

SKRIPSI SARJANA TERAPAN
ANALISIS TERMAL *PHASE CHANGE MATERIAL* $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
BERBAHAN DASAR LIMBAH CANGKANG TELUR DENGAN
PENAMBAHAN $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ DAN KCl



Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur

Oleh:

HAFIDHOH TASYA

NIM: 1526422052

Intelligentia - Dignitas

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR**

2026

ABSTRAK

Kebutuhan sistem *thermal energy storage* (TES) yang efisien dan berkelanjutan, mendorong pengembangan *phase change material* (PCM) berbasis garam hidrat sebagai media penyimpanan energi termal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gugus fungsi, karakteristik struktur kristal, dan sifat termal kalsium klorida heksahidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) yang disintesis dari limbah cangkang telur dengan penambahan aditif $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KCl. Proses preparasi sampel diawali dengan pengolahan cangkang telur menjadi bubuk, kemudian disintesis secara bertahap menjadi $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, serta $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang dimodifikasi menggunakan 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl. Karakterisasi material dilakukan menggunakan metode *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR), *X-ray diffraction* (XRD), dan *differential scanning calorimetry* (DSC). Hasil FTIR mengonfirmasi keberadaan gugus karbonat pada bubuk cangkang telur serta molekul air kristal pada $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, serta $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang dimodifikasi menggunakan 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl. Analisis XRD menunjukkan bahwa bubuk cangkang telur dan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ memiliki pola difraksi yang sesuai dengan referensi masing-masing. Pada sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang dimodifikasi menggunakan 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl, fase $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ tetap teridentifikasi sebagai fase dominan dengan kemunculan fase stabil $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebagai fase minor. Hasil pengujian DSC menunjukkan puncak endotermik utama pada suhu 27,9 °C dan puncak endotermik kedua pada sekitar 44,4 °C yang berkaitan dengan fenomena *incongruent melting*, dengan total entalpi sebesar 99,59 J/g. Dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu, penambahan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KCl menunjukkan kecenderungan meningkatkan entalpi pada puncak pertama serta mengurangi kontribusi entalpi pada puncak kedua yang berkaitan dengan pembentukan fase $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa kedua aditif berpotensi meningkatkan stabilitas termal sistem PCM berbasis $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Kata kunci: $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Cangkang telur, KCl, *Phase Change Material*, $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

ABSTRACT

The need for an efficient and sustainable thermal energy storage (TES) system drives the development of phase change materials (PCM) based on hydrated salts as a medium for thermal energy storage. This research aims to analyse the functional groups, crystal structure characteristics, and thermal properties of hexahydrate calcium chloride ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) synthesised from chicken egg shell waste with the addition of $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and KCl additives. The sample preparation process began with the processing of chicken egg shells into powder, which was then gradually synthesised into $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, and $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ modified with 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and 5 wt.% KCl. Material characterisation was conducted using Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD), and differential scanning calorimetry (DSC) methods. FTIR results confirmed the presence of carbonate groups in the chicken egg shell powder and water molecules in $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, and $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ modified with 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and 5 wt.% KCl. XRD analysis showed that the chicken egg shell powder and $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ had diffraction patterns corresponding to their respective references. In the $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sample modified with 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and 5 wt.% KCl, the $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ phase remained identified as the dominant phase, with the stable $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ phase appearing as a minor phase. The DSC test results show a main endothermic peak at a temperature of 27.9 °C and a second endothermic peak at around 44.4 °C, which are related to the phenomenon of incongruent melting, with a total enthalpy of 99.59 J/g. Compared to previous research results, the addition of $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and KCl shows a tendency to increase the enthalpy at the first peak and reduce the enthalpy contribution at the second peak related to the formation of the $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ phase. These findings indicate that both additives have the potential to enhance the thermal stability of the $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -based PCM system.

Keywords: $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Eggshell, KCl, Phase Change Material, $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI SARJANA TERAPAN

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI SARJANA TERAPAN

Nama Mahasiswa : Hafidhoh Tasya
NIM : 1526422052
Program Studi/Fakultas : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa
Manufaktur/Teknik
Judul Penelitian : Analisis Termal *Phase Change Material*
 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Limbah Cangkang
Telur dengan Penambahan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KCl

Ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan *Lulus/Tidak Lulus* *. Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 22 Juli 2026

Pembimbing I Dr. Dyah Arum Wulandari, M.T.
NIDN. 0001087704

Pembimbing II Dr. Wardoyo, M.T.
NIDN. 0018087904

Ketua Lukman Arhami, S.Pd., M.T.
NIDN. 0003017903

Sekretaris Reza Febriano Armas, S.Pd., M.T.
NIDN. 0308029801

Penguji Ahli Ahmad Lubi, M.Pd., M.T.
NIDN. 0031018502

Mengetahui,
Dekan/Direktur
Fakultas Teknik

Koordinator Program
Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa
Manufaktur



Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si, Apt., M.Si.
NIDN. 0029027204

Dr. Wardoyo, M.T.
NIDN. 0018087904

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : Hafidhoh Tasya
NIM : 1526422052
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur
Fakultas : Teknik
Judul : Analisis Termal *Phase Change Material* $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Berbahan Dasar Limbah Cangkang Telur dengan
Penambahan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KCl

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.

