

SKRIPSI SARJANA TERAPAN

ANALISIS TERMAL *PHASE CHANGE MATERIAL* $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

BERBAHAN DASAR LIMBAH CANGKANG TELUR AYAM

DENGAN PENAMBAHAN $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - CMC



Intelligentia - Dignitas

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

Oleh :

VIDYA EKSA PUTRI HILDA

NIM : 1526422001

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN

TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR

TAHUN 2026

ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan energi telah mendorong pengembangan sistem *Thermal Energy Storage* (TES) yang efisien dengan menggunakan kalsium klorida heksahidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) sebagai *Phase Change Material* (PCM). Bahan ini memiliki kapasitas penyimpanan energi termal yang baik, meskipun menghadapi tantangan seperti *supercooling* dan pemisahan fase. Penelitian ini berfokus pada sintesis dan karakteristik dari $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ berbahan limbah cangkang telur ayam menggunakan 5% HCl. Selanjutnya, 20wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dicampurkan dengan hasil sintesis $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ untuk memperoleh campuran eutektik dengan menyesuaikan suhu transisi fasa sesuai kenyamanan termal di dalam bangunan. 1wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ditambahkan untuk menekan fenomena *supercooling* pada campuran eutektik. Kombinasi dengan 0,5wt% CMC digunakan untuk mengatasi pemisahan fase. Analisis FTIR dan XRD mengonfirmasi tahapan sintesis material berbasis cangkang telur ayam identik dengan parameter referensi. Hasil FTIR menunjukkan munculnya puncak serapan khas yang berkesesuaian dengan struktur molekul kalsium karbonat pada bahan baku, serta keberadaan pita O-H dan kalsium klorida pada fase $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Sementara itu, data XRD menunjukkan pola difraksi yang identik dengan parameter referensi, menegaskan bahwa material yang terbentuk memiliki kristalinitas tinggi dan minim pengotor. Pengujian termal menggunakan DSC menunjukkan bahwa material hasil sintesis memiliki titik leleh puncak sebesar $26,3^\circ\text{C}$, yang sesuai untuk aplikasi kenyamanan termal pada dinding bangunan sekitar 22°C – 26°C . Meskipun terdapat sedikit penurunan entalpi menjadi 109,3 J/g dibandingkan material standar *laboratory grade* 123,13 J/g akibat pengaruh viskositas CMC dan tingkat kemurnian bahan baku. Menariknya, penurunan entalpi tersebut lebih efisien dibandingkan material *technical grade* komersial. Hasil ini membuktikan bahwa cangkang telur ayam berpotensi efektif dan ekonomis untuk pengembangan PCM berkelanjutan di masa depan.

Kata Kunci : $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, cangkang telur ayam, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, *phase change material* (PCM), titik leleh

ABSTRACT

Increasing energy needs have driven the development of efficient Thermal Energy Storage (TES) using calcium chloride hexahydrate ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) as a Phase Change Material (PCM). This material has good thermal energy storage capacity, although it faces challenges such as supercooling and phase separation. This study examines the synthesis and characteristics of $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ from chicken eggshell waste using 5% HCl. Next, 20 wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ was mixed with the synthesized $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ to obtain a eutectic mixture, adjusting the phase transition temperature to ensure thermal comfort inside the building. 1 wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ was added to suppress supercooling in the eutectic mixture. A combination with 0.5 wt% CMC was used to prevent phase separation. FTIR and XRD analyses confirmed that the synthesis stages of the chicken eggshell-based material were identical to the reference parameters. The FTIR results showed the appearance of characteristic absorption peaks consistent with the molecular structure of calcium carbonate in the raw material, as well as the presence of O-H and calcium chloride bands in the $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ phases. Meanwhile, XRD data showed a diffraction pattern identical to the reference parameters, confirming that the resulting material has high crystallinity and minimal impurities. Thermal testing using DSC showed that the synthesized material has a peak melting point of 26.3°C , which is suitable for thermal comfort applications in building walls at temperatures around 22°C – 26°C . Although there was a slight decrease in enthalpy to 109.3 J/g compared to the standard laboratory-grade material's 123.13 J/g due to the influence of CMC viscosity and the purity level of the raw materials, it is interesting to note that this enthalpy reduction is more efficient than that of commercial technical-grade materials. These results demonstrate that chicken eggshells have the potential to be an effective and economical material for the future development of sustainable PCMs.

