

**PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI
SURFAKTAN TERHADAP KARAKTERISTIK
NANOSILIKA DARI LIMBAH *SLUDGE*
GEOHERMAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE
*SOL – GEL***

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar

Sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

Oleh :

Aufa Rai Adiatama

(2017620131)

Dosen Pembimbing :

Ratna Frida Susanti, Ph.D.
Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI SURFAKTAN TERHADAP KARAKTERISTIK NANOSILIKA DARI LIMBAH *SLUDGE GEOTHERMAL* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SOL - GEL*

CATATAN:



Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung , 06 Juli 2021

Pembimbing 1



Ratna Frida Susanti, Ph.D.

Pembimbing 2



Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aufa Rai Adiatama

NPM : 2017620131

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI SURFAKTAN TERHADAP
KARAKTERISTIK NANOSILIKA DARI LIMBAH *SLUDGE GEOTHERMAL*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SOL – GEL***

Adalah hasil pekerjaan kami dan seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai

Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka kami bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku

Bandung, 06 Juli 2021



Aufa Rai Adiatama

(2017620131)

INTISARI

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak gunung berapi sehingga Indonesia memiliki sumber *geothermal* atau panas bumi yang berlimpah. Di Indonesia, panas bumi biasa digunakan sebagai energi untuk pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTPB). Salah satu PLTPB di Indonesia adalah PLTPB Geo Dipa Dieng di Jawa Tengah yang menghasilkan limbah *geothermal* yang terdiri dari limbah padat (*sludge*) dan limbah cair (*brines*). Limbah *geothermal* tersebut kemudian dibuang ke tempat penampungan limbah tanpa pengolahan lebih lanjut. Limbah tersebut berpotensi mencemari lingkungan karena limbah *geothermal* mengandung garam logam dan berbagai logam berat apabila tidak ditangani dengan baik. Selain itu limbah *geothermal* juga mengandung silika yang cukup tinggi yaitu sekitar 90 hingga 98 % sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber silika pada penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan nanosilika yang tidak mengalami aglomerasi dari limbah *sludge geothermal* melalui metode sol – gel dengan penambahan surfaktan. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan jenis surfaktan yaitu *alkyl benzene sulphonate* (ABS), *sodium dodecyl sulphate* (SDS), *cetyl trimethylammonium bromide* (CTAB), dan *poly vinyl pyrrolidone* (PVP) pada konsentrasi CMC dalam larutan prekursor Na_2SiO_3 . Nanosilika hasil dari penelitian ini akan dikarakterisasi dengan XRD, XRF, TEM, PSA dan FTIR untuk mengetahui komposisi, struktur kristal, ukuran, luas permukaan, dan morfologi pada nanosilika.

Sintesis nanosilika pada metode sol – gel ini dilakukan penambahan surfaktan ABS, SDS, CTAB, dan PVP pada konsentrasi CMC dalam larutan prekursor Na_2SiO_3 secara berturut – turut diperoleh pada konsentrasi surfaktan sebesar 0,15 %-b, 0,5 %-b, 0,05 %-b, dan 1 %-b. Berdasarkan hasil karakterisasi TEM dihasilkan ukuran partikel nanosilika pada NS pada rentang 1,460 - 2,235 nm, NS_ABS_CMC pada rentang 4,554 - 6,193 nm, NS_SDS_CMC pada rentang 2,099 - 3,193 nm, NS_CTAB_CMC pada rentang 1,460 - 2,555 nm, dan NS_PVP_CMC pada rentang 2,007 - 3,650 nm. Nanosilika yang disintesis dengan penambahan surfaktan PVP pada konsentrasi CMC dapat menghasilkan nanosilika yang tidak mengalami aglomerasi. Nanosilika tersebut juga memiliki kemurnian pada rentang 56,67 – 98,03 % - berat dengan pengotor berupa NaCl.

Kata kunci : Limbah *geothermal*, nanosilika, sol – gel, surfaktan

ABSTRACT

Indonesia is a country that has many volcanoes so that Indonesia has abundant geothermal or geothermal resources. In Indonesia, geothermal energy is commonly used as energy for geothermal power plants (PLTPB). One of the PLTPB in Indonesia is the Geo Dipa Dieng PLTPB in Central Java which produces geothermal waste consisting of solid waste (sludge) and liquid waste (brines). The geothermal waste is then disposed of in a waste disposal site without further treatment. This waste has the potential to pollute the environment because geothermal waste contains metal salts and various heavy metals if it is not handled properly. In addition, geothermal waste also contains quite high silica, which is around 90 to 98% so that it can be used as a source of silica in this study.

