telah

dilakukan dari tahun ke tahun sebagai alat yang ampuh untuk mengkarakterisasi reservoir *geothermal*. Mereka digunakan untuk melacak aliran fluida dan mengestimasi waktu diam fluida di reservoir (Nottebohm et al., 2012).

Oleh karena itu, peneliti ingin mencoba melakukan analisis *thermal drawdown* menggunakan *tracer test* pada sumur produksi A-105 dan sumur produksi A-104 di Lapangan Sorik Marapi. Diharapkan dengan dilakukannya analisis ini dapat mengetahui *thermal breakthrough*. Dengan berhasilnya penelitian ini, diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu dasar untuk mengetahui pergerakan fluida di reservoir dan bagaimana menetapkan posisi sumur produksi atau injeksi serta rencana produksi di masa depan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengujian hubungan antar sumur produksi dan injeksi serta penyebab masalah terjadinya *thermal drawdown* di sumur *geothermal* Lapangan Sorik Marapi

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini ialah:

1. Berkontribusi dalam berkembangnya ilmu pengetahuan salah satunya rujukan untuk materi perkuliahan
2. Dapat mengetahui sejumlah parameter dari hasil implementasi *tracer test* sebagai dasar pertimbangan kegiatan produksi, pemeliharaan reservoir *geothermal*, kegiatan injeksi yang dilakukan, dan kegiatan yang berhubungan dengan aktifitas PLTP.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang dimaksud, terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini didasarkan pada kondisi data yang diberikan oleh pihak SMGP yang terkhusus pada sumur produksi A-105 dan sumur produksi A-104
2. Penelitian ini menganalisis bagaimana hubungan antar sumur, penurunan *temperature*, dan *thermal breakthrough* pada sumur panas bumi di lapangan SMGP
3. Tidak menganalisis keekonomian



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Allah SWT telah berfirman di dalam Al-Quran yang artinya “*Dan sudah sepantasnya kita bersyukur atas apa yang telah Allah SWT ciptakan yang semata-mata adalah untuk kita manfaatkan, karena Allah berjanji barang siapa yang bersyukur nikmatnya maka akan ditambah tapi apabila kufur maka akan mendapatkan siksa yang amat pedih*”. *Geothermal* adalah salah satu dari ciptaan Allah SWT yang dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk kebutuhan manusia. Kemudian mengacu pada Undang – Undang Nomor 21 Tahun 2014 tentang panas bumi terdapat eksplorasi, eksploitasi, dan pemanfaatan terhadap kegiatan perusahaan panas bumi. Perlu dilakukan pemanfaatan sebaik-baiknya demi memenuhi pembangkitan listrik untuk kepentingan sendiri atau kepentingan umum yang berdasarkan keteknikan, keuangan, dan pengelolaan yang sesuai standar (Undang Undang Nomor 21 Tahun 2014 Tentang Panas Bumi, 2014). Dalam hal ini salah satunya manajemen sumur – sumur produksi dan injeksi.

Dengan menggunakan estimasi potensi keteknikan, *geothermal* memiliki energi yang dapat dimanfaatkan hampir sekitar 5000 EJ (*exajoule*) per tahun. Namun, dalam mendapatkan sejumlah energi itu diperlukan kemampuan dan teknologi untuk mengeksploitasinya. Dengan potensi pembangkit 28.1 MW, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi belum dimanfaatkan secara masif di Indonesia perlu adanya usaha memaksimalkan pemanfaatan ini dengan baik (Melysa & Fitrianti, 2015). Pada kegiatan eksploitasi *geothermal* hilangnya energi terus terjadi akibat produksi yang berkelanjutan, hal ini dapat menyebabkan terjadinya *thermal breakthrough*. Untuk mengatasi hal ini dilakukan re-injeksi air sehingga terjadi siklus berulang (Plummer et al., 2011).

Menurut (Kaya et al., 2011) terdapat sejumlah manfaat dilakukannya re-injeksi:

- a. Metode ramah lingkungan untuk pembuangan dan pemisahan *brine* dan kondensat
- b. Membantu *recharge* reservoir dan mengurangi penurunan tekanan reservoir
- c. Meningkatkan efisiensi pembangkit dengan sedikit gas di dalam uap

- d. Meningkatkan produksi air panas dan energi yang dihasilkan (Axelsson et al., 2001)
- e. Mengetahui kecepatan rata-rata, penyebaran, dan volume aliran fluida di reservoir serta *tracer* (Bjarkason, 2014)

Dibutuhkan sumur injeksi untuk kegiatan re-injeksi, namun dalam pengaplikasiannya ternyata butuh waktu lama untuk air yang diinjeksikan dapat kembali terproduksi atau bahkan lebih cepat, dimana ini membuat ketidakpastian yang jelas, maka dari itu diperlukan suatu cara untuk mengatasinya. Kelengkapan data lapangan baik dari eksplorasi, geologi, geofisika, geokimia, karakteristik reservoir, dan sejumlah data lainnya mendukung analisis mengenai masalah yang diangkat sehingga dapat dituangkan dalam sebuah model simulasi yang dapat memprediksi bagaimana aliran reservoir di bawah sana. Selain itu, pengujian-pengujian yang dilakukan terhadap sumur geothermal juga dapat mendukung analisis masalah yang diangkat, salah satunya *tracer test* (Maier et al., 2014).