Jakarta, 29 Juli 2026
Yang menyatakan,



(Hafidhoh Tasya)
NIM.1526422052

Intelligentia - Dignitas

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN
Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Hafidhoh Tasya
NIM : 1526422052
Fakultas/Prodi : Teknik/Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur
Alamat email : hafidhoh.tasyaa@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

'Analisis Termal *Phase Change Material* $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Limbah Cangkang Telur dengan Penambahan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KCl'

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 4 Agustus 2026

Penulis

(Hafidhoh Tasya)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Termal *Phase Change Material* $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Limbah Cangkang Telur dengan Penambahan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KCl ”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Rekayasa Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Ibu Dr. Dyah Arum Wulandari, M.T., selaku Dosen Pembimbing I, yang dengan penuh kesabaran telah membimbing, mengarahkan, serta memberikan berbagai masukan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Penulis sangat menghargai setiap waktu, perhatian, dan motivasi yang telah diberikan. Bimbingan dan motivasi tersebut tidak hanya membantu penulis dalam menyelesaikan aspek akademik, tetapi juga memberikan keyakinan dan semangat sehingga proses penyusunan skripsi dapat dilalui dengan baik.
2. Bapak Dr. Wardoyo, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, yang telah memberikan arahan, saran, serta dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan lancar.
3. Ibunda tercinta, Nenden Fauziah, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, dan semangat tanpa henti kepada penulis. Terima kasih atas setiap pengorbanan, perhatian, dan kepercayaan yang telah diberikan selama penulis menempuh pendidikan. Kehadiran Mama menjadi sumber kekuatan dan motivasi bagi penulis untuk terus berusaha, bangkit dalam setiap kesulitan, serta menyelesaikan pendidikan ini dengan penuh rasa syukur.
4. Ayahanda tercinta, Almarhum Jam-Jam yang semasa hidupnya senantiasa memberikan kasih sayang, doa, bimbingan, serta dukungan tanpa henti kepada penulis. Beliau merupakan sosok teladan yang dengan penuh

kesabaran menanamkan nilai-nilai kehidupan, semangat juang, dan keikhlasan, yang hingga kini terus menjadi pedoman dan sumber kekuatan bagi penulis dalam menempuh pendidikan hingga saat ini.

5. Saudaraku tersayang, Qori'ah Furqonia dan Farhan Wafa. Dukungan, perhatian, doa, serta semangat yang senantiasa diberikan baik secara moril maupun material, menjadi penyemangat bagi penulis dalam menempuh proses perkuliahan serta menyelesaikan pendidikan dengan sebaik-baiknya.
6. Seluruh dosen Teknologi Rekayasa Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, arahan, serta pengalaman akademik kepada penulis selama masa perkuliahan. Berbagai pembelajaran yang diberikan menjadi dasar yang sangat bermanfaat dalam penyusunan skripsi ini.
7. Sahabat penulis, Sabbrina Nurmalla, Nurul Dwi Andara, Tasya Rosita, Zasmin Sulhatul Cholis, dan Suryani yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis selama tujuh tahun terakhir. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, perhatian, serta semangat yang senantiasa diberikan. Kehadiran kalian telah menjadi sumber motivasi dan kekuatan bagi penulis dalam menghadapi berbagai tantangan hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan.
8. Keluarga besar Teknologi Rekayasa Manufaktur angkatan 2022, yang telah menjadi rekan seperjuangan selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, kerja sama, dukungan, serta berbagai pengalaman yang telah dibagikan.