This study aims to produce nanosilica which does not experience agglomeration from geothermal sludge waste through the sol - gel method with the addition of surfactants. This research was conducted by varying the types of surfactants, namely alkyl benzene sulphonate (ABS), sodium dodecyl sulphate (SDS), cetyl trimethylammonium bromide (CTAB), and poly vinyl pyrrolidone (PVP) at the CMC concentration in a solution of the Na₂SiO₃ precursor. with XRD, XRF, TEM, PSA and FTIR to determine the composition, crystal structure, size, surface area, and morphology of the nanosilica.

The synthesis of nanosilica in the sol - gel method was carried out by adding surfactants ABS, SDS, CTAB, and PVP at the CMC concentration in the Na₂SiO₃ precursor solution respectively - obtained at a surfactant concentration of 0.15% -wt, 0.5% -wt, 0.05 % -wt, and 1% -wt. Based on the results of the TEM characterization, the nanosilica particle sizes were found in NS in the range of 1,460 - 2,235 nm, NS_ABS_CMC in the range 4,554 - 6,193 nm, NS_SDS_CMC in the range 2,099 - 3,193 nm, NS_CTAB_CMC in the range 1,460 - 2,555 nm, and NS_PVP_CMC in the range 2,007 - 3,650 nm. Nanosilica synthesized with the addition of PVP surfactant at CMC concentrations can produce non-agglomerated nanosilicas. The nanosilica also has a purity in the range of 56.67 – 98.03% - mass with impurities in the form of NaCl.

Keyword: geothermal waste, nanosilica, sol - gel, surfactants

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Surfaktan terhadap Karakteristik Nanosilika dari Limbah *Sludge Geothermal* dengan Menggunakan Metode *Sol-Gel*” dengan baik dan tepat waktu. Proposal penelitian ini disusun untuk memenuhi persyaratan tugas akhir guna mencapai gelar Sarjana Teknik Kimia di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam penyusunan proposal ini, penulis banyak menerima bimbingan, masukan, saran, kritik, arahan, dukungan serta bantuan dari berbagai pihak sehingga penulis mampu menyelesaikannya. Oleh karena itu penulis pada kesempatan ini mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun proposal penelitian ini, terutama kepada:

1. Ratna Frida Susanti, Ph. D. dan Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng., sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, saran serta waktu selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
2. Keluarga yang senantiasa memberikan doa dan dukungan secara moril maupun materiil.
3. Rekan – rekan seperjuangan yang telah memberikan dukungan, saran, dan semangat.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini karena keterbatasan kemampuan dan wawasan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik, masukan, dan saran yang membangun sehingga dapat dijadikan perbaikan untuk penyusunan laporan penelitian berikutnya. Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung,

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL HALAMAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	2
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Tema Sentral Masalah.....	3
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Premis.....	4
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Tujuan Penelitian.....	4
1.7 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Limbah <i>Geothermal</i>	7
2.2 Silika.....	8
2.2.1 Silika Kristal.....	8
2.2.2 Silika Non-Kristal/Amorf.....	8
2.3 Nanopartikel.....	9
2.4 Sintesis Nanopartikel.....	11
2.4.1 Metode <i>Top Down</i>	11
2.4.2 Metode <i>Bottom Up</i>	12
2.4 Nanosilika.....	15
2.5 Metode Sol-Gel.....	16
2.5.1 Hidrolisis dan Kondensasi.....	17
2.5.2 Gelasi.....	17

2.5.3 Pematangan/ <i>Aging</i>	19
2.5.4 Pengeringan.....	20
2.6 Faktor yang Mempengaruhi Proses Sintesis Nanosilika dengan Metode Sol - Gel...	22
2.6.1 Jenis Prekursor	22
2.6.2 Katalis (pH).....	22
2.6.3 Rasio Kelompok Alkoksi/H ₂ O (R _w).....	22
2.6.4 Pelarut.....	22
2.6.5 Konsentrasi Elektrolit.....	22
2.7 Surfaktan	23
2.8 Proses Sintesis Nanosilika melalui Metode Sol – Gel.....	26
2.9 Karakterisasi Nanopartikel.....	27
2.9.1 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	27
2.9.2 XRF (<i>X-Ray Fluoresence</i>)	27
2.9.3 TEM (<i>Transmission Electron Microscope</i>).....	28
2.9.4 PSA (<i>Particle Size Analyzer</i>).....	29
2.9.5 FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Gambaran Umum Penelitian	31
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	31
3.2.1 Bahan.....	31
3.2.2 Alat Penelitian.....	32
3.3 Prosedur Penelitian	34
3.3.1 Prosedur Pembuatan Larutan Prekursor	34
3.3.2 Prosedur Penentuan Titik CMC Surfaktan	35
3.3.3 Prosedur Utama.....	35
3.4 Variasi Percobaan	37
3.5 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	37
BAB IV PEMBAHASAN	38
4.1 Penentuan Critical Micelle Concentration (CMC) Surfaktan	38
4.2 Karakterisasi Nanosilika	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran	51

DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN A METODE ANALISIS	55
A.1 Pengujian Surface Tension.....	55
A.1.1 Kalibrasi Tensiometer Du-Nouy	55
A.1.2 Pengujian <i>Surface Tension</i> dengan Tensiometer Du-Nouy	56
A.2 Pengujian <i>Conductivity</i>	56
A.2.1 Kalibrasi Conductivity Meter.....	57
A.2.2 Pengujian Konduktivitas dengan <i>Conductivity Meter</i>	57
A.3 Pengujian Turbiditas	58
A.3.1 Kalibrasi <i>Turbidity Meter</i>	58
A.3.2 Pengujian Turbiditas dengan <i>Turbidity Meter</i>	59
LAMPIRAN B <i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>	60
B.1 Nanosilika (SiO ₂).....	60
B.2 Natrium Hidroksida (NaOH).....	60
B.3 Asam Klorida (HCl).....	61
B.4 Etanol (C ₂ H ₅ OH)	62
B.5 <i>Alkyl Benzene Sulphonate</i>	63
B.6 <i>Sodium Dodecyl Sulphate</i>	64
B.7 <i>Cetyl Trimethylammonium Bromide</i>	64
B.8 <i>Poly Vinyl Pyrrolidone</i>	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perbedaan Struktur Silika Kristal dan Silika Non - Kristal.....	8
Gambar 2. 2 Perubahan Luas Permukaan Spesifik Partikel dengan Analogi Kubus Padat..	9
Gambar 2. 3 Skema Proses Penggilingan.....	11
Gambar 2. 4 Nanosilika.....	15
Gambar 2. 5 Nanosilika yang Teraglomerasi	16
Gambar 2. 6 Skema Perkembangan dari Silika Gel.....	18
Gambar 2. 7 Skema Proses Pematangan	19
Gambar 2. 8 Skema Proses Pengeringan.....	21
Gambar 2. 9 Struktur Surfaktan.....	23
Gambar 2. 10 Hubungan Konsentrasi Surfaktan dengan Tegangan Permukaan.....	24
Gambar 2. 11 Ilustrasi Penambahan Surfaktan pada Sintesis Nanopartikel	24
Gambar 2. 12 Bentuk – Bentuk Misel : (a) spherical; (b) lamellar; (c) inverted; (d) disk; (e) cylindrical.....	26
Gambar 2. 13 Skema Proses Pemancaran Sinar X dan Eksitasi Elektron.....	28
Gambar 2. 14 Skema Proses Transisi Elektron dan Pemancaran Kembali Sinar X	28
Gambar 2. 15 Skema Proses pada Analisa FTIR.....	30
Gambar 3. 1 Skema Peralatan Proses Pembuatan Larutan Prekursor.....	32
Gambar 3. 2 Skema Peralatan Proses Pengeringan	32
Gambar 3. 3 Skema Prosedur Pembuatan Larutan Prekursor	34
Gambar 3. 4 Skema Prosedur Penentuan Titik CMC Surfaktan	35
Gambar 3. 5 Skema Prosedur Utama	36
Gambar 4. 1 Skema Proses Agregasi Surfaktan pada Nanosilika	39
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Surfaktan ABS.....	39
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengujian Surfaktan SDS	40
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian Surfaktan CTAB.....	40
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian Surfaktan PVP	41
Gambar 4. 6 Hasil Karakterisasi XRD.....	43
Gambar 4. 7 Ilustrasi Pembentukan Lapisan Tipis Air	44
Gambar 4. 8 Template Surfaktan yang Menyelimuti Nanosilika yang Terbentuk pada Penelitian Ini.....	45
Gambar 4. 9 <i>Template</i> Surfaktan	45
Gambar 4. 10 Hasil Karakterisasi TEM.....	46

