

# ADSORPSI ION LOGAM BERAT NIKEL (II) MENGUNAKAN ADSORBEN CANGKANG TELUR

**ICE 410 - Penelitian**

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar  
sarjana di bidang Ilmu Teknik Kimia

oleh :

**Novitri Daulay (2013620042)**



Pembimbing :

**Arenst Andreas, S.T., S.Si, MSc., Ph.D**

**Hans Kristianto, S.T., M.T.**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2017**

No. Angk	TK DAU a/17
Tanggal	18 Januari 2018
No. Ind	4271-FTI/skp 35016
Divisi	
Hadiah	
Dari	FTI



## LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : ADSORPSI ION LOGAM BERAT NIKEL (II) MENGGUNAKAN  
ADSORBEN CANGKANG TELUR**

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 7 Agustus 2017

Pembimbing Pertama

Arenst Andreas, S.T., S.Si., MSc., Ph.D

Pembimbing Kedua

Hans Kristianto, S.T., M.T.



Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Katolik Parahyangan

### **SURAT PERNYATAAN**

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Novitri Daulay

NPM : 2013620042

dengan ini menyatakan bahwa Laporan Penelitian dengan judul:

#### **ADSORPSI ION LOGAM BERAT NIKEL (II) MENGGUNAKAN ADSORBEN CANGKANG TELUR**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, materi atau sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

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

Bandung, 7 Agustus 2017

Novitri Daulay

(2013620042)



**LEMBAR REVISI**

**JUDUL : ADSORPSI ION LOGAM BERAT NIKEL (II) MENGGUNAKAN  
ADSORBEN CANGKANG TELUR**

**CATATAN:**

**Telah diperiksa dan disetujui,**

**Bandung, 8 Agustus 2017**

**Penguji**

**Yansen Hartanto, S.T., M.T.**

**Penguji**

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





## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya, sehingga laporan proposal penelitian yang berjudul “Adsorpsi Ion Logam Berat Nikel (II) Menggunakan Adsorben Cangkang Telur” dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah ICE 410 – Penelitian, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapat bimbingan, pengarahan, dukungan, dan bantuan informasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam menyusun laporan proposal / penelitian, terutama kepada:

1. Arenst Andreas, S.T., S.Si., MSc., Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta saran selama penyusunan proposal penelitian ini.
2. Hans Kristianto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta saran selama penyusunan proposal penelitian ini.
3. Orang tua dan segenap keluarga yang setia memberikan dukungan serta motivasi baik secara moril maupun materiil.
4. Sahabat- sahabat yang telah memberi masukan, dukungan dan semangat kepada penulis.
5. Semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung ikut membantu dalam penyusunan proposal penelitian ini sehingga selesai tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan proposal penelitian ini karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Dengan demikian, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran sebagai bahan perbaikan dalam penyusunan laporan berikutnya. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih atas perhatian pembaca.

Bandung, 7 Agustus 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

COVER DALAM.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiv
INTISARI.....	xviii
ABSTRACT .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah .....	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Premis .....	3
1.5 Hipotesis .....	3
1.6 Tujuan Penelitian.....	4
1.7 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Telur.....	5
2.2 Anatomi Telur.....	5
2.2.1 Kuning Telur .....	6
2.2.2 Putih Telur / <i>Albumen</i> .....	6
2.2.3 Lapisan Membran.....	7
2.2.4 Lapisan Pelindung / Cangkang Telur .....	7
2.3 Cangkang Telur .....	8
2.3.1 Kalsinasi Cangkang Telur .....	9
2.3.2 Analisa Kalsinasi Cangkang Telur .....	9
2.4 Logam Berat .....	11

2.4.1	Logam Berat Nikel .....	12
2.4.2	Metode untuk Menghilangkan Kandungan Logam Berat.....	15
2.5	Adsorpsi.....	17
2.5.1	Pengertian Adsorpsi .....	17
2.5.2	Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia .....	18
2.5.3	Mekanisme Adsorpsi.....	19
2.5.4	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi .....	20
2.5.5	Keseimbangan Adsorpsi.....	21
2.5.3	Model Kinetika Adsorpsi .....	24
2.6	Adsorben.....	26
2.7	Analisa Kadar Ion Logam Berat Nikel (II).....	26
2.8	Adsorpsi Ion Logam Berat Nikel (II) dengan Cangkang Telur.....	28
2.8.1	Mekanisme Adsorpsi Ion Logam Berat dengan Cangkang Telur .....	28
2.8.2	Studi Literatur Adsorpsi Logam Berat dengan Cangkang Telur.....	29
<b>BAB III BAHAN DAN METODOLOGI KERJA.....</b>		<b>30</b>
3.1	Tahap-Tahap Penelitian .....	30
3.2	Bahan Baku dan Penunjang .....	31
3.3	Peralatan Utama dan Pendukung.....	32
3.3.1	Peralatan Utama dan Pendukung Tahap Kalsinasi Cangkang Telur.....	32
3.3.2	Peralatan Utama dan Pendukung Tahap Adsorpsi Logam Berat Nikel (Ni <sup>2+</sup> ) 32	
3.4	Prosedur Percobaan .....	32
3.4.1	<i>Pre-Treatment</i> Cangkang Telur .....	32
3.4.2	Kalsinasi Cangkang Telur .....	33
3.4.3	Pembuatan Larutan Alkaline Dimetilglioksim 1% .....	33
3.4.4	Pembuatan Larutan Induk Ion Logam Berat Ni <sup>2+</sup> .....	34
3.4.5	Pembuatan Larutan NaOH 5 N .....	34
3.4.6	Pembuatan Pottasium Persulfat 5% .....	35
3.4.7	Pembuatan Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 2 N.....	35
3.4.8	Pembuatan Larutan Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> 20%.....	35
3.4.9	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	36
3.4.10	Pembuatan Kurva Standar.....	36
3.4.11	Adsorpsi Larutan Logam Berat dengan Cangkang Telur yang Dikalsinasi.....	37