Tracer test adalah pengujian sumur yang dilakukan bersamaan dengan proses reinjeksi air yang dicampur dengan *tracer* sehingga salah satunya dapat mengetahui karakteristik reservoir *geothermal*. Menurut (G. Axelsson, 2013), dalam melakukan *tracer test*, terdapat syarat yang dibutuhkan untuk material yang dapat dijadikan *tracer*:

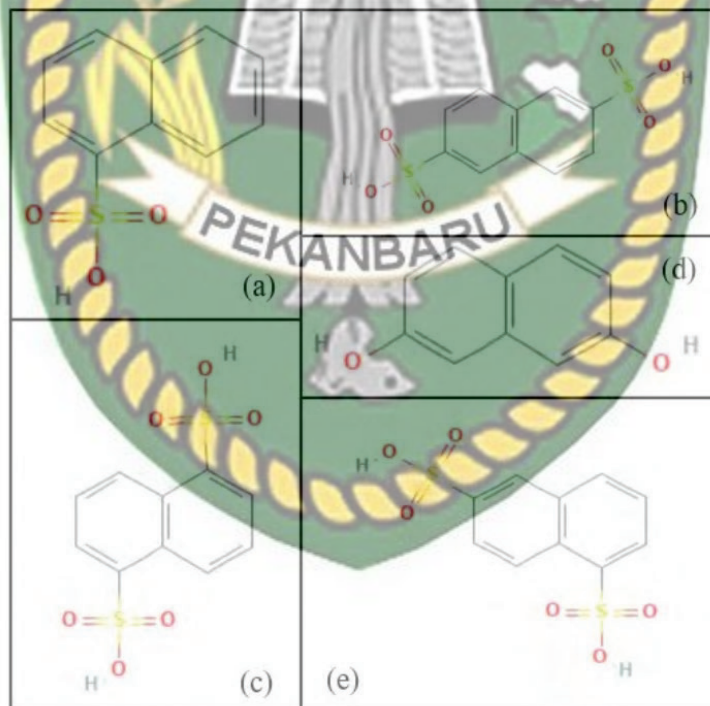
- a. Dapat terdeteksi di reservoir bahkan dalam kondisi konsentrasi yang lebih rendah saat *tracer* diinjeksikan
- b. Tidak bereaksi atau terserap batuan reservoir
- c. *Temperature* yang stabil pada kondisi reservoir
- d. Relatif murah
- e. Mudah untuk dianalisis
- f. Ramah lingkungan

Menurut buku (Lake, 2007) tujuan utama *tracer test* adalah mengestimasi tingkat hubungan sumur produksi dan injeksi. Tujuan lainnya mengestimasi *sweep efficiency* dan total volume pori. Pada mulanya pengembangan *tracer test* membutuhkan lebih banyak waktu dengan volume yang besar karena terjadinya kehilangan *temperature* dan menyebarnya *tracer element*. Penggunaan *tracer*

chloride dan amonia sebagai *natural tracer* telah digantikan dengan *artificial tracer* tritium.

Asam *naphthalene-1-sulfonic* (a) adalah senyawa dengan formula $C_{10}H_7SO_3H$. Senyawa ini tidak berwarna, larut dalam air, dan banyak digunakan di industri pewarna. Digunakan 4 senyawa kimia asam *naphthalene-1-sulfonic* sebagai jenis tracer yang dicampurkan bersama air injeksi. Senyawa itu adalah asam *naphthalene-2,6-disulfonic* (b), asam *naphthalene-1,5-disulfonic* (c), asam *naphthalene-2,7-disulfonic* (d), asam *naphthalene-1,6-disulfonic* (e).

Naphthalene Disulfonate (NDS) adalah *tracer* yang sangat populer digunakan terutama pada tipe reservoir dominasi air. NDS sangat baik dimanfaatkan sebagai *tracer* karena memiliki beberapa komponen yang dapat digunakan untuk diinjeksikan di beberapa sumur reinjeksi dan ketahanannya pada *temperature* tinggi ($<350\text{ }^{\circ}\text{C}$) serta mudah larut dalam cairan dan memiliki batas deteksi yang rendah sehingga mudah dideteksi menggunakan alat *liquid chromatography* konvensional (Herras et al., 2005; Maturgo et al., 2010).



Gambar 2.1 Jenis NDS (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>)

Thermal breakthrough adalah suatu kondisi terproduksinya air dingin yang dapat membuat *temperature* produksi menurun (*decline*) hingga sumur produksi

tidak lagi menguntungkan. Hal ini disebabkan oleh sejumlah parameter seperti (Rijn, 2018):

- a. Jarak sumur
- b. Laju alir
- c. Ketebalan reservoir
- d. Densitas batuan reservoir
- e. *Specific heat* batuan reservoir
- f. Kedalaman
- g. Temperature injeksi