Keywords: $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, chicken eggshells, melting point, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, phase change material (PCM)

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI SARJANA TERAPAN

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI SARJANA TERAPAN

Nama Mahasiswa : Vidya Eksa Putri Hilda
NIM : 1526422001
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 Ayam dengan Penambahan $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ –
 $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – CMC

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 Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.
NIDN. 0013108305

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

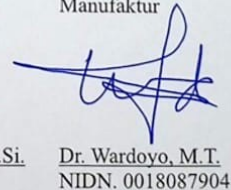
Penguji Ahli Ahmad Lubi, M.Pd., M.T.
NIDN. 0031018502

Mengetahui,
Dekan/Direktur
Fakultas Teknik



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

Koordinator Program
Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa
Manufaktur


Dr. Wardoyo, M.T.
NIDN. 0018087904

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : Vidya Eksa Putri Hilda
NIM : 1526422001
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa
Manufaktur
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Analisis Termal *Phase Change Material* $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Limbah Cangkang Telur Ayam dengan Penambahan $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – CMC

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,



Vidya Eksa Putri Hilda
NIM 1526422001

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 : Vidya Eksa Putri Hilda
NIM : 1526422001
Fakultas/Prodi : Teknik / DA - Teknologi Rekayasa Manufaktur
Alamat email : vidyaeksa15@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 Ayam dengan Penambahan $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - CNC

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

Penulis


(Vidya Eksa Putri Hilda)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, 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 Ayam dengan Penambahan $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – CMC”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Pada kesempatan ini, Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak yang telah membantu dan mendukung selama proses hingga penyusunan skripsi ini kepada :

1. Ibu Dr. Dyah Arum Wulandari, M.T., selaku Dosen Pembimbing - 1 yang senantiasa memberikan arahan dan membimbing kepada Penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Wardoyo, M.T., selaku Dosen Pembimbing - 2 yang senantiasa memberikan arahan, bimbingannya dan juga selaku Koordinator Program Studi Str Teknologi Rekayasa Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
3. Bapak Hidayat dan Ibu Ida Farida selaku Orang Tua Penulis atas doa yang tidak pernah putus, kasih sayang yang tulus, serta pengorbanan luar biasa baik secara moril maupun materil yang menjadi kekuatan terbesar bagi penulis dalam perjalanan studi ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta Laboran Program Studi Str Teknologi Rekayasa Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya.
5. Keluarga besar Teknologi Rekayasa Manufaktur angkatan 2022 yang memberi dukungan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi pada semester 8 ini.
6. Bapak Andi Sagita Maulana atas kebaikan dan kemurahannya dalam memfasilitasi kebutuhan sarana pendukung hingga skripsi ini dapat tersusun dalam bentuk fisik dengan baik.

7. Seluruh pihak yang telah menunjang penulis dalam proses penyusunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis dengan segala kerendahan hati menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Kekurangan ini tentu tidak terlepas dari keterbatasan pengetahuan, pengalaman, dan kemampuan Penulis dalam menyusun skripsi ini. Harapan terbesar Penulis adalah agar skripsi ini dapat menjadi salah satu referensi yang bermanfaat, meskipun sederhana, untuk keperluan akademik, profesional, maupun praktis di masa depan.

