

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
SARI	1
ABSTRACT	2
BAB I	3
PENDAHULUAN.....	3
I.1. Latar Belakang	3
I.2. Rumusan Masalah.....	5
I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	5
I.4. Manfaat Penelitian	5
I.5. Lokasi Penelitian	6
I.6. Batasan Masalah	8
I.7. Peneliti Terdahulu	8
I.8. Keaslian Penelitian	8
BAB II	11
TINJAUAN PUSTAKA	11
II.1 Fisiografi Regional	11
II.2. Struktur Geologi Regional.....	12
II.3. Stratigrafi Regional	14
II.4. Geologi Batubara Daerah Penelitian	17
II.5. Metode Ekstraksi Asam Humat pada Batubara.....	18
BAB III.....	21
LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS	21
III.1. Definisi Batubara	21
III.2. Genesis Batubara	22
III.3. Material Penyusun Batubara	23
III.4. Karakteristik Batubara	34
III.5. Definisi Asam Humat.....	35
III.6. Proses Pembentukan Asam Humat	38
III.7. Asam Humat pada Batubara.....	38

III.8. Hipotesis	40
BAB IV	41
METODE PENELITIAN	41
IV.1. Alat dan Bahan Penelitian	41
IV.2. Tahapan dan Metode Penelitian	42
IV.2.1. Tahap Pendahuluan	43
IV.2.2. Tahap Pengumpulan Data	44
IV.2.3. Tahap Pekerjaan Laboratorium	45
IV.2.4. Tahap Analisis Data dan Evaluasi	52
IV.2.5. Ketersediaan Data dan Analisis	55
IV.2.6. Tahap Pelaporan	56
IV.3. Jadwal Penelitian	56
BAB V	58
HASIL PENELITIAN	58
V.1. Deskripsi lapangan dan tipe batubara	58
V.1.1. <i>Seam Q4</i>	59
V.1.2. <i>Seam LP</i>	61
V.1.3. <i>Seam P1</i>	62
V.1.4. <i>Seam P2</i>	63
V.1.5. <i>Stockpile</i>	64
V.2. Karakteristik Batubara	65
V.2.1. Analisis Proksimat & Nilai Kalor	66
V.2.2. Analisis Ultimat	74
V.3. Analisis Maseral	82
V.4. Ekstraksi Asam Humat	89
V.4.1. <i>Seam Q4</i>	90
V.4.2. <i>Seam LP</i>	91
V.4.3. <i>Seam P1</i>	92
V.4.4. <i>Seam P2</i>	93
V.4.5. <i>Stockpile</i>	94
V.5. Analisis FTIR	95
V.5.1. <i>Seam Q4</i>	96

V.5.2. <i>Seam</i> LP	97
V.5.3. <i>Seam</i> P1	98
V.5.4. <i>Seam</i> P2	100
V.5.5. <i>Stockpile</i>	101
BAB VI	103
PEMBAHASAN	103
VI.1. Karakteristik Batubara	103
VI.1.1. Karakteristik batubara <i>Seam</i> Q4	103
VI.1.2. Karakteristik batubara <i>Seam</i> LP	104
VI.1.3. Karakteristik batubara <i>Seam</i> P1	105
VI.1.4. Karakteristik batubara <i>Seam</i> P2	106
VI.1.5 Karakteristik batubara <i>Stockpile</i>	107
VI.2. Hubungan Karakteristik Batubara terhadap <i>Yield</i> Asam Humat	108
VI.2.1. Hubungan karakteristik petrologi terhadap <i>yield</i> asam humat	108
VI.2.2. Hubungan karakteristik kimia terhadap <i>yield</i> asam humat	116
BAB VII	123
KESIMPULAN DAN SARAN	123
VII.1. Kesimpulan	123
VII.2. Saran	124
DAFTAR PUSTAKA	125
LAMPIRAN	130
L.1. Sertifikasi Hasil Proksimat dan Ultimat	130
L.2. Hasil Analisis Proksimat dan Ultimat pada Sampel <i>Stockpile</i>	135
L.3. Tabel Hasil Proses Ekstraksi pada Sampel Batubara Daerah Penelitian	136
L.4. Tabel Konversi Nilai Kalor Sampel Batubara Daerah Penelitian	137
L.5. Hasil Pengujian FTIR	138
L.6. Tabel Hasil Pengamatan Maseral	158
L.7. Kenampakan Maseral pada Sampel Batubara	160
L.8 Skrip Pemrograman R yang digunakan dalam Analisis PCA	163
L.9. <i>Screeplot</i> dan Tabel Skor Hasil PCA	166