Penelitian Tugas Akhir yang akan dilakukan adalah menganalisis penurunan *temperature* dan *thermal breakthrough* menggunakan *tracer test* untuk mengetahui hubungan antar sumur produksi dan sumur injeksi. Penggunaan *tracer test* sudah dimulai beberapa tahun yang lalu sebagai alat yang mumpuni untuk karakterisasi reservoir *geothermal*. Dalam penggunaannya harus stabil di bawah kondisi *geothermal* dan tidak ada terjadinya interaksi antara batuan reservoir. Namun, *tracer* ini harus dapat terdeteksi dalam konsentrasi rendah dan tidak berbahaya baik terhadap manusia maupun lingkungan (Nottebohm et al., 2012).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Hebig et al., 2014) mereka menggunakan sistem pengujian tarik-ulur dimana *tracer* diinjeksikan dan ditarik kembali pada sumur yang sama. Pengujian tarik-ulur menggunakan *chaser* yang akan menyebabkan rendahnya *main peak breakthrough*. Hasil penelitian didapatkan untuk pengujian pertama jika menggunakan *chaser* berfokus mengetahui kelakuan zat kimia di *aquifer* sedangkan jika tidak menggunakan *chaser* berfokus mengetahui sifat hidraulik *aquifer* (*ground water velocities*). Hasil pengujian kedua dilakukan pengembangan untuk mengetahui berapa banyak volume *chaser* yang dibutuhkan untuk mengisi *tubing*, pipa, dan *gravel pack*.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Maier et al., 2014) mereka menggunakan *phenol acetate* sebagai TST (*thermo-sensitive tracers*) yang didemonstrasikan dengan durasi dan temperature berbeda ($T = 40-60 \text{ }^\circ\text{C}$). Hasil penelitiannya menjelaskan bahwa TST mampu mendeteksi dengan tepat perbedaan *temperature* yang terjadi selama pendinginan reservoir akibat proses reinjeksi.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Maier et al., 2015) mereka memonitor *internal temperatures* dan *cooled fractions* menggunakan *thermo-sensitive tracers* (TST). Untuk mengukur *temperature* dilakukan analisis reaksi hidrolisis kemudian menghubungkannya dengan faktor koreksi pH/pOH sehingga akan didapatkan nilai yang akurat dan presisi. Karenanya, estimasi *temperature* dapat diprediksi dari 10% *temperature* yang diterapkan.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Schaffer et al., 2016) mereka menggunakan *carboxamides* sebagai *thermo-sensitive tracers* (TST). Merupakan senyawa yang pemisahannya tidak dapat diubah dengan air, menghasilkan asam karboksilat dan amina. Hasil penelitian menyatakan bahwa senyawa *sulfanilic acid* sangat stabil saat diuji hidrolisis walaupun produk yang dihasilkan kurang stabil, asam ini direkomendasikan hingga *temperature* mencapai 200 °C.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Shook & Suzuki, 2016) mereka menggunakan pengujian *tracer* dan F- ϕ plot untuk mengestimasi daerah permukaan rekahan di reservoir *Engineered Geothermal System* (EGS). Hasil penelitian menyatakan bahwa peneliti dapat mengetahui adanya multi rekahan (kerusakan formasi di *primary fracture*) dan keseluruhan permukaan rekah di reservoir EGS.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Reimus et al., 2019) digunakan *cation exchanging tracers* untuk memprediksi *thermal drawdown*. Hasil penelitian menyatakan bahwa tidak lebih dari 500 hari terjadi *thermal drawdown* sehingga tiap tahun akan terjadi *thermal drawdown* kurang dari 8 °C selama sekitar 5 tahun jika injeksi air dengan *temperature* 100 °C terus dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi lapangan. Studi yang dilakukan adalah membaca dan memahami literatur terkait masalah yang diangkat, mendapatkan data yang dibutuhkan dari perusahaan. Kemudian menganalisis hasil olahan data dalam bentuk grafik penurunan temperature (*thermal drawdown*) hingga memprediksi terjadinya *thermal breakthrough*.

Literatur yang menjadi rujukan penelitian ini antara lain:

1. Buku Teknik Geotermal (Saptadji, 2018)
2. Buku Teknik Panas Bumi (Saptadji, 2001)
3. Buku *Petroleum Engineering Handbook* volume VI (Lake, 2007)
4. Jurnal Internasional sebagai rujukan penelitian dan perhitungan data pengujian tracer test
5. Data laju alir fluida, *sample tracer test data*, dan *preliminary report tracer test data*
6. *Material Safety Data Set NDS (Naphthalenedisulfonic acid)*



3.2 Flowchart



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.3 Jenis Penelitian

Adapun perkiraan data-data dan perhitungan yang dibutuhkan dalam menyelesaikan penelitian ini antara lain:

3.3.1 Data Perhitungan *Thermal Drawdown*

Melakukan perhitungan *thermal drawdown* untuk mengetahui pergerakan *temperature* akibat aktivitas produksi dibutuhkan sejumlah data. Menurut (Reimus et al., 2019) data yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data yang dibutuhkan

No	Data	Keterangan
1.	<i>Temperature</i> (T)	$T_{path,i}$; T_{inj}
2.	<i>Flow Rate</i> (Q)	Q_{inj} & Q_{prod}
3.	<i>Fraction of tracer</i>	
4.	<i>Time</i> (t)	<i>Function of time</i>
5.	Data tambahan pendukung lainnya	

3.3.1 Perhitungan *Thermal Drawdown*

Pengolahan data perhitungan *thermal drawdown* yang telah diperoleh dari sumur *geothermal* Lapangan Sorik Marapi dengan rumus *thermal drawdown* (Reimus et al., 2019) adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan data tabulasi *excel* hasil pengujian *tracer test* dan data pendukung terkait
2. Menghitung besarnya *thermal drawdown* menggunakan rumus berikut:

$$\Delta T = T_{Prod,f} - T_{Prod,i} = -f \frac{Q_{inj}}{Q_{prod}} (T_{path,i} - T_{inj}) \quad (1)$$

3. Membuat grafik *thermal drawdown* sebagai fungsi waktu
4. Menganalisis grafik

3.4 Tempat Pengambilan Data

Teknik pengambilan data yang digunakan adalah menggunakan data sekunder yang diterima dari pihak Sorik Marapi Perusahaan KS Orka yang berlokasi di Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara002E

3.5 Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 3 Bulan (12 Minggu) dari Bulan Oktober 2020 – Januari 2021. Adapun jadwal penelitian dapat dilihat pada tabel berikut:

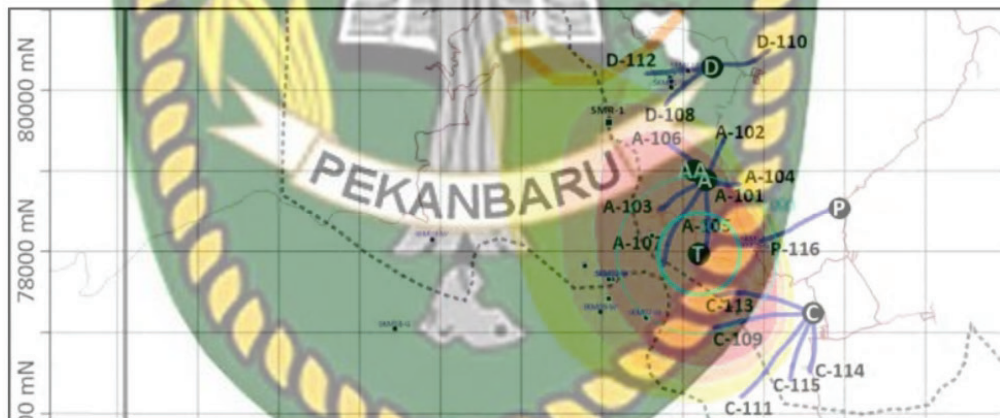
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Februari		Maret				April				Mei	
	Minggu Ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Studi Literatur dan Pengumpulan Data												
Pengolahan dan Menganalisis Data												
Kesimpulan												
Membuat Laporan Hasil												