Kritik dan saran sangat diharapkan untuk memperbaiki skripsi karena penulis menyadari bahwa itu masih jauh dari kata sempurna. Semoga pembaca mendapatkan manfaat dari skripsi ini dan membantu pengembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, 22 Juli 2026

Penulis



Hafidhoh Tasya

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	vix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
NOMENLAKTUR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kegunaan Penelitian	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Energi	4
2.2 <i>Thermal Energy Storage</i> (TES)	5
2.3 <i>Phase Change Material</i> (PCM)	9
2.3.1 Klasifikasi PCM	12
2.4 PCM Garam Hidrat	14
2.5 PCM $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	16
2.5.1 <i>Incongruent Melting</i>	17
2.6 Modifikasi PCM dengan Aditif	18
2.6.1 Peran $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebagai <i>Nucleating Agent</i>	18
2.6.2 Peran KCl sebagai <i>Stabilizer</i>	18
2.7 Metode Karakterisasi PCM	19
2.7.1 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	19
2.7.2 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	20
2.7.3 <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	21
2.8 Cangkang telur sebagai bahan baku CaCO_3	22

2.9 Penelitian Relevan.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2 Alat dan Bahan.....	26
3.3 Metode Penelitian.....	28
3.4 Rancangan Penelitian.....	29
3.4.1 Studi Literatur.....	30
3.4.2 Pembuatan Bubuk Cangkang telur	30
3.4.3 Pembuatan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	31
3.4.4 Pembuatan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	33
3.4.5 Penambahan Zat Aditif	34
3.4.6 Karakterisasi Sampel	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Hasil Persiapan dan Sintesis Sampel.....	37
4.2 Hasil Karakterisasi Gugus Fungsi (FTIR)	37
4.2.1 Hasil FTIR pada Bubuk Cangkang telur	38
4.2.2 Hasil FTIR $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	41
4.2.3 Hasil FTIR $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	43
4.2.4 Hasil FTIR $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KCl	44
4.3 Hasil Karakterisasi Struktur Kristal (XRD)	46
4.3.1 Hasil XRD pada Bubuk Cangkang telur.....	47
4.3.2 Hasil XRD $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	48
4.3.3 Hasil XRD $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KCl	49
4.4 Hasil Sifat Termal (DSC)	52
4.5 Pembahasan.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN.....	77
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan TES Berdasarkan Material dan Aplikasi.....	6
Tabel 2.2	Perbedaan Konsentrasi HCl pada CaCl_2 Cangkang Telur	24
Tabel 2.3	Persentase Hasil CaCl_2 Cangkang Telur	24
Tabel 2.4	Hasil 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl melalui DSC dan <i>T-history</i>	25
Tabel 3.1	Jadwal Kegiatan.....	26
Tabel 3.2	Alat dan Bahan.....	27
Tabel 3.3	Kondisi Parameter XRD	36
Tabel 3.4	Kondisi Parameter DSC.....	36
Tabel 4.1	Interpretasi Spektrum FTIR Bubuk Cangkang telur.....	38
Tabel 4.2	Perbandingan dan interpretasi pita serapan bubuk cangkang telur dengan referensi literatur.....	39
Tabel 4.3	Interpretasi Spektrum FTIR $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	41
Tabel 4.4	Perbandingan dan interpretasi pita serapan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan referensi literatur	41
Tabel 4.5	Interpretasi Spektrum FTIR $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	43
Tabel 4.6	Perbandingan dan interpretasi pita serapan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan referensi literatur	43
Tabel 4.7	Interpretasi Spektrum FTIR $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl.....	44
Tabel 4.8	Perbandingan dan interpretasi pita serapan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl dengan referensi literatur.....	45
Tabel 4.9	Kesesuaian Posisi Puncak Difraksi (2θ) Sampel Bubuk Cangkang telur terhadap Data Referensi COD pada Kalsium Karbonat.....	47
Tabel 4.10	Kesesuaian Posisi Puncak Difraksi (2θ) Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ terhadap Data Referensi COD $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -murni	48
Tabel 4.11	Kesesuaian Posisi Puncak Difraksi (2θ) Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl terhadap	

	Data Referensi COD pada $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KCl murni	49
Tabel 4.12	Kesesuaian Posisi Puncak Difraksi (2θ) Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl terhadap Data Referensi COD pada $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ murni	51