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1.	Hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian.....	9
Tabel 1. 2.	Lanjutan	10
Tabel 3. 1.	Litotipe batubara humik dan sapropelik (Mc Cabe, 1984; dalam Thomas, 2013).....	24
Tabel 3. 2.	Klasifikasi maseral dan asal material organik (ICCP, 1998; ICCP, 2001; dan Pickel dkk., 2017 dengan modifikasi)	25
Tabel 3. 3.	Komponen batubara dalam basis yang berbeda-beda (Ward, 1984; dalam Thomas, 2013)	30
Tabel 3. 4.	Klasifikasi batubara berdasarkan peringkatnya menurut ASTM D388-1999 (ASTM, 1999; dalam Thomas, 2013)	33
Tabel 3. 5.	Kandungan asam humat dan asam fulvat dari berbagai macam bahan (Mindari, 2022)	39
Tabel 4. 1.	Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian.....	41
Tabel 4. 2.	Prosedur kerja proses ekstraksi asam humat	48
Tabel 4. 3.	Ketersediaan data dan jumlah data yang dianalisis	56
Tabel 4. 4.	Jadwal penelitian yang direncanakan oleh penulis	57
Tabel 5. 1.	Hasil analisis kadar lengas 20 sampel dalam basis <i>air-dried</i> 66	
Tabel 5. 2.	Hasil analisis kadar abu 20 sampel dalam basis <i>air-dried</i>	68
Tabel 5. 3.	Hasil analisis kadar zat terbang 20 sampel dalam basis <i>air-dried</i>	69
Tabel 5. 4.	Hasil analisis kadar karbon tertambat 20 sampel dalam basis <i>air-dried</i>	71
Tabel 5. 5.	Hasil analisis nilai kalor 20 sampel batubara daerah penelitian	73
Tabel 5. 6.	Hasil analisis kandungan karbon 20 sampel dalam basis <i>dry, ash free</i> (daf)	74
Tabel 5. 7.	Hasil analisis kandungan hidrogen 20 sampel dalam basis <i>dry, ash free</i> (daf)	76
Tabel 5. 8.	Hasil analisis kandungan nitrogen 20 sampel dalam basis <i>dry, ash free</i> (daf)	77
Tabel 5. 9.	Hasil analisis kandungan oksigen 20 sampel dalam basis <i>dry, ash free</i> (daf)	79
Tabel 5. 10.	Hasil analisis kandungan sulfur 20 sampel dalam basis <i>dry, ash free</i> (daf)	80
Tabel 5. 11.	Tabel data yang meliputi <i>yield</i> asam humat, kandungan <i>moisture</i> , <i>volatile matter</i> , dan <i>fixed carbon</i> pada sampel <i>Seam Q4</i> , <i>Seam LP</i> , <i>Seam P1</i> , serta <i>Seam P2</i>	82
Tabel 5. 12.	Tabel data yang meliputi <i>yield</i> asam humat, kandungan <i>moisture</i> , <i>volatile matter</i> , dan <i>fixed carbon</i> pada sampel <i>stockpile</i>	82
Tabel 5. 13.	Tabel data yang meliputi kandungan maseral <i>preserved</i> , <i>degraded</i> , <i>oxidized</i> , grup maseral <i>vitritine</i> , dan grup maseral <i>inertinite</i> pada seluruh sampel batubara daerah penelitian.	89
Tabel 5. 14.	Hasil <i>yield</i> asam humat pada sampel batubara <i>Seam Q4</i>	90