3.5. Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	41
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1 Karakteristik Adsorben Cangkang Telur.....	42
4.1.1 Analisa <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	43
4.1.2 Analisa <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dan <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> (EDS).....	44
4.2 Pembutan Kurva Standar Larutan Ion Logam Berat Nikel (II).....	45
4.3 Adsorpsi Ion Logam Berat Nikel (II) dengan Variasi Konsentrasi Awal.....	46
4.3.1 Penentuan % <i>Removal</i> dan Model Isotermal Adsorpsi.....	46
4.3.2 Model Kinetika Adsorpsi dengan Variasi Konsentrasi Awal.....	50
4.4 Adsorpsi Ion Logam Berat Nikel (.....)	54
4.4.1 Penentuan % <i>Removal</i> .....	54
4.4.2. Penentuan Model Kinetika Adsorpsi.....	55
4.5 Adsorpsi Logam Berat Nikel ( $\text{Ni}^{2+}$ ) dengan Variasi Temperatur.....	56
4.5.1. Penentuan % <i>Removal</i> .....	56
4.5.2 Penentuan Model Kinetika Adsorpsi.....	57
4.6 Perbandingan Hasil Penelitian.....	58
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>60</b>
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>62</b>
LAMPIRAN A.....	69
LAMPIRAN B.....	75
LAMPIRAN C.....	110
LAMPIRAN D.....	151



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Struktur telur (Britannica, 2016).....	6
<b>Gambar 2.2</b> Struktur cangkang telur (Roth, 2012) .....	8
<b>Gambar 2.3</b> Struktur senyawa Dimetilglioksim (Sigma Aldrich, 2016) .....	14
<b>Gambar 2.4</b> Teori adsorpsi (Worch, 2012).....	18
<b>Gambar 2.5</b> Mekanisme Adsorpsi (Noble & Terry, 2004).....	20
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Pre-treatment Cangkang Telur .....	33
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Kalsinasi Cangkang Telur .....	33
<b>Gambar 3.3</b> Diagram Alir Pembuatan Larutan Dimetilglioksim.....	34
<b>Gambar 3.4</b> Diagram Alir Pembuatan Larutan Logam Nikel.....	34
<b>Gambar 3.5</b> Diagram Alir Pembuatan Larutan NaOH 5 N.....	35
<b>Gambar 3.6</b> Diagram Alir Pembuatan K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> 5%.....	35
<b>Gambar 4.1</b> Adsorben Cangkang Telur (a) Tanpa Kalsinasi (b) Dengan Kalsinasi.....	42
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Analisa FTIR pada Adsorben Cangkang Telur .....	43
<b>Gambar 4.3</b> Hasil Analisa SEM Cangkang Telur (a) Tanpa Kalsinasi (b) Dengan Kalsinasi .....	44
<b>Gambar 4.4</b> Perubahan Warna Larutan Ion Logam Nikel (II) yang Telah Terbentuk Kompleks dengan Dimetilglioksim (100 s/d 5ppm, blanko ) .....	46
<b>Gambar 4.5</b> Pengaruh Konsentrasi Awal Terhadap % Removal.....	46
<b>Gambar 4.6</b> Perbedaan Model Kinetika Adsorpsi untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi.....	48
<b>Gambar 4.7</b> Perbedaan Model Kinetika Adsorpsi untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .....	48
<b>Gambar 4.8</b> Profil Konsentrasi Terhadap Waktu untuk Adsorben Cangkang Telur Setiap Variasi Konsentrasi Awal.....	50
<b>Gambar 4.9</b> Fenomena Kinetika Adsorpsi Pada 30 Menit Pertama .....	51
<b>Gambar 4.10</b> Perbandingan Model Kinetika Pseudo Orde Satu dan Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi 10ppm.....	53
<b>Gambar 4.11</b> Pengaruh pH Terhadap %removal pada Konsentrasi 10 ppm .....	54
<b>Gambar 4.12</b> Pengaruh pH Terhadap % removal pada Variasi Temperatur .....	57
<b>Gambar C.1</b> Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	110
<b>Gambar C.2</b> Grafik Kurva Standar Larutan Ion Logam Berat Nikel (II).....	110
<b>Gambar C.3</b> Grafik Fitting Isotermal Langmuir untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	111
<b>Gambar C.4</b> Perbandingan Model Langmuir dengan Data Percobaan untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	111
<b>Gambar C.5</b> Grafik Fitting Isotermal Freundlich untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	112
<b>Gambar C.6</b> Perbandingan Model Freundlich dengan Data Percobaan untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	112
<b>Gambar C.7</b> Grafik Fitting Isotermal Temkin untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	113
<b>Gambar C.8</b> Perbandingan Model Temkin dengan Data Percobaan untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	113