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membahas tentang penurunan *temperature* pada fluida *geothermal*, yang disebabkan oleh kegiatan produksi dari waktu ke waktu hingga terjadinya *thermal breakthrough*. Lapangan yang diteliti merupakan lapangan *geothermal* 2 fasa yang memulai pengeboran sejak 15 Oktober 2016. *Temperature* fluida dari kepala sumur berkisar pada nilai 155 °C – 200 °C. Saat ini, terdapat 6 sumur produksi aktif sebagai *supplier* ke pembangkit. Implementasi tracer test mulai dilakukan tanggal 21 Januari 2020 dan laporan yang terekam serta diterima sampai pada tanggal 7 Juli 2020. Digunakan 4 jenis tracer NDS yang diinjeksikan ke 4 sumur reinjeksi:

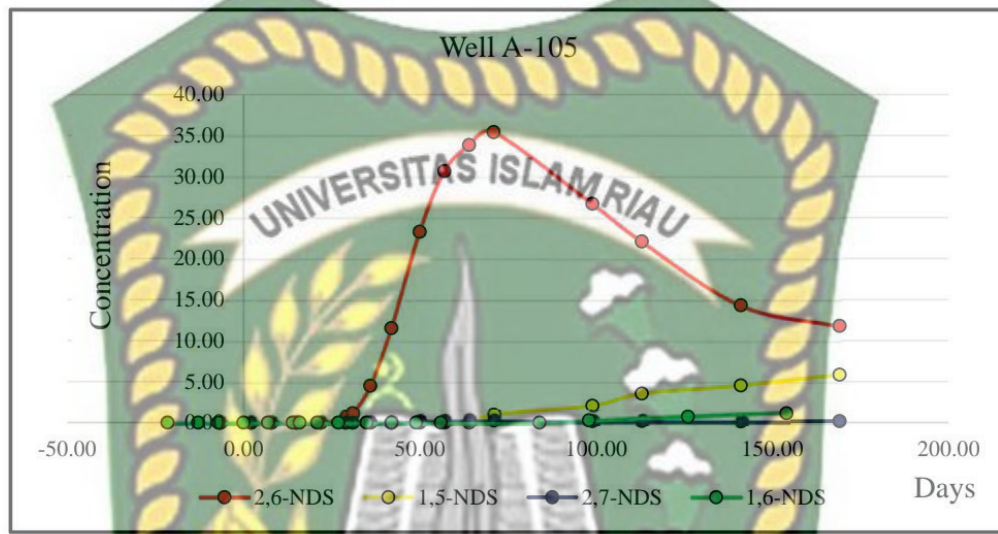
1. C-113ST Well menggunakan 2,6 NDS
2. C-109 Well menggunakan 1,5 NDS
3. C-114 Well menggunakan 2,7 NDS
4. P-116 Well menggunakan 1,6 NDS



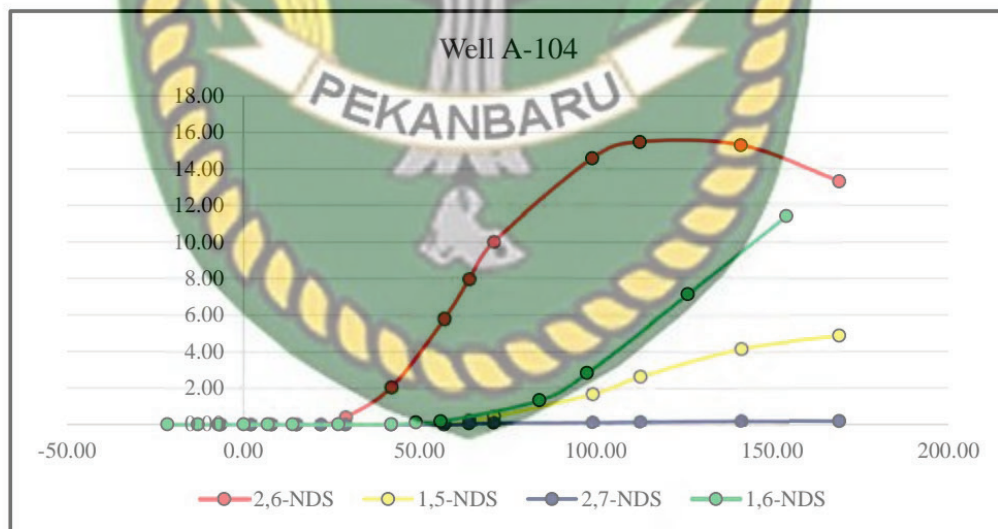
Gambar 4.1 Peta Lapangan Sorik Marapi

Terdapat 2 sumur produksi yang jika dilihat dari data produksinya dapat dikatakan baik, yaitu sumur produksi A-105 dan sumur produksi A-104. Kedua sumur ini akan menjadi pembahasan utama dalam skripsi ini. Berdasarkan Gambar 4.1 di atas, sumur produksi A-105 adalah sumur terdekat dengan sumur reinjeksi C-113ST. Hal ini didukung dengan tingginya *return* 2,6 NDS pada sumur produksi A-105 yang dapat dilihat pada Gambar 4.2. Selain itu, sumur produksi A-104 juga

menunjukkan *return* 2,6 NDS yang tinggi lalu diikuti dengan *return* 1,6 NDS. Hal ini terjadi karena sumur produksi A-104 adalah sumur terdekat dengan sumur reinjeksi P-116. Tracer 2,6 NDS menunjukkan dua kali puncak *return* di kedua sumur produksi A-105 dan sumur produksi A-104, ini menunjukkan bagaimana pergerakan fluida dan berapa lama waktu yang dibutuhkan air injeksi untuk dapat sampai ke sumur produksi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 NDS Concentration from Tracer Test in Well A-105