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi <i>Energy Storage System</i>	4
Gambar 2.2	Klasifikasi Sistem TES	6
Gambar 2.3	Kriteria dan Sifat Utama PCM	12
Gambar 2.4	Klasifikasi PCM	12
Gambar 2.5	Pemisahan Fase $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Menjadi $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	17
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2	Proses Pembuatan Bubuk Cangkang telur.....	31
Gambar 3.3	Proses Pembuatan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	32
Gambar 3.4	Proses Pembuatan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	33
Gambar 3.5	Proses Penambahan Zat Aditif.....	35
Gambar 4.1	Hasil Persiapan dan Sintesis Sampel.....	37
Gambar 4.2	Interpretasi Spektrum FTIR Bubuk Cangkang telur	38
Gambar 4.3	Interpretasi Spektrum FTIR $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	41
Gambar 4.4	Interpretasi Spektrum FTIR $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	43
Gambar 4.5	Interpretasi Spektrum FTIR $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl	44
Gambar 4.6	Difraktogram XRD Bubuk Cangkang telur (Biru) dan Referensi COD (Merah) Kalsium Karbonat.....	47
Gambar 4.7	Difraktogram XRD $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Biru) dan Referensi COD (Merah) $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ murni	48
Gambar 4.8	Difraktogram XRD $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl (Biru) dan Referensi COD (Merah) $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan KCl murni.....	49
Gambar 4.9	Difraktogram XRD $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl (Biru) dan Referensi COD (Merah) $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ murni	50
Gambar 4.10	Grafik DSC $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl	52
Gambar 4.11	Perbandingan Hasil DSC	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan Stoikiometri dalam Sintesis $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	77
Lampiran 2	Perhitungan Stoikiometri dalam Sintesis $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	78
Lampiran 3	Perhitungan Teoritis Komposisi Campuran $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Aditif 2 wt.% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 5 wt.% KCl	79
Lampiran 4	Laporan Pengesahan Layanan Analisis FTIR.....	80
Lampiran 5	Laporan Pengesahan Layanan Analisis XRD.....	82
Lampiran 6	Laporan Pengesahan Layanan Analisis DSC	83
Lampiran 7	Hasil Pengujian Analisis XRD	84
Lampiran 8	Hasil Pengujian Analisis DSC	95
Lampiran 9	Hasil Uji Turnitin.....	97



Intelligentia - Dignitas

NOMENLAKTUR

Daftar ini memuat simbol dan satuan, serta singkatan istilah teknis yang digunakan dalam skripsi ini beserta definisi dan satuannya:

1. Simbol dan Satuan

Simbol	Keterangan	Satuan
Ca	Kalsium	-
CaCl ₂	Kalsium klorida	-
CaCl ₂ ·2H ₂ O	Kalsium klorida dihidrat	-
CaCl ₂ ·4H ₂ O	Kalsium klorida tetrahidrat	-
CaCl ₂ ·6H ₂ O	Kalsium klorida hexahidrat	-
CaCO ₃	Kalsium karbonat	-
C _p	Kapasitas panas spesifik tekanan konstan	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
C _{p1}	Kapasitas panas spesifik T ₁ - T _m	$\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
C _{p2}	Kapasitas panas spesifik T _m - T ₂	$\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Cl	Klorin	-
d	Jarak antar bidang kristal	-
H	Hidrogen	-
HCl	Asam klorida	-
H _f	Panas lebur	J/kg
H ₂ O	Dihidrogen monoksida	-
K	Kalium	-
KCl	Kalium klorida	-
L	Panas laten spesifik	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
m	Massa	kg
n	Molekul air dan molekul garam	-
N ₂	Gas nitrogen	-
O	Oksigen	-
Q	Kapasitas panas	kJ
Sr	Stronsium	-
SrCl ₂ ·6H ₂ O	Stronsium klorida hexahidat	-
T _{endset}	Temperatur akhir transisi	$^\circ\text{C}$
T _m	Temperatur lebur	$^\circ\text{C}$
T _{onset}	Temperatur awal transisi	$^\circ\text{C}$
T _{peak}	Temperatur puncak transisi	$^\circ\text{C}$
T ₁	Temperatur awal	K
T ₂	Temperatu akhir	$^\circ\text{C}$
V	Volume penyimpanan termal	m^3
wt. %	Persentase berat	-
ΔH	Enthalpi perubahan fasa	-
ΔT	Variasi suhu	$^\circ\text{C}$
λ	Lambda, panjang gelombang	$\text{\AA}$
ν	Bilangan gelombang	cm^{-1}
ρ	Densitas	kg/m^3
θ	Sudut bragg	$^\circ$
2θ	2 Theta, sudut difraksi	$^\circ$

2. Singkatan

Singkatan	Keterangan
BRIN	Badan Riset dan Inovasi Nasional
COD	<i>Crystallography open database</i> (Basis data kristalografi terbuka)
DSC	<i>Differential scanning calorimetry</i> (Kalorimetri pindai diferensial)
FTIR	<i>Fourier transform infrared spectroscopy</i> (Spektroskopi inframerah transformasi fourier)
HVAC	<i>Heating, Ventilation, and Air Conditioning</i> (Sistem Pemanas, Ventilasi, dan Pengkondisian Udara)
LHS	<i>Latent heat storage</i> (Penyimpanan panas laten)
PCM	<i>Phase change material</i> (Material perubahan fasa)
SHS	<i>Sensible heat storage</i> (Penyimpanan panas sensibel)
TCS	<i>Thermochemical heat storage</i> (Penyimpanan panas termokimia)
TES	<i>Thermal energy storage</i> (Penyimpanan energi termal)
XRD	<i>X-ray Diffraction</i> (Difraksi Sinar-X)

Intelligentia - Dignitas