<b>Gambar C.9</b> Perbandingan Model Isotermal Adsorpsi dengan Data Percobaan untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal.....	114
<b>Gambar C.10</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Konsentrasi Awal 10 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	114
<b>Gambar C.11</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi Awal 10 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	115
<b>Gambar C.12</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 10 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .....	115
<b>Gambar C.13</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Konsentrasi Awal 20 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	116
<b>Gambar C.14</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi Awal 20 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	116
<b>Gambar C.15</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 20 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .....	117
<b>Gambar C.16</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Konsentrasi Awal 30 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	117
<b>Gambar C.17</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi Awal 30 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	118
<b>Gambar C.18</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 30 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .....	118
<b>Gambar C.19</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Konsentrasi Awal 50 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	119
<b>Gambar C.20</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi Awal 50 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	119
<b>Gambar C.21</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 50 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .....	120
<b>Gambar C.22</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Konsentrasi Awal 60 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	120
<b>Gambar C.23</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi Awal 60 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	121
<b>Gambar C.24</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 60 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .....	121
<b>Gambar C.25</b> Grafik Fitting Isotermal Langmuir untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	122
<b>Gambar C.26</b> Perbandingan Model Langmuir dengan Data Percobaan untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal.....	122
<b>Gambar C.27</b> Grafik Fitting Isotermal Freundlich untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal.....	123
<b>Gambar C.28</b> Perbandingan Model Freundlich dengan Data Percobaan untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal.....	123



<b>Gambar C.29</b> Grafik Fitting Isotermal Temkin untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	124
<b>Gambar C.30</b> Perbandingan Model Temkin dengan Data Percobaan untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	124
<b>Gambar C.31</b> Perbandingan Model Isotermal Adsorpsi dengan Data Percobaan untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	125
<b>Gambar C.32</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Konsentrasi Awal 10 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	125
<b>Gambar C.33</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi Awal 10 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	126
<b>Gambar C.34</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 10 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi.....	126
<b>Gambar C.35</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Konsentrasi Awal 20 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	127
<b>Gambar C.36</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi Awal 20 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	127
<b>Gambar C.37</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 20 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi.....	128
<b>Gambar C.38</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Konsentrasi Awal 30 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	128
<b>Gambar C.39</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi Awal 30 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	129
<b>Gambar C.40</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 30 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi.....	129
<b>Gambar C.41</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Konsentrasi Awal 50 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	130
<b>Gambar C.42</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi Awal 50 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	130
<b>Gambar C.43</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 50 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi.....	131
<b>Gambar C.44</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Konsentrasi Awal 60 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	131
<b>Gambar C.45</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Konsentrasi Awal 60 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	132
<b>Gambar C.46</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Konsentrasi Awal 60 ppm Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi.....	132
<b>Gambar C.47</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada pH 2 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	133
<b>Gambar C.48</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada pH 2 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	133

<b>Gambar C.49</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada pH 2 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	134
<b>Gambar C.50</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada pH 6 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	134
<b>Gambar C.51</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada pH 6 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	135
<b>Gambar C.52</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada pH 6 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	135
<b>Gambar C.53</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada pH 9 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	136
<b>Gambar C.54</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada pH 9 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	136
<b>Gambar C.55</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada pH 9 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	137
<b>Gambar C.56</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada pH 2 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	137
<b>Gambar C.57</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada pH 2 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	138
<b>Gambar C.58</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada pH 2 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	138
<b>Gambar C.59</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada pH 6 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	139
<b>Gambar C.60</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada pH 6 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	139
<b>Gambar C.61</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada pH 6 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	140
<b>Gambar C.62</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada pH 9 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	140
<b>Gambar C.63</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada pH 9 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	141
<b>Gambar C.64</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada pH 9 Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	141
<b>Gambar C.65</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Suhu 25°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	142
<b>Gambar C.66</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Suhu 25°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	142
<b>Gambar C.67</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Suhu 25°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi ..	143
<b>Gambar C.68</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Suhu 35°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	143
<b>Gambar C.69</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Suhu 35°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	144
<b>Gambar C.70</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Suhu 35°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .	144
<b>Gambar C.71</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Suhu 45°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	145