Gambar 4.3 NDS Concentration from Tracer Test in Well A-104

Hasil ini didukung bersamaan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Rijn, 2018), dia menyatakan jarak antar sumur adalah salah satu hal terpenting yang mempengaruhi terjadinya *breakthrough* dimana jarak antar sumur sepanjang 1500 meter, perubahan *temperature* selama 50 tahun hanya terjadi sebesar 0.1 °C. Berdasarkan peta distribusi tracer pada lampiran, dapat diketahui jarak sumur reinjeksi C-113ST antara sumur produksi A-105 adalah 600 meter dan jarak sumur reinjeksi P-116 antara sumur produksi A-104 adalah 700 meter. Dengan jarak antar sumur yang kurang dari 1500 meter, terjadinya *breakthrough* kemungkinan akan lebih cepat dari seharusnya.

Menurut (Hidayat et al., 2019), fluida *geothermal* utama berasal dari salah satu sumur produksi, yaitu sumur A-107 sehingga *temperature* fluida paling tinggi tercatat pada sumur ini sebesar 200 °C. Sumur produksi A-105 berada dekat dengan sumur A-107 sehingga perbedaan *temperature* terjadi perbedaan sebesar 5 °C sedangkan sumur produksi A-104 terjadi perbedaan *temperature* sebesar 15 °C.

Berdasarkan pengujian tracer yang sudah dilakukan, penurunan *temperature* pada sumur A-105 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta T = -f \frac{Q_{inj}}{Q_{prod}} (T_{path,i} - T_{inj})$$

$$\Delta T = (-0.1) \frac{1150 \text{ tph}}{449 \text{ tph}} (191 - 150 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$\Delta T = -10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Hal ini juga didukung dengan dilakukannya prediksi penurunan *temperature* pada sumur A-105. Penurunan sebesar 10 °C akan terjadi pada tahun 2027 atau 2500 hari setelah *tracer test* dilakukan, penurunan ini dapat dilihat pada Gambar 4.4.

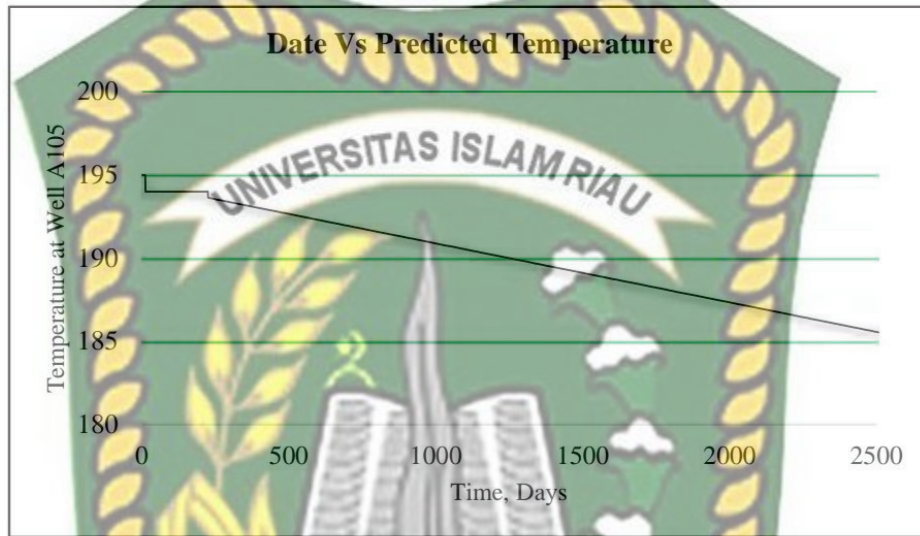
Berdasarkan pengujian tracer yang sudah dilakukan, penurunan *temperature* pada sumur A-105 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta T = -f \frac{Q_{inj}}{Q_{prod}} (T_{path,i} - T_{inj})$$

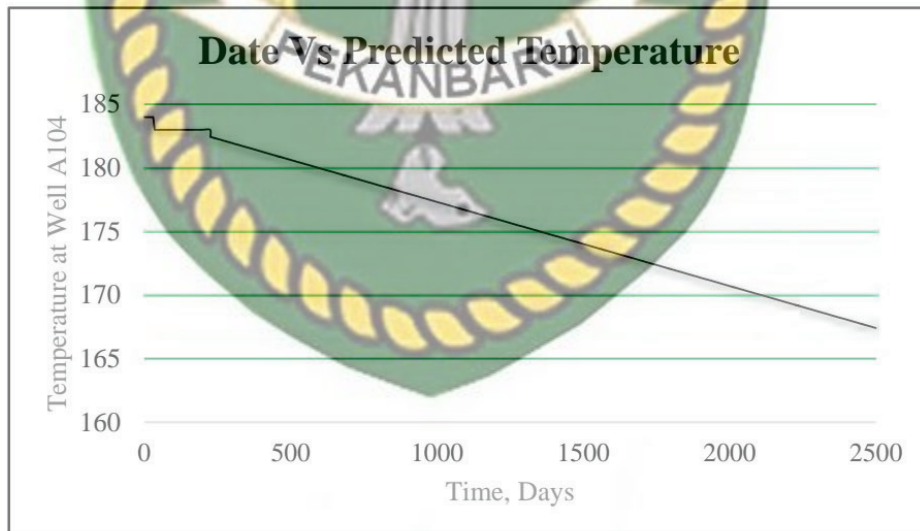
$$\Delta T = (-0.1) \frac{1150 \text{ tph}}{554 \text{ tph}} (184 - 150 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$\Delta T = -7.06 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Hal ini juga didukung dengan dilakukannya prediksi penurunan *temperature* pada sumur A-104. Namun, penurunan *temperature* yang terjadi justru bukan sebesar $7.06 \text{ } ^\circ\text{C}$ melainkan sebesar $15 \text{ } ^\circ\text{C}$ selama 2500 hari. Terjadinya perbedaan ini disebabkan sumur reinjeksi yang terbilang dekat sehingga membuat sumur produksi A-104 cepat terjadinya penurunan.