Gambar 4. 11 Hasil Karakterisasi TEM pada Penelitian Windianto (2020)	47
Gambar 4. 12 Hasil Analisa FTIR	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Premis Sintesis Nanosilika dengan Metode Sol – Gel	6
Tabel 2. 1 Kandungan Senyawa pada Sludge Geothermal	7
Tabel 2. 2 Aplikasi Nanopartikel.....	10
Tabel 2. 3 Kelebihan dan Kekurangan Metode – Metode Sintesis Nanopartikel.....	14
Tabel 3. 1 Variasi Percobaan.....	37
Tabel 3. 2 Jadwal Kerja Penelitian	37
Tabel 4. 1 Variasi Percobaan Utama.....	41
Tabel 4. 2 Komposisi Nanosilika dengan Variasi Jenis Surfaktan.....	42
Tabel 4. 3 Nilai HLB dari Setiap Surfaktan	44
Tabel 4. 4 Hasil Karakterisasi PSA.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak gunung berapi sehingga Indonesia memiliki sumber *geothermal* atau panas bumi yang berlimpah. Di Indonesia, panas bumi biasa digunakan sebagai energi untuk pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTPB). Salah satu PLTPB di Indonesia adalah PLTPB Geo Dipa Dieng di Jawa Tengah (Sulardjaka dkk., 2013). Panas bumi merupakan salah satu sumber daya energi terbarukan untuk menghasilkan energi listrik. Tetapi energi listrik yang dihasilkan dari panas bumi tidak sepenuhnya ramah lingkungan karena dalam proses mengkonversi panas bumi menjadi energi listrik dihasilkan limbah yang disebut limbah *geothermal* (Yuniarto dkk., 2016).

Limbah *geothermal* terdiri dari limbah padat (*sludge*) dan limbah cair (*brines*). Limbah padat dihasilkan dari endapan pada proses pengolahan *brine* dan kerak silika pada pipa – pipa instalasi PLTP. Limbah padat tersebut kemudian dibuang ke tempat penampungan limbah tanpa pengolahan lebih lanjut. Limbah tersebut berpotensi mencemari lingkungan karena limbah *geothermal* mengandung garam logam dan berbagai logam berat apabila tidak ditangani dengan baik. Selain itu limbah *geothermal* juga mengandung silika yang cukup tinggi yaitu sekitar 90 hingga 98 % (Jenie dkk., 2018; Sulardjaka dkk., 2013).

Sebagai solusinya limbah *geothermal* dapat digunakan sebagai bahan baku sintesis nanosilika karena kandungan silikanya yang tinggi. Nanosilika merupakan partikel silika yang memiliki ukuran antara 1 nm hingga 100 nm (Jenie dkk., 2018). Nanosilika memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda dengan silika pada umumnya sehingga banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti katalis, adsorben, isolator listrik, isolator *thermal*, pigmen, farmasi, substrat film elektronik, substrat film tipis, dan sensor kelembaban (Dubey dkk., 2015).

Nanosilika dapat disintesis dengan berbagai metode antara lain *microemulsion*, *template synthesis*, metode hidrotermal, dan metode sol – gel. Metode yang umum

digunakan adalah metode sol – gel karena prosesnya dapat berjalan pada temperature rendah, ukuran, dan morfologi partikel yang dapat dikontrol, serta produk yang dihasilkan memiliki kemurnian dan homogenitas yang tinggi. (Dubey dkk., 2015).

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis nanosilika dengan metode sol – gel dengan penambahan surfaktan menggunakan bahan baku limbah *sludge geothermal* dari PLTP Geo Dipa Dieng. Windianto (2020) telah melakukan penelitian sintesis nanosilika yang serupa dengan pengeringan menggunakan *microwave*. Pada penelitian Windianto (2020) dilakukan variasi pada daya pengeringan yaitu 100 W, 380 W, 540 W, dan 700 W menggunakan *microwave*. Namun pada penelitian Windianto (2020), nanosilika yang dihasilkan teraglomerasi.

Nanosilika yang teraglomerasi tersebut tidak diinginkan karena dapat memperbesar ukuran dan memperkecil luas permukaan dari nanosilika tersebut sehingga tidak ada bedanya dengan *bulk* materialnya. Jadi penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan nanosilika yang tidak teraglomerasi dengan menggunakan surfaktan, Aglomerasi yang terjadi pada penelitian Windianto (2020) disebabkan karena gaya *van der waals* yang terjadi akibat partikel yang terdispersi, dimana semakin kecil ukuran partikel yang terdispersi maka semakin kuat gaya *van der waals* yang terbentuk (Goyal, 2018). Penambahan surfaktan pada penelitian diharapkan dapat mencegah terjadinya aglomerasi karena surfaktan memiliki sifat pendispersi yang baik (Singh dkk., 2011).