<b>Gambar C.72</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Suhu 45°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	145
<b>Gambar C.73</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Suhu 45°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .	146
<b>Gambar C.74</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Suhu 25°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	146
<b>Gambar C.75</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Suhu 25°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	147
<b>Gambar C.76</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Suhu 25°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi	147
<b>Gambar C.77</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Suhu 35°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	148
<b>Gambar C.78</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Suhu 35°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	148
<b>Gambar C.79</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Suhu 35°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi	149
<b>Gambar C.80</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Suhu 45°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	149
<b>Gambar C.81</b> Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Suhu 45°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	150
<b>Gambar C.82</b> Grafik Perbandingan Model Pseudo Orde Satu dan Dua dengan Data Percobaan pada Suhu 45°C Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi	150

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Adsorpsi Ion Logam Berat Nikel (II) dengan Adsorben Lain Sejenis pada berbagai kondisi .....	3
<b>Tabel 1.2.</b> Adsorpsi Ion Logam Berat Nikel (II) dengan Adsorben Cangkang Telur pada berbagai kondisi .....	3
<b>Tabel 2.1</b> Komposisi kimia dari cangkang telur tanpa kalsinasi (Stewart, 1934) .....	8
<b>Tabel 2.2</b> Sumber, efek, dan abtas toleransi logam berat bagi manusia (WHO, 2011).....	11
<b>Tabel 2.3</b> Sifat Fisika Logam Berat Nikel (Heath, 1968) (Hampel, 1968) .....	12
<b>Tabel 2.4</b> Sifat-sifat Kimia Logam Nikel (Hampel, 1968) (Winter, 1993) .....	13
<b>Tabel 2.5</b> Kelebihan dan Kekurangan Beberapa Metode untuk Menghilangkan Kandungan Logam Berat.....	17
<b>Tabel 2.6</b> Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia (Kumar, Subanandam, Ramamurthi, & Sivanesan, 2004) (Fletcher, 2003).....	19
<b>Tabel 3.1</b> Variasi Konsentrasi Larutan Nikel (II) Awal .....	30
<b>Tabel 3.2</b> Variasi terhadap pH Larutan Awal .....	31
<b>Tabel 3.3</b> Variasi terhadap Variasi Temperatur.....	31
<b>Tabel 3. 4</b> Tabel Kerja Penelitian .....	41
<b>Tabel 4.1</b> Kandungan yang Terdapat pada Adsorben Cangkang Telur.....	45
<b>Tabel 4.2</b> Parameter Model Adsorpsi Isotermal .....	47
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Parameter Kinetika Pseudo Orde Satu dan Dua untuk Variasi Konsnetrasi Awal .....	52
<b>Tabel 4.4</b> Parameter Pseudo Orde Satu dan Dua untuk Variasi pH .....	55
<b>Tabel 4.5</b> Parameter Pseudo Orde Satu dan Dua untuk Variasi Temperatur.....	58
<b>Tabel B.1</b> Data Panjang Gelombang .....	75
<b>Tabel B.2</b> Data Kurva Standar Ion Logam Berat Nikel (II) .....	75
<b>Tabel B.3</b> Hasil %Removal Ion Logam Nikel (II) dengan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Variasi Konsentrasi Awal.....	76
<b>Tabel B.4</b> Hasil Antara Isotermal Langmuir untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .....	76
<b>Tabel B.5</b> Hasil Parameter Langmuir untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi. ....	76
<b>Tabel B.6</b> Hasil Antara Isotermal Freundlich untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	76
<b>Tabel B.7</b> Hasil Parameter Isotermal Freundlich untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .....	77
<b>Tabel B.8</b> Hasil Antara Isotermal Temkin untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi.....	77
<b>Tabel B.9</b> Hasil Parameter Isotermal Temkin untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi .....	77
<b>Tabel B.10</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Konsentrasi 10 ppm.....	78
<b>Tabel B.11</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Konsentrasi 20 ppm.....	78
<b>Tabel B.12</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Konsentrasi 30 ppm.....	79
<b>Tabel B.13</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Konsentrasi 50 ppm.....	79

<b>Tabel B.14</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Konsentrasi 60 ppm.....	80
<b>Tabel B.15</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	80
<b>Tabel B.16</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Konsentrasi 10 ppm.....	81
<b>Tabel B.17</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Konsentrasi 20 ppm.....	81
<b>Tabel B.18</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Konsentrasi 30 ppm.....	82
<b>Tabel B.19</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Konsentrasi 50 ppm.....	82
<b>Tabel B.20</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Konsentrasi 60 ppm.....	83
<b>Tabel B.21</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	83
<b>Tabel B.22</b> Hasil %Removal Ion Logam Nikel (II) dengan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi untuk Variasi pH.....	84
<b>Tabel B.23</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada pH 2 .....	84
<b>Tabel B.24</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada pH 6 .....	85
<b>Tabel B.25</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada pH 9 .....	85
<b>Tabel B.26</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Variasi pH.....	86
<b>Tabel B.27</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada pH 2 .....	86
<b>Tabel B.28</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada pH 6 .....	87
<b>Tabel B.29</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada pH 9 .....	87
<b>Tabel B.30</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi pH.....	88
<b>Tabel B.31</b> Hasil %Removal Ion Logam Nikel (II) dengan Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi untuk Variasi Temperatur.....	88
<b>Tabel B.32</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Suhu 25°C.....	89
<b>Tabel B.33</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Suhu 35°C.....	89
<b>Tabel B.34</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Suhu 45°C.....	90
<b>Tabel B.35</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Variasi Temperatur .....	90
<b>Tabel B.36</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Suhu 25°C.....	91