Gambar 4.4 Prediksi Temperature Pada Sumur A-105



Gambar 6.5 Prediksi Temperature Pada Sumur A-104

Dengan diketahuinya penurunan *temperature* tersebut, dapat dihitung dalam 6.8 tahun (2500 days) terjadi penurunan *temperature* sebesar 10 derajat, jika dikali kelipatan dengan syarat *temperature* tidak di bawah 160 °C maka prediksi *thermal breakthrough* pada sumur A-105 dapat diketahui. *Temperature* awal pada sumur A-105 pada Bulan Januari Tahun 2020 adalah 195 °C sehingga dibutuhkan sekitar 35 °C dimana ini adalah 3.5 kali kelipatan perhitungan penurunan *temperature* di atas. Oleh karena itu, prediksi *thermal breakthrough* mungkin akan terjadi pada tahun 2044 (23.8 tahun kemudian).

Kemudian *temperature* awal sumur A-104 pada Bulan Januari 2020 adalah 184 °C sehingga dibutuhkan sekitar 24 °C dimana ini adalah 1.5 kali kelipatan perhitungan penurunan *temperature* di atas. Oleh karena itu, prediksi *thermal breakthrough* mungkin akan terjadi pada tahun 2028 (8 tahun kemudian).

Prediksi ini didukung dengan skenario produksi yang masih tetap sama dilakukan oleh perusahaan semenjak tracer test dilakukan, jika ada perubahan skenario selama rentang waktu tersebut kemungkinan terjadinya *thermal breakthrough* bisa lebih lambat atau bahkan lebih cepat. Skenario untuk menunda terjadinya *thermal breakthrough* misalnya, mempertahankan *temperature* injeksi, mengurangi jumlah laju injeksi, memperpanjang jarak antar sumur produksi dan injeksi, dan kegiatan lainnya.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan penelitian pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Jarak antar sumur produksi A-105 dengan sumur injeksi C-113ST dan sumur produksi A-104 dengan sumur injeksi P-116 terbilang dekat, ini menyebabkan penurunan *temperature* lebih cepat karena waktu yang dibutuhkan fluida *geothermal* untuk dapat matang dan diproduksi kembali tidak mencukupi atau kurang. Terjadi penurunan *temperature* sebesar 10 °C untuk sumur produksi A-105 dan 15 °C untuk sumur produksi A-105, kejadian penurunan *temperature* ini dipengaruhi oleh jarak antar sumur produksi dan injeksi adalah dekat. Prediksi *thermal breakthrough* pada sumur produksi A-105 adalah pada tahun 2044 sedangkan pada sumur produksi A-104 adalah pada tahun 2028.

5.2. Saran

Dikarenakan penelitian ini masih memiliki kekurangan, maka diharapkan kepada peneliti selanjutnya untuk dapat melakukan simulasi reservoir dengan model yang menyerupai lapangan SMGP agar mengetahui bagaimana sesungguhnya pergerakan fluida *geothermal* dan melakukan perekaman data tracer return lebih lama terhadap sumur injeksi yang lain agar mengetahui bagaimana hubungan sumur injeksi yang lain terhadap sumur – sumur produksi. Sehingga nantinya tidak hanya mengetahui sumur injeksi C-113ST dan P-116 saja. Kemudian untuk memperlambat atau menunda cepatnya terjadi *thermal drawdown* dilakukan penutupan sumur injeksi yang lain atau menambah sumur injeksi baru dengan jarak tertentu.

