

LAPORAN TUGAS AKHIR

EKSTRAKSI SILIKA GEL DARI *GEOTHERMAL BRINE* PT PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY TBK MENGUNAKAN METODE *CHEMICAL PRECIPITATION* (*SOL-GEL*)



**Diusulkan sebagai Persyaratan Pelaksanaan Kegiatan
Tugas Akhir Diploma IV
Pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknologi Kimia Industri**

OLEH:

**SATRIA RIDHO ILLAHI
0621 4042 2549**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2025**

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

EKSTRAKSI SILIKA GEL DARI *GEOTHERMAL BRINE* PT PERTAMINA *GEOTHERMAL ENERGY TBK* MENGGUNAKAN METODE *CHEMICAL PRECIPITATION (SOL-GEL)*

OLEH :

Satria Ridho Illahi
062140422549

Palembang, Agustus 2025

Menyetujui,
Pembimbing I,



Dr. Martha Aznury, M.Si
NIDN. 0019067006

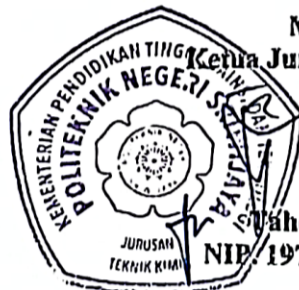
Pembimbing II,



Dilla Puspa, S.S.T., M.Tr.T.
NIDN. 0015029402

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Wahid, S.T., M.T.

NIP. 197201131997021000

MOTTO

Barang siapa yang mempersulit urusan seorang mukmin di dunia, maka
Allah akan mempersulit urusannya di akhirat.
— HR. Muslim

Mulailah dari mana kamu berada, Gunakan apa yang kamu miliki,
Lakukan apa yang kamu bisa.
— Arthur Ashe

Tak ada inovasi dan kreativitas tanpa kegagalan. Titik.
— Brené Brown

One day or day one, you decide.
— Paulo Coelho



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Satria Sidho Illahi
NIM : 062140422549
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia/D-IV Teknologi Kimia Industri

Menyatakan bahwa dalam penelitian laporan akhir dengan judul:
" Ekstraksi Silika Gel Dari *Geothermal Brine* PT Pertamina Geothermal Energy Tbk
Menggunakan Metode *Chemical Precipitation (Sol-Gel)*" tidak mengandung unsur
"PLAGIAT" sesuai dengan PERMENDIKNAS No. 17 Tahun 2010.

Bila pada kemudian hari terdapat unsur-unsur plagiat dalam penelitian ini, saya
bersedia diberikan sanksi peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tidak ada
paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2025

Penulis

Pembimbing I,

Dr. Martha Aznury, M.Si
NIDN 0019067006

Satria Ridho Illahi
NPM 062140422549

Pembimbing II,

Dilia Puspa, S.S.T., M.Tr.T
NIDN 0016029402



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat, kasih sayang, dan karunia-Nya yang tak terhingga. Berkat izin-Nya, laporan tugas akhir yang berjudul **"Ekstraksi Silika Gel dari *Geothermal Brine* PT Pertamina Geothermal Energy Tbk Menggunakan Metode *Chemical Precipitation (Sol-Gel)*"** ini akhirnya dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya.

Laporan ini merupakan hasil dari proses panjang yang melibatkan pembelajaran teoritis di bangku kuliah yang kemudian diimplementasikan dalam praktik nyata melalui penelitian di laboratorium. Penulis menyadari bahwa dalam menyusun dan menyelesaikan laporan ini, banyak tantangan dan hambatan yang harus dilalui, baik dari segi teknis, waktu, maupun mental. Namun demikian, dengan semangat, kerja keras, serta dukungan dari berbagai pihak, akhirnya laporan ini dapat tersusun dan diselesaikan sebagaimana mestinya.

Penelitian ini tidak hanya menjadi bentuk pengaplikasian ilmu yang telah diperoleh selama masa perkuliahan, tetapi juga sebagai upaya untuk memberikan kontribusi kecil terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi kimia, khususnya dalam pemanfaatan limbah *geothermal brine* menjadi produk yang bernilai tambah. Besar harapan penulis, hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat baik secara akademis maupun praktis dalam mendukung inovasi berkelanjutan di bidang energi dan material.