<b>Tabel B.37</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Suhu 35°C.....	91
<b>Tabel B.38</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Suhu 45°C.....	92
<b>Tabel B.39</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi pada Variasi Temperatur .....	92
<b>Tabel B.40</b> Hasil %Removal Ion Logam Nikel (II) dengan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Variasi Konsentrasi Awal .....	93
<b>Tabel B.41</b> Hasil Antara Isotermal Langmuir untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi ..	93
<b>Tabel B.42</b> Hasil Parameter Langmuir untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	93
<b>Tabel B.43</b> Hasil Antara Isotermal Freundlich untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi	93
<b>Tabel B.44</b> Hasil Parameter Isotermal Freundlich untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	94
<b>Tabel B.45</b> Hasil Antara Isotermal Temkin untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	94
<b>Tabel B.46</b> Hasil Parameter Isotermal Temkin untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi .....	94
<b>Tabel B.47</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Konsentrasi 10 ppm.....	94
<b>Tabel B.48</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Konsentrasi 20 ppm.....	95
<b>Tabel B.49</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Konsentrasi 30 ppm.....	95
<b>Tabel B.50</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Konsentrasi 50 ppm.....	96
<b>Tabel B.51</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Konsentrasi 60 ppm.....	96
<b>Tabel B.52</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	97
<b>Tabel B.16</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Konsentrasi 10 ppm.....	97
<b>Tabel B.54</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Konsentrasi 20 ppm.....	98
<b>Tabel B.55</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Konsentrasi 30 ppm.....	98
<b>Tabel B.56</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Konsentrasi 50 ppm.....	99
<b>Tabel B.57</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Konsentrasi 60 ppm.....	99
<b>Tabel B.58</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal .....	100
<b>Tabel B.59</b> Hasil %Removal Ion Logam Nikel (II) dengan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi untuk Variasi pH .....	100
<b>Tabel B.60</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada pH 2 .....	101



<b>Tabel B.61</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada pH 6 .....	101
<b>Tabel B.62</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada pH 9 .....	102
<b>Tabel B.63</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Tanpa Kalsinasi Pada Variasi pH.....	102
<b>Tabel B.64</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada pH 2 .....	103
<b>Tabel B.65</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada pH 6 .....	103
<b>Tabel B.66</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada pH 9 .....	104
<b>Tabel B.67</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi pH.....	104
<b>Tabel B.68</b> Hasil %Removal Ion Logam Nikel (II) Dengan Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi untuk Variasi Temperatur .....	105
<b>Tabel B.69</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Suhu 25°C.....	105
<b>Tabel B.70</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Suhu 35°C.....	106
<b>Tabel B.71</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Suhu 45°C.....	106
<b>Tabel B.72</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Variasi Temperatur .....	107
<b>Tabel B.73</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Suhu 25°C.....	107
<b>Tabel B.74</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Suhu 35°C.....	108
<b>Tabel B.75</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi Pada Suhu 45°C.....	108
<b>Tabel B.76</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Cangkang Telur Dengan Kalsinasi pada Variasi Temperatur .....	109



## INTISARI

Limbah industri banyak mengandung logam berat. Limbah logam berat tersebut dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat didalamnya melebihi ambang batas serta mempunyai sifat beracun yang sangat berbahaya bagi manusia. Salah satu logam berat yang banyak dihasilkan dalam limbah industri, khususnya industri *electroplating* adalah nikel. Pengolahan limbah logam berat dalam air yang paling efisien dan efektif adalah melalui proses adsorpsi.

Tujuan dari penelitian ini adalah adsorpsi logam berat nikel menggunakan adsorben cangkang telur, dan mengetahui pengaruh konsentrasi, pH, dan temperatur terhadap kinerja adsorpsi sehingga dapat menentukan kapasitas dan kinetika adsorpsi yang terjadi. Terdapat dua jenis adsorben cangkang telur, yaitu cangkang telur tanpa kalsinasi dan cangkang telur dengan kalsinasi. Tujuan dari kalsinasi untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi dikarenakan adanya kandungan CaO sebagai sumber kalsium pada proses pertukaran ion dalam adsorpsi. Karakteristik cangkang telur diuji dengan analisa *Fourier Transform infrared* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM/EDS). Kandungan logam berat dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan menggunakan pengompleks dimetilglioksim ( $\text{dmgH}_2$ ) yang membentuk  $[\text{Ni}(\text{dmgH})_2]$  sehingga menghasilkan warna merah bata. Hasil adsorpsi dianalisa menggunakan model adsorpsi isothermal Langmuir, Freundlich, dan Temkin serta model kinetika adsorpsi dianalisa menggunakan pseudo orde 1 dan pseudo orde 2.