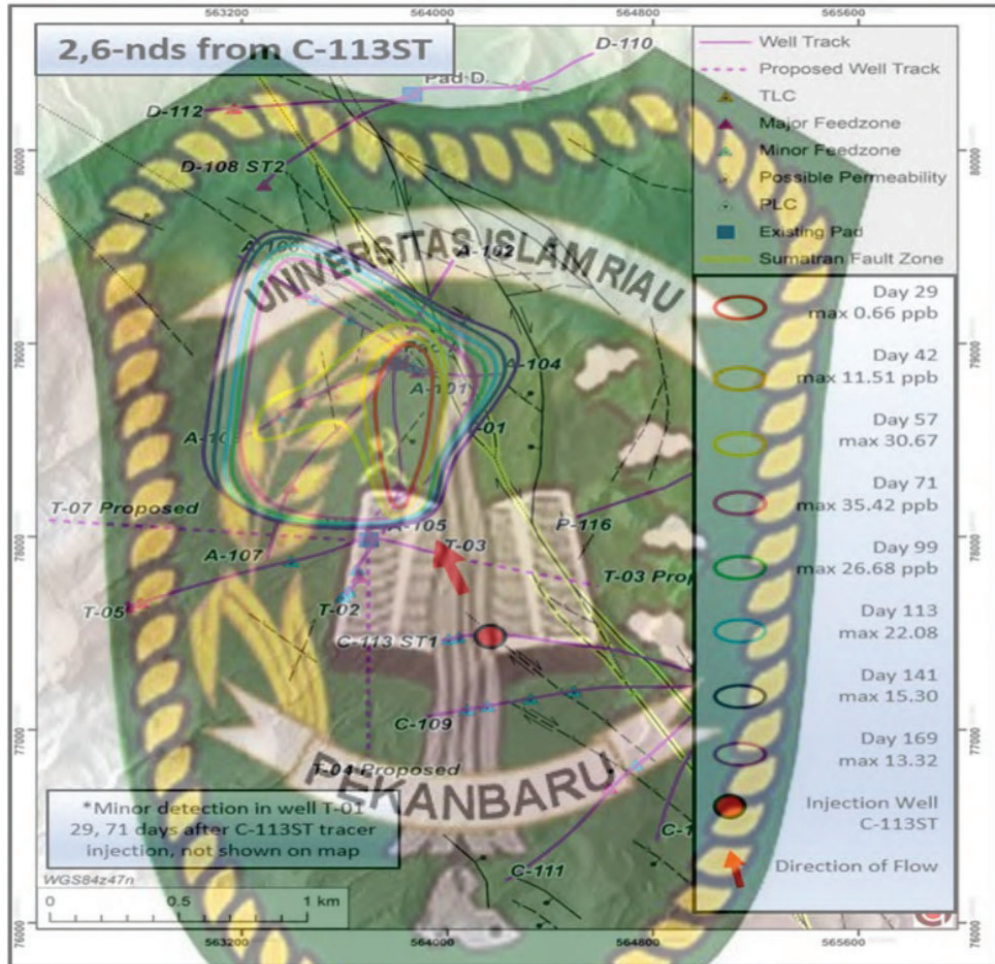
DAFTAR PUSTAKA

- Axelsson, G. (2013). Tracer Tests in Geothermal Resource Management. *EPJ Web of Conferences*, 50.
- Axelsson, Gudni, Björnsson, G., & Montalvo, F. (2005). Quantitative Interpretation of Tracer Test Data. *World Geothermal Congress, April*, 24–29.
- Axelsson, Gudni, Flovenz, O. G., Hauksdottir, S., Hjartarson, A., & Liu, J. (2001). Analysis of Tracer Test Data, and Injection-Induced Cooling, in the Laugaland Geothermal Field, N-Iceland. *Geothermics*, 30(6), 697–725.
- Axelsson, Gudni, Grímur Björnsson, & Montalvo, F. (2005). Quantitative Interpretation of Tracer Test Data. *Transactions - Geothermal Resources Council, April*, 513–519.
- Bjarkason, E. K. (2014). *Predicting Thermal Drawdown in Geothermal Systems Using Interwell Tracer Tests*.
- Hebig, K. H., Zeilfelder, S., Ito, N., Machida, I., Marui, A., & Scheytt, T. J. (2014). Study of the effects of the chaser in push-pull tracer tests by using temporal moment analysis. *Geothermics*, 54, 43–53.
- Herras, E. B., Siega, F. L., & Magdadaro, M. C. (2005). Naphthalene disulfonate tracer test data from the Mahanagdong geothermal field, Leyte, Philippines. *Transactions - Geothermal Resources Council*, 29(April), 607–614.
- Hidayat, R., Hendri, R., & Chandra, V. (2019). An Overview Geochemistry in Sorik Marapi Geothermal Field. *The 7th Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition (IIGCE) 2019*, 1–6.
- Johnston, I. W., Narsilio, G. A., & Colls, S. (2011). Emerging geothermal energy technologies. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 15(4), 643–653. <https://doi.org/10.1007/s12205-011-0005-7>
- Kaya, E., Zarrouk, S. J., & O'Sullivan, M. J. (2011). Reinjection in geothermal fields: A review of worldwide experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 47–68. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.032>
- Lake, L. W. (2007). *Petroleum Engineering Engineering Handbook: Vol. VI* (H. R. W. Jr. (ed.)). Society of Petroleum Engineers.
- Maier, F., Schaffer, M., & Licha, T. (2014). Temperature determination using thermo-sensitive tracers: Experimental validation in an isothermal column heat exchanger. *Geothermics*, 53, 533–539.
- Maier, F., Schaffer, M., & Licha, T. (2015). Determination of temperatures and cooled fractions by means of hydrolyzable thermo-sensitive tracers. *Geothermics*, 58, 87–93.
- Maturgo, O., Sanchez, D., & Barroca, G. (2010). Tracer test using naphthalene disulfonates in Southern Negros geothermal production field, Philippines.

- Proceedings of the World Geothermal Congress, April, 25–29.*
- Melysa, R., & Fitrianti. (2015). Analisis Potensi Daya Listrik Pada Sumur Produksi Panas Bumi Dengan Menggunakan Metode Back Pressure Pada Unit XY. *Journal of Earth Energy Engineering*, 4(2), 30–37.
- Nottebohm, M., Licha, T., & Sauter, M. (2012). Tracer design for tracking thermal fronts in geothermal reservoirs. *Geothermics*, 43, 37–44.
- Plummer, M. A., Palmer, C. D., Mattson, E. D., & Hull, L. C. (2011). A Reactive Tracer Analysis Method for Monitoring Thermal Drawdown in Geothermal Reservoirs. *Thirty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, 5.
- Reimus, P., Caporuscio, F., Marina, O., & Janney, D. (2019). Field demonstration of the combined use of thermally-degrading and cation-exchanging tracers to predict thermal drawdown in a geothermal reservoir. *Geothermics*, 83(January 2019).
- Rijn, S. Van. (2018). *Breakthrough time of a geothermal reservoir: Estimating the Impact of Well Spacing, Reservoir, and Operational Inputs on the Breakthrough Time of a Geothermal Doublet*. Delft University of Technology.
- Saptadji, N. M. (2001). *Teknik Panas Bumi*. ITB.
- Saptadji, N. M. (2018). *Teknik Geotermal* (H. B. Pratama & F. Anugrah (eds.); 1st ed.). ITB Press.
- Schaffer, M., Idzik, K. R., Wilke, M., & Licha, T. (2016). Amides as thermo-sensitive tracers for investigating the thermal state of geothermal reservoirs. *Geothermics*, 64, 180–186.
- Shook, G. M., & Suzuki, A. (2016). *Use of tracers and temperature to estimate fracture surface area for EGS reservoirs*. 66, 40–47.
- Suzuki, A., Niibori, Y., Fomin, S. A., Chugunov, V. A., & Hashida, T. (2014). Fractional derivative-based tracer analysis method for the characterization of mass transport in fractured geothermal reservoirs. *Geothermics*, 53, 125–132.
- Undang Undang Nomor 21 Tahun 2014 tentang Panas Bumi, (2014).