Selama Penelitian dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, laporan ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Irawan Rusnadi, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Dr. Yusri, S.Pd., M.Pd. selaku Wakil Direktur I Politeknik Negeri Sriwijaya,
3. Tahdid, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

4. Isnandar Yunanto, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Dr. Yuniar, S.T., M.Si. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Dr. Martha Aznury, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir di Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Dilia Puspa, S.S.T., M.Tr.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir di Politeknik Negeri Sriwijaya
8. Kedua Orang Tua penulis serta Keluarga Besar, yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik dari segi moril, materi serta do'a yang tulus untuk kelancaran pada saat penelitian dan penyelesaian laporan.
9. Seluruh rekan Penelitian yaitu Akbar, Bima dan Bogie yang senantiasa selalu sabar dan semangat dalam menghadapi suka duka saat Penelitian.
10. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.
11. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days of, I wanna thank me for... fornever quitting, I wanna thank me for always being a giver and try give more than I receive, I wanna thank me for try and do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times*

Dalam penyusunan laporan tugas akhir penulis menyadari terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat mendukung dari pembaca. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Agustus 2025

Penulis

ABSTRAK

EKSTRAKSI SILIKA GEL DARI *GEOTHERMAL BRINE* PT PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY TBK MENGGUNAKAN METODE *CHEMICAL PRECIPITATION (SOL-GEL)*

(Satria Ridho Illahi, 2025, 60 Halaman, 7 Tabel, 12 Gambar, dan 4 Lampiran)

Geothermal brine merupakan limbah cair hasil proses Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang kaya akan kandungan mineral, salah satunya silika (SiO_2). Jika tidak dimanfaatkan, silika dalam *geothermal brine* dapat menimbulkan masalah operasional seperti *scaling* pada pipa dan turbin. Di sisi lain, silika memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak digunakan di berbagai sektor industri seperti kaca, keramik, elektronik, hingga farmasi. Penelitian ini bertujuan mengekstraksi silika gel dari *geothermal brine* PLTP Lumut Balai milik PT Pertamina Geothermal Energy Tbk melalui metode *chemical precipitation* (sol-gel). Proses ekstraksi dilakukan dengan variasi konsentrasi larutan NaOH (1,25%, 1,5%, 1,75%, dan 2,0%) serta variasi waktu reaksi (5, 10, 30, dan 60 menit). Ekstraksi diawali dengan pelarutan silika menjadi natrium silikat menggunakan NaOH, kemudian dilakukan presipitasi dengan penambahan HCl untuk membentuk gel. Produk silika gel yang diperoleh dianalisis berdasarkan kadar air, kapasitas adsorpsi air, pH, dan kandungan kimianya dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi NaOH 1,75–2,0% dan waktu reaksi 30 menit, dengan kadar air 1,33–1,54%, kapasitas adsorpsi air 23,1–25,7%, dan pH netral (± 6). Komposisi utama silika mencapai 89,57% dengan sedikit impuritas, menunjukkan hasil ekstraksi yang cukup murni meski belum mencapai grade A. Metode sol-gel terbukti efektif dalam menghasilkan silika gel dengan kualitas baik. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah brine dapat diolah menjadi produk bernilai tambah, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap impor silika yang kian meningkat setiap tahun di Indonesia. Dengan potensi produksi hingga 4,49 ton/jam dari kandungan silika dalam brine PLTP Lumut Balai, pendekatan ini sangat prospektif untuk dikembangkan lebih lanjut dalam skala industri guna mendukung ekonomi sirkular dan keberlanjutan energi panas bumi.