Hasil analisa adsorben cangkang telur menggunakan FTIR diperoleh bahwa adsorben cangkang telur dengan kalsinasi terdapat kandungan CaO, dan pada analisa EDS ditunjukkan bahwa kandungan Ca pada adsorben cangkang telur dengan kalsinasi lebih banyak dibandingkan adsorben cangkang telur tanpa kalsinasi. Hasil adsorpsi yang diperoleh dengan adsorben cangkang telur sebanyak 500 mg pada variasi konsentrasi awal 10, 20, 30, 50, dan 60 ppm memberikan hasil terbaik pada konsentrasi awal dengan *%removal* sebesar 77,1545% untuk cangkang telur tanpa kalsinasi dan *%removal* sebesar 80,7844% untuk cangkang telur dengan kalsinasi. Pada variasi pH dilakukan variasi pH 2, 6, dan 9 pada konsentrasi awal 10 ppm, sehingga memberikan kondisi pH optimum 6 dengan *%removal* sebesar 85,7848% untuk cangkang telur tanpa kalsinasi dan *%removal* sebesar 82,1082 % untuk cangkang telur dengan kalsinasi. Pada variasi temperatur yang dilakukan pada suhu 25°C, 35 °C, dan 45 °C, diperoleh perbedaan hasil *%removal* yang tidak signifikan sekitar 85% untuk kedua jenis adsorben sehingga dapat dikatakan bahwa variasi temperatur tidak berpengaruh pada proses adsorpsi. Proses adsorpsi yang diperoleh untuk setiap variasi konsentrasi awal menunjukkan bahwa isothermal adsorpsi yang paling sesuai mengikuti model Langmuir dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,0135 mg logam  $\text{Ni}^{2+}$ /mg adsorben dan konstanta Langmuir sebesar 9071,5981 (L/mg logam  $\text{Ni}^{2+}$ ), sedangkan untuk adsorben cangkang telur dengan kalsinasi sebesar 0,0156 mg logam  $\text{Ni}^{2+}$ /mg adsorben dan konstanta Langmuir sebesar 7296,899 (L/mg logam  $\text{Ni}^{2+}$ ). Kinetika adsorpsi yang diperoleh pada seluruh variasi menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi yang terjadi mengikuti pseudo orde dua untuk kedua jenis adsorben.

Kata kunci : logam berat, nikel (II), cangkang telur, kalsinasi, adsorpsi

## ABSTRACT

*Industrial waste contains heavy metals. Such heavy metal waste can cause negative impacts to the environment if they contained within it exceeds the threshold and has toxic properties that are very harmful to humans. One of the heavy metals produced in industrial waste, especially the electroplating industry is nickel. The most efficient and effective treatment of heavy metals waste in water is by the adsorption process.*

*The purpose of this research is adsorption of nickel heavy metal ions using adsorbent from eggshell, and to know the effect of concentration, pH, and temperature of adsorption performance so it can determine the capacity and kinetics of adsorption. There are two types of eggshell adsorbents, uncalcinated eggshell and calcinated eggshell. The purpose of calcination to increase adsorption capacity is due to the presence of CaO as a source of calcium in the ion exchange of adsorption process. Eggshell characteristics were tested by Fourier Transform infrared analysis (FTIR) and Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy (SEM / EDS). The heavy metal content was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer using the dimethylglyoxime ( $\text{dmgH}_2$ ) complex which formed  $[\text{Ni}(\text{dmgH}_2)]$  to produce a red colour. The adsorption results were analyzed using Langmuir's isothermal adsorption model, Freundlich, and Temkin and the adsorption kinetics model was analyzed using pseudo order 1 and pseudo order 2.*

*The result of eggshell adsorbent analysis using FTIR was found that the calcinated eggshell adsorbent has CaO content, and in the analysis of EDS showed that the Ca content on calcinated eggshell adsorbent more than the uncalcinated eggshell adsorbent. The adsorption results obtained with eggshell adsorbents of 500 mg at the initial concentration of 10, 20, 30, 50, and 60 ppm gave the best results at initial concentration with 77.1545% removal for uncalcinated eggshell and 80,7844% removal for calcinated eggshell. Effect of initial pH of 2, 6, and 9 with initial concentration of 10 ppm gave the optimum condition of pH 6 with %removal about 85,7848% for uncalcinated eggshell and %removal about 82,1082% for calcinated eggshell. The variation of temperature of 25°C, 35°C, dan 45°C, give the results of %removal about 85% and there's no significant differences and it can be concluded that temperature didn't affect the adsorption process. Adsorption isotherm studies indicated that Langmuir model fit better with maximum adsorption capacity of 0,0135 mg nickel(II) metal ion/mg eggshell adsorbent and the Langmuir constant for the variation of initial concentration and the amount of adsorbent are 9071,5981 (L/mg nickel (II) metal ion) for uncalcinated eggshell, and for calcinated eggshell, the adsorption capacity is 0,0156 mg nickel(II) metal ion/mg eggshell adsorbent and the Langmuir constant for the variation of initial concentration and the amount of adsorbent are 7296,899 (L/mg nickel (II) metal ion) for calcinated eggshell. The kinetics of adsorption of nickel (II) metal ion followed by pseudo second order for all adsorption process.*