Jakarta, 22 Juli 2026

Penyusun,



Vidya Eksa Putri Hilda

NIM : 1526422001



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK : SKRIPSI SARJANA TERAPAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA.....	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
NOMENKLATUR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Thermal Energy Storage</i> (TES).....	6
2.2 <i>Phase Change Material</i> (PCM)	8
2.2.1 Klasifikasi PCM.....	8
2.2.2 Kriteria pemilihan PCM.....	10
2.3 PCM Garam Hidrat	11
2.4 PCM Kalsium klorida heksahidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).....	12
2.5 PCM $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan Penambahan Zat Aditif.....	12
2.5.1 Magnesium Klorida Heksahidrat ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).....	12

2.5.2 Stronsium Klorida Heksahidrat ($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	13
2.5.3 <i>Carboxy Methyl Cellulose</i> (CMC)	14
2.6 Limbah Cangkang Telur Ayam.....	14
2.7 PCM $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Cangkang Telur Ayam dengan Penambahan 20wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 1wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.5wt% <i>Carboxy methyl cellulose</i> (CMC)	15
2.8 Karakterisasi Material	16
2.8.1 Karakterisasi Material menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	16
2.8.2 Karakterisasi Material menggunakan <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	18
2.8.3 Karakterisasi Sifat Termal Material menggunakan <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC).....	19
2.9 Penelitian Relevan.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.2.1 Alat	23
3.2.2 Bahan	24
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.4 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	26
3.4.1 Studi Pustaka.....	26
3.4.2 Pembuatan Bubuk Cangkang Telur Ayam.....	27
3.4.3 Pembuatan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -telur.....	28
3.4.4 Pembuatan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -telur.....	29
3.4.5 Pembuatan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -telur - 20wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 1wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.5wt% <i>Carboxy methyl cellulose</i> (CMC)	30
3.5 Karakterisasi Material	31

3.5.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	31
3.5.2 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	31
3.5.3 <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	32
BAB IV HASIL PENELITIAN	33
4.1 Hasil Persiapan, Ekstraksi dan Sintesis Sampel.....	33
4.2 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	34
4.2.1 Hasil Karakterisasi FTIR pada Bubuk Cangkang Telur Ayam.....	34
4.2.2 Hasil Karakterisasi FTIR pada $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -Telur.....	38
4.2.3 Hasil Karakterisasi FTIR pada $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -Telur.....	39
4.2.4 Hasil Karakterisasi FTIR pada $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -telur - 20wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 1wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.5wt% <i>Carboxy methyl cellulose</i> (CMC).....	41
4.3 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	44
4.3.1 Hasil Karakterisasi XRD pada Bubuk Cangkang Telur Ayam.....	44
4.3.2 Hasil Karakterisasi XRD pada $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -Telur.....	47
4.4 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	48
4.4.1 Hasil Karakterisasi DSC pada $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -telur - 20wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 1wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.5wt% <i>Carboxy methyl cellulose</i> (CMC).....	48
4.5 Pembahasan.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	66
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik perubahan fase campuran $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan fraksi massa $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang berbeda	13
Tabel 2.2 Lokasi puncak $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pada plot XRD.....	21
Tabel 4.1 Peak Spektrum IR sampel bubuk cangkang telur ayam.....	34
Tabel 4.2 Perkiraan rentang frekuensi IR dari empat mode getaran dasar karbonat	36
Tabel 4. 3 Peak Spektrum IR Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Cangkang Telur	38
Tabel 4. 4 Peak Spektrum IR Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Cangkang Telur	39
Tabel 4. 5 Peak Spektrum IR Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Cangkang Telur dengan Penambahan 20wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 1wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.5wt% <i>Carboxy methyl cellulose</i> (CMC)	41
Tabel 4. 6 Data Spektrum IR Sampel dan Pembanding Referensi.....	42
Tabel 4.7 Perbandingan Puncak Tertinggi 2 <i>Theta</i> Sampel Bubuk Cangkang Telur Ayam dan Kalsium Karbonat oleh Wyckoff (1920) dari Referensi COD.....	45
Tabel 4. 8 Perbandingan 2θ antara sampel bubuk cangkang telur ayam, bubuk cangkang telur tanpa membran milik Silva et al. (2026) serta bubuk cangkang telur dengan membran milik Kiryakova dan Kolchakova (2023)	46
Tabel 4. 9 Perbandingan Puncak Tertinggi 2 <i>Theta</i> Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -Telur dan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Murni Oleh Leclaire & Borel (1977) dari Referensi COD.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi umum dan sifat termofisik PCM	9
Gambar 2. 2 Skema diagram sistem difraktometer	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Proses Pembuatan Bubuk Cangkang Telur Ayam	27
Gambar 3. 3 Proses Pembuatan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -telur.....	28
Gambar 3. 4 Proses pembuatan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -telur	29
Gambar 3. 5 Proses pembuatan campuran $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -telur - 20wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 1wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 0.5wt% <i>Carboxy methyl cellulose</i> (CMC):.....	30
Gambar 4.1 Hasil Pembuatan Sampel.....	33
Gambar 4.2 Spektrum IR sampel bubuk cangkang telur ayam.....	34
Gambar 4. 3 Spektrum IR Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Cangkang Telur.....	38
Gambar 4. 4 Spektrum IR Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Cangkang Telur	39
Gambar 4. 5 Spektrum IR Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Berbahan Dasar Cangkang Telur dengan Penambahan 20wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 1wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.5wt% <i>Carboxy methyl cellulose</i> (CMC).....	41
Gambar 4.6 Difraktogram Sampel Bubuk Cangkang Telur Ayam (Bawah) dan Referensi COD untuk Kalsium karbonat (Atas) oleh Wyckoff (1920).....	45
Gambar 4. 7 Difaktogram Sampel $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -Telur (Bawah) dan Referensi COD untuk $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Murni Atas Oleh Leclaire & Borel (1977)	47
Gambar 4. 8 Kurva Pelelehan DSC $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -telur - 20wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 1wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.5wt% <i>Carboxy methyl cellulose</i> (CMC).....	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Pembuatan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -telur dengan rasio 1:15 (w/v) antara bubuk cangkang telur dengan HCL 5%.....	66
Lampiran 2 Perhitungan stoikiometri dalam sintesis $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -telur.....	67
Lampiran 3 Perhitungan stoikiometri campuran $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 20wt% $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 1wt% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.5wt% <i>Carboxy methyl cellulose</i> (CMC).....	70
Lampiran 4 Hasil Pengujian Semua Sampel.....	71