1.2 Tema Sentral Masalah

Penelitian ini merupakan pemanfaatan limbah *sludge geothermal* sebagai bahan baku sintesis nanosilika. Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanosilika melalui metode sol – gel dengan penambahan surfaktan untuk menghasilkan nanosilika yang tidak teraglomerasi. Hasil penelitian kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui pengaruh dari penambahan surfaktan pada nanosilika yang dihasilkan.

1.3 Identifikasi Masalah

Berdasarkan tema sentral masalah tersebut, dapat diidentifikasi beberapa masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh surfaktan terhadap kemurnian nanosilika yang terbentuk?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap fenomena aglomerasi?

1.4 Premis

Penelitian ini dilakukan berdasarkan penelitian – penelitian yang berhubungan dengan penelitian ini seperti yang tercantum pada **Tabel 1.1** sebagai dasar dari variasi penelitian, variabel proses, bahan, dan alat yang digunakan pada penelitian ini. Berikut ringkasan mengenai premis yang digunakan pada penelitian ini, antara lain:

1. Penggunaan NaOH 1 M sebagai pelarut dan HCl 1,5 M sebagai katalis untuk proses sintesis nanosilika dengan metode *sol – gel*.
2. Waktu *aging*/pematangan selama 18 jam.
3. Penggunaan surfaktan CTAB, PVP, SDS, dan ABS untuk mencegah terjadinya aglomerasi pada nanosilika yang dihasilkan.
4. Pengeringan gel silika menggunakan microwave dengan daya sebesar 700 W.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan beberapa literatur yang sudah dipelajari dihasilkan beberapa hipotesis dalam penelitian ini antara lain:

1. Surfaktan dapat mempengaruhi kemurnian nanosilika yang dihasilkan.
2. Surfaktan yang dipakai pada *critical micelle concentration* (CMC) dapat menghasilkan nanosilika yang tidak mengalami aglomerasi.

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan nanosilika dari limbah geothermal dengan penambahan surfaktan. Tujuan khusus dari penelitian ini antara lain:

1. Menghasilkan nanosilika yang memiliki kemurnian tinggi
2. Menghasilkan nanosilika yang tidak teraglomerasi

3. Mengetahui pengaruh jenis surfaktan terhadap karakteristik nanosilika.
4. Mengetahui pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap karakteristik nanosilika.

1.7 Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pembelajaran mengenai pemanfaatan limbah *geothermal* sebagai bahan baku sintesis nanosilika menggunakan metode sol – gel.

2. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan memberikan pengetahuan baru mengenai pemanfaatan limbah *geothermal*.

3. Bagi Industri

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi dalam masalah pengolahan limbah *geothermal* sehingga dapat menjadi produk bernilai tinggi.

Tabel 1. 1 Premis Sintesis Nanosilika dengan Metode Sol – Gel

Literatur	Bahan Baku	Kondisi Operasi								Hasil Produk			
		Pelarut	Katalis	Surfaktan	Aging/Pematangan		Metode	Pengeringan		Nano partikel	Ukuran Partikel (nm)	Luas Permukaan (m ² /g)	
					Waktu	Temperatur (°C)		Temperatur (°C) atau Daya (W)	Durasi				
(Windianto, 2020)	Limbah Geothermal 20 gram	NaOH	2 M	HCl 1,5 M	-	3 Jam	-	Microwave	Low (100 W)	-	SiO ₂	10,08	330,08
									Medium (380 W)			7,78	402,86
									Medium High (540 W)			19,98	152,02
									High (700 W)			9,36	356,04
(Jenie dkk., 2018)	Limbah Geothermal 20 gram	NaOH	1,5 N	HCl 2 N	-	18 Jam 43 Jam 72 Jam	-	Oven	105	12 Jam	SiO ₂	10,04	340,06
												18 Jam	289
												43 Jam	175
												72 Jam	15
(Rakhmasari dkk., 2019)	Limbah Geothermal 10 gram	NaOH	1,5 N	HCl 2 N	-	18 Jam	25	Oven	120 dan 400	6 Jam dan 3 Jam	SiO ₂	2924	-
												0,1% ABS	2901
												0,2% ABS	2045
												0,4% ABS	296,7
(Stanley dan Nesaraj, 2014)	TEOS 99%	Etanol	-	Amonia	-	12 Jam	-	-	600	2 Jam	SiO ₂	468,2	-
												10% CTAB	608,6
												5% CTAB	315,8
												10% PVP	310,3
												5% PVP	495,2
3% SDS	390,1												
						2% SDS							