Key words : heavy metal, nickel (II), eggshell, calcinated, adsorption





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, masalah lingkungan di Indonesia semakin besar, hal ini disebabkan karena terjadi perkembangan industri di Indonesia yang begitu pesat. Dengan adanya perkembangan industri, menyebabkan semakin banyaknya limbah industri yang akan merusak lingkungan dan mengganggu kehidupan manusia. Industri yang menghasilkan limbah logam berat yang bersifat berbahaya dan beracun diantaranya industri baterai, pertambangan, pengolahan bijih besi, dan lain sebagainya. Salah satu logam berat yang dihasilkan dari hasil limbah industri adalah nikel. Karena kelarutannya yang tinggi, logam berat ini dapat memberikan dampak merugikan yang besar bagi makhluk hidup (Koby, et al., 2005). Limbah yang mengandung nikel diperoleh dari pengecoran berbasis seng, industri baterai, dan industri *electroplating* (Bradley, 2011).

Agar tidak mencemari lingkungan, limbah yang akan dibuang kadar logamnya tidak boleh melewati kadar maksimum yang diperbolehkan oleh regulasi pemerintah (PP-18 tahun 1999 tentang Pengolahan Limbah Berbahaya dan Beracun). Kadar maksimum nikel dalam limbah industri *electroplating* sebesar 1,0 mg/L (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP-51/MENLH/10/1995, t.thn.). Menurut *World Health Organization* (WHO), kandungan logam berat nikel maksimum yang diperbolehkan dalam air minum sebesar 0,07 mg/L. Kandungan nikel yang berlebihan dalam tubuh akan menyebabkan pusing, kanker paru-paru, dermatitis, dan kanker tulang (Singh, et al., 2010). Oleh karena itu, pengolahan limbah yang mengandung logam berat sangat diperlukan. Beberapa teknologi pengolahan limbah telah digunakan untuk menghilangkan kandungan logam berat. Metode yang biasa digunakan adalah elektrodialisis, *reverse Osmosis*, presipitasi kimia, pertukaran ion, koagulasi, flokulasi, dan adsorpsi (O'Connell, et al., 2008).

Dari beberapa metode tersebut, metode yang paling sederhana, efektif, efisien untuk mengolah limbah logam berat adalah adsorpsi. Keunggulan lain dari metode adsorpsi adalah dalam pengolahannya relatif murah karena adsorben yang digunakan dapat diregenerasi kembali (Singh, et al., 2010). Adsorben yang digunakan harus memiliki sifat yang berpori, luas permukaan internal besar, mudah diregenerasi, dan bahan baku yang relatif murah

(Thomas & Crittenden, 1998). Adsorben yang telah banyak digunakan adalah karbon aktif, silika gel, dan lain sebagainya, namun sekarang ini adsorben yang digunakan pada proses adsorpsi merupakan bahan yang dimanfaatkan dari limbah suatu industri. Adsorben tersebut diantaranya abu atau debu suatu proses industri (Rao, et al., 2002), ampas tebu (Rao, et al., 2002), kulit kacang mete (Kumar, et al., 2004), cangkang telur (Ipeaiyeda & Tesi, 2014), dan lain sebagainya.

Cangkang telur memiliki sifat berpori, keberadaannya yang mudah didapat dan melimpah, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Cangkang telur juga dapat digunakan sebagai pemanfaatan limbah yang sudah tidak terpakai lagi. Proses adsorpsi logam berat nikel ( $Ni^{2+}$ ) dengan cangkang telur sebagai adsorben telah dilakukan oleh (Ipeaiyeda & Tesi, 2014) dan (Aslan, et al., 2015), akan tetapi adsorben yang digunakan merupakan cangkang telur tanpa kalsinasi.

Penelitian yang dilakukan adalah adsorpsi ion logam berat nikel (II) dengan menggunakan cangkang telur yang dikalsinasi sebagai adsorben. Secara khusus, pada penelitian ini akan dipelajari lebih lanjut mengenai pengaruh berbagai variabel percobaan adsorpsi ion logam berat nikel (II), seperti pH larutan awal, konsentrasi awal logam berat nikel, dan temperatur terhadap kinerja adsorben cangkang telur.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Salah satu metode yang umum digunakan untuk menghilangkan kandungan logam berat adalah adsorpsi. Hal penting saat ini adalah meminimalisasikan limbah dari suatu proses industri, sehingga digunakan cangkang telur dari penggunaan bahan baku telur sebagai adsorben untuk proses adsorpsi. Pengujian terhadap kinerja adsorpsi dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap pengaruh variabel pH larutan awal, temperatur, dan konsentrasi awal ion logam berat nikel (II) dengan adsorben cangkang telur yang dikalsinasi.