Kata Kunci: Silika Gel, Geothermal Brine, Sol-Gel, Presipitasi Kimia, Ekstraksi Silika

ABSTRACT

EXTRACTION OF SILICA GEL FROM GEOTHERMAL BRINE OF PT PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY TBK USING CHEMICAL PRECIPITATION (SOL-GEL) METHOD

(Satria Ridho Illahi, 2025, 60 Pages, 7 Tables, 12 Figures, and 4 Appendices)

Geothermal brine is a by-product of geothermal power plants rich in dissolved minerals, including silica (SiO_2). If left untreated, silica in brine can cause operational issues such as scaling in pipes and turbines. However, silica holds high economic value and is widely used across industries such as glass, ceramics, electronics, and pharmaceuticals. This study aims to extract silica gel from geothermal brine from the Lumut Balai geothermal power plant operated by PT Pertamina Geothermal Energy Tbk using the chemical precipitation (sol-gel) method. The extraction process involved varying NaOH concentrations (1.25%, 1.5%, 1.75%, and 2.0%) and reaction times (5, 10, 30, and 60 minutes). Initially, silica was dissolved into sodium silicate using NaOH, followed by precipitation with HCl to form gel. The resulting silica gel was analyzed based on moisture content, water adsorption capacity, pH, and chemical composition using X-Ray Fluorescence (XRF). The optimal condition was found at 1.75–2.0% NaOH concentration and 30-minute reaction time, yielding a moisture content of 1.33–1.54%, adsorption capacity of 23.1–25.7%, and neutral pH (~6). The silica content reached up to 89.57%, indicating a high purity level, although not yet meeting grade A based on Indonesian National Standards (SNI). The sol-gel method proved to be an effective approach to produce quality silica gel. This study highlights that geothermal brine, often regarded as waste, can be converted into high-value materials, reducing dependency on imported silica, which continues to rise annually in Indonesia. With an estimated 4.49 tons/hour of extractable silica from Lumut Balai's brine, this approach is highly promising for industrial-scale development, supporting circular economy initiatives and sustainable geothermal energy utilization.

Keywords: *Silica Gel, Geothermal Brine, Sol-Gel, Chemical Precipitation, Silica Extraction*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR	ii
MOTTO	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Relevansi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Energi Panas Bumi (<i>Geothermal</i>).....	5
2.2 Sistem Pembangkitan Listrik Tenaga Panas Bumi.....	6
2.3 <i>Geothermal Brine</i>	7
2.4 <i>Separator</i>	10
2.5 Silika.....	11
2.6 Proses Presipitasi Sol Gel	12
2.7 <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	17
2.8 <i>State of the Art</i>	18
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Rancangan Percobaan.....	20
3.4 Proses Percobaan	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Data Hasil Penelitian	25
4.2 Pembahasan	27
BAB V PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Data <i>brine</i> PT Pertamina Geothermal Energy Tbk Area Lumut Balai	9
2.1 <i>State of the art</i>	18
4.1 Jumlah Silika Gel Hasil Ekstraksi dari <i>Geothermal Brine</i>	25
4.2 Kadar Air Silika Gel dari <i>Geothermal Brine</i>	26
4.3 Kapasitas Adsorpsi Air Silika Gel dari <i>Geothermal Brine</i>	26
4.4 pH dan Komposisi Silika Gel dari <i>Geothermal Brine</i>	27
4.5 Hasil Analisa Komposisi Silika Gel.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Energi Panas Bumi.....	5
2.2 Perbedaan Prinsip Kerja (A) PLTP dan (B) PLTU.....	7
2.3 <i>Pond</i>	8
2.4 <i>Separator Cyclon</i>	10
2.5 Mekanisme reaksi pembentukan natrium silikat.....	14
3.1 Pemurnian Silika dari <i>Geothermal Brine</i>	21
3.2 Pembuatan Silika Gel.....	22
4.1 Silika Gel dari <i>Geothermal Brine</i>	24
4.2 Grafik Pengaruh Konsentrasi NaOH dalam Proses Ekstraksi Silika dari <i>Geothermal Brine</i>	28
4.3 Grafik Pengaruh Waktu Terhadap Proses Ekstraksi Silika Dari Geothermal Brine.....	30
4.4 Kadar Air Silika Gel dari <i>Geothermal Brine</i>	32
4.5 Kapasitas Adsorpsi Air Silika Gel dari <i>Geothermal Brine</i>	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data Hasil Penelitian	45
Lampiran B Perhitungan	47
Lampiran C Dokumentasi	49
Lampiran D Surat-Surat	56