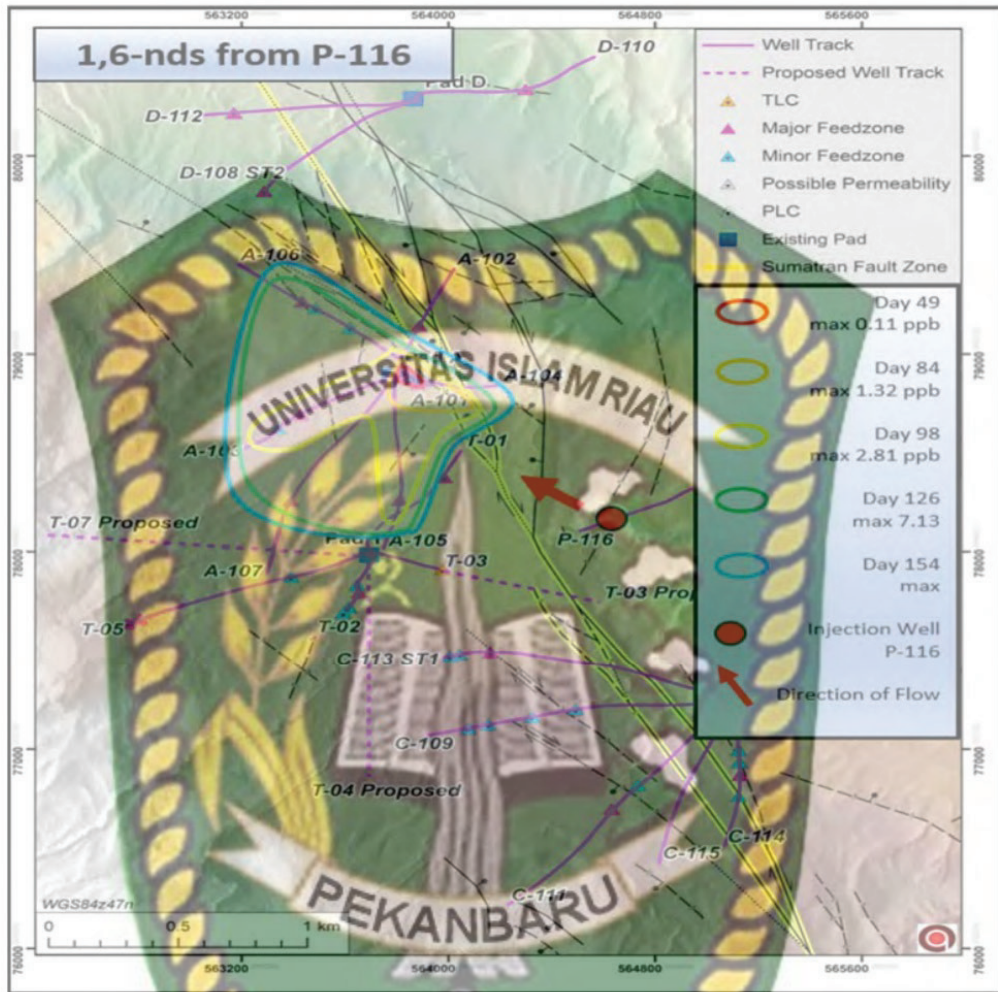
LAMPIRAN

LAMPIRAN I Well Distribution Tracer Test in C-113 Injection Well



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
 Perpustakaan Universitas Islam Riau

LAMPIRAN II Well Distribution Tracer Test in P-116 Injection Well




Dokumen ini adalah Arsip Milik :
 Perpustakaan Universitas Islam Riau

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

LAMPIRAN III

Perhitungan Prediksi Temperature Menggunakan Microsoft Office Excel



Days Since Injection	LINE T of A-105	Sample T	ΔT
1	195	65.4	
2	195	73.9	
3	195	54.4	
4	195	61.8	
5	195	62.9	
6	195	60.9	
7	195	67.2	
8	195	72.4	
9	195	69	
10	195	71.5	
11	195	70.1	
12	194	70.9	
13	194	68.9	
14	194	76	
15	194	67.7	
16	194	75.4	
17	194	70.8	
18	194	63.4	
19	194	71.6	
20	194	69.4	

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Dokumen ini adalah Arsip Milik :



The logo of Universitas Islam Riau Pekanbaru is a shield-shaped emblem. It features a central blue book with Arabic text, flanked by green leaves and a blue bird. The text 'UNIVERSITAS ISLAM RIAU' is at the top and 'PEKANBARU' is at the bottom of the shield. The entire logo is overlaid on a table with 18 rows and 3 columns.

21	194	77.8
22	194	68.7
24	194	76.4
26	194	68.1
28	194	82.3
30	194	68.5
35	194	74.2
37	194	72.9
41	194	53.8
49	194	59.7
56	194	67
63	194	56.9
70	194	58.9
83	194	78.6
98	194	67.9
112	194	67.9
140	194	72.3
168	194	69.3
196	194	64.8
224	194	56.7

DST...

Jakarta, 16 Juni 2021

SM3399/210616/HR

Kepada Yth.

**Kepala Program Studi Teknik Perminyakan
Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl Kaharuddin Nst No.113, Pekanbaru**

Dengan hormat,

Bersama ini kami memberitahukan bahwa Mahasiswa dari Universitas Islam Riau atas nama Willy Rustom telah menyelesaikan pengolahan data untuk Tugas Akhir di PT Sorik Marapi Geothermal Power (PT SMGP) dari 25 November 2020 tanggal hingga 9 Juni 2021. Selama berada di PT Sorik Marapi Geothermal Power, mahasiswa yang bersangkutan telah melaksanakan tugas dan tanggung jawab dengan baik.

Demikian pemberitahuan ini kami sampaikan dan agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Hormat kami,



Sorik Marapi
GEOTHERMAL

Rina Yudiastami

Human Resource & Services Manager