## 1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana kinerja adsorben cangkang telur melalui kapasitas adsorpsi dan *%removal* ion logam berat nikel (II)?
2. Bagaimana pengaruh pH larutan awal, temperatur, dan konsentrasi awal ion logam berat nikel (II) terhadap kinerja adsorpsi dengan adsorben cangkang telur?
3. Bagaimana kapasitas adsorpsi dan parameter-parameter isothermal adsorpsi dari adsorben cangkang telur terhadap proses adsorpsi ion logam berat nikel (II)?
4. Bagaimana kinetika adsorpsi larutan logam berat nikel menggunakan cangkang telur?

#### 1.4 Premis

Penelitian ini menggunakan beberapa literatur yang berhubungan dengan penelitian, seperti yang disajikan pada **Tabel 1.1** untuk adsorpsi ion logam berat nikel (II) dengan adsorben lain sejenis, dan **Tabel 1.2** untuk adsorpsi ion logam berat nikel (II) dengan adsorben cangkang telur.

**Tabel 1.1** Adsorpsi Ion Logam Berat Nikel (II) dengan Adsorben Lain Sejenis pada berbagai kondisi

Jenis Adsorben	Kondisi Adsorpsi				Kapasitas Adsorpsi Maksimum (mg/g)	Peneliti
	Temperatur	pH	Jumlah Adsorben (g/L)	Konsentrasi Awal Nikel (Ni <sup>2+</sup> ) (ppm)		
Tulang Sapi	25°C	2-14	0,01-0,08	20	32,54	(Moreno, et al., 2010)
Bubuk Dolomit	30°C-50°C	2-8	10	10	1,7	(Mohammadi, et al., 2013)

**Tabel 1.2.** Adsorpsi Ion Logam Berat Nikel (II) dengan Adsorben Cangkang Telur pada berbagai kondisi

Jenis Adsorben	Kondisi Adsorpsi				Kapasitas Adsorpsi Maksimum (mg/g)	Peneliti
	Temperatur	pH	Jumlah Adsorben (g/L)	Konsentrasi Awal Nikel (Ni <sup>2+</sup> ) (ppm)		
Cangkang telur tanpa kalsinasi	30°C	4-9	0,2-1,2	5-30	0,9	(Ipeaiyeda & Tesi, 2014)
Cangkang telur tanpa kalsinasi	25-45°C	3-7	0,1-1	15-35	1,845	(Aslan, et al., 2015)
Cangkang telur tanpa kalsinasi	25	3-11	0,025-1	1-60	2,36	(Ghazy, et al., 2011)

#### 1.5 Hipotesis

1. Kapasitas adsorpsi ion logam berat nikel (II) dipengaruhi oleh pH larutan, dimana terdapat pH optimum untuk melakukan adsorpsi ion logam berat nikel (II) (Ipeaiyeda & Tesi, 2014) (Aslan, et al., 2015).



2. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh konsentrasi awal ion logam berat nikel (II). Apabila konsentrasi ion logam awal semakin rendah, maka jumlah ion logam yang terserap semakin tinggi (Ipeaiyeda & Tesi, 2014).
3. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh temperatur, dimana semakin tinggi temperatur, maka jumlah adsorpsi ion logam berat nikel (II) semakin tinggi (Ipeaiyeda & Tesi, 2014)

#### **1.6 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perubahan konsentrasi, pH, dan temperatur dalam adsorpsi ion logam berat nikel (II) menggunakan adsorben cangkang telur terhadap kinerja adsorpsi sehingga dapat menentukan kapasitas dan kinetika adsorpsi yang terjadi

#### **1.7 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat dan dampak baik bagi peneliti maupun bagi masyarakat luas, seperti :

##### **1. Bagi pada ilmuwan**

Mampu mengetahui bahwa ion logam berat nikel (II) dapat dihilangkan melalui adsorpsi menggunakan adsorben dari kalsinasi cangkang telur serta mengetahui pengaruh pH, jumlah adsorben, dan konsentrasi awal larutan logam berat terhadap proses adsorpsi.

##### **2. Bagi bidang industri**

Mampu memberikan metode alternatif bagi industri khususnya di Indonesia, bahwa limbah yang mengandung logam berat khususnya logam berat nikel dapat diolah melalui proses adsorpsi yang efektif dan efisien, serta ekonomis.

##### **3. Bagi bidang ilmu pengetahuan dan teknologi**

Mampu menambah wawasan dan pengetahuan mengenai pemanfaatan limbah cangkang telur yaitu dapat digunakan untuk menghilangkan kandungan logam berat dalam air.