NOMENKLATUR

Berikut ini merupakan simbol-simbol, rumus kimia dan singkatan yang digunakan untuk skripsi ini :

1. Simbol-Simbol

No.	Simbol	Keterangan	Satuan
1.	T_{m-o}	Suhu mulai peleburan	$^{\circ}\text{C}$
2.	T_m	Suhu peleburan	$^{\circ}\text{C}$
3.	T_{m-p}	Suhu puncak peleburan	$^{\circ}\text{C}$
4.	H_m	Panas laten	J/g atau kJ/g
5.	θ	Theta, sudut difraksi	$^{\circ}$ (derajat)
6.	λ	Lambda, Panjang gelombang	cm
7.	ν	Nu, frekuensi gelombang	Hz

2. Rumus Kimia

No.	Rumus Kimia	Keterangan
1.	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Kalsium klorida heksahidrat
2.	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Magnesium klorida heksahidrat
3.	$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Stronsium klorida heksahidrat
4.	CaCO_3	Kalsium karbonat
5.	CO_2	Karbon dioksida
6.	CO_3^{2-}	Gugus Karbonat

3. Singkatan

No.	Singkatan	Keterangan
1.	wt%	<i>Weight percent</i> , persentase berat
2.	TES	<i>Thermal Energy Storage</i>
3.	NZE	<i>Net Zero Emission</i>
4.	HVAC	<i>Heating, ventilation and air conditioning</i>
5.	PCM	<i>phase change material</i>
6.	SHS	<i>sensible heat storage</i>
7.	LHS	<i>Latent heat storage</i>

8.	TCS	<i>thermochemical heat storage</i>
9.	XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
10.	DSC	<i>Differential Scanning Calorimetry</i>
11.	FTIR	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>