Tabel 5. 15. Hasil <i>yield</i> asam humat pada sampel batubara <i>Seam</i> LP	91
Tabel 5. 16. Hasil <i>yield</i> asam humat pada sampel batubara <i>Seam</i> P1	92
Tabel 5. 17. Hasil <i>yield</i> asam humat pada sampel batubara <i>Seam</i> P2	93
Tabel 5. 18. Hasil <i>yield</i> asam humat pada sampel batubara <i>Stockpile</i>	94
Tabel 5. 19. Hasil penentuan gugus fungsi berdasarkan Filip & Albert (1994); Mac Carthy & Rice (1985); dan Stevenson & Goh (1971) pada sampel <i>Seam</i> Q4.....	96
Tabel 5. 20. Hasil penentuan gugus fungsi berdasarkan Filip & Albert (1994); Mac Carthy & Rice (1985); dan Stevenson & Goh (1971) pada sampel <i>Seam</i> LP	98
Tabel 5. 21. Hasil penentuan gugus fungsi berdasarkan Filip & Albert (1994); Mac Carthy & Rice (1985); dan Stevenson & Goh (1971) pada sampel <i>Seam</i> P1	99
Tabel 5. 22. Hasil pembacaan gugus fungsi berdasarkan Filip & Albert (1994); Mac Carthy & Rice (1985); dan Stevenson & Goh (1971) pada sampel <i>Seam</i> P2	100
Tabel 5. 23. Hasil pembacaan gugus fungsi berdasarkan Filip & Albert (1994); Mac Carthy & Rice (1985); dan Stevenson & Goh (1971) pada sampel <i>Stockpile</i>	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1.	Tingkat pertumbuhan pasar asam humat dunia pada tahun 2023 - 2030 (Prescient & Strategic Intelligence, 2023)	3
Gambar 1. 2.	Peta geologi regional daerah penelitian dan sekitarnya, berdasarkan Peta Geologi Lembar Rengat, Sumatera (Suwarna dkk., 1994).....	7
Gambar 1. 3.	Peta Lokasi Penelitian pada Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera (Silitongan dkk., 1995) di Sebelah Barat dan Peta Geologi Lembar Rengat, Sumatera (Suwarna dkk., 1994) di Sebelah Timur.....	7
Gambar 2. 1.	Letak Cekungan Sumatera Tengah pada Pulau Sumatera (De Coster, 1974; Harsa, 1975; dalam Sutarwan, 1995)	12
Gambar 2. 2.	Peta Geologi Regional Peranap dan Sekitarnya (CSCEP, 1989; dalam Sutarwan, 1995) dengan modifikasi.	14
Gambar 2. 3.	Letak Formasi Korinci pada kolom stratigrafi regional dari Cekungan Sumatera Tengah (De Coster, 1974 dalam Sutarwan, 1995).....	17
Gambar 2. 4.	Proses ekstraksi asam humat menggunakan metode oksidasi katalitis (Vural, 2021).....	19
Gambar 2. 5.	Proses ekstraksi asam humat dengan menggunakan metode KOH-Hidrotermal yang dilakukan oleh Cheng dkk. (2019).....	20
Gambar 3. 1.	Proses pembatubaraan (van Krevelen, 1992 dengan perubahan oleh Amijaya, 2007)	23
Gambar 3. 2.	Kenampakan maseral <i>vitrinite</i> di bawah mikroskop, (A) <i>Corpogellinite</i> ; (B) <i>Collodetrinite</i> ; (C) <i>Vitrodetrinite</i> ; (D) <i>Gelinit</i> (ICCP, 1998).....	26
Gambar 3. 3.	Contoh kenampakan maseral <i>liptinite</i> di bawah sinar <i>fluorescence</i> ; (A) <i>sporinite</i> ; (B) <i>exsudatinite</i> ; (C) <i>resinite</i> ; (D) <i>liptodetrinite</i> , oleh Pickel dkk. (2017).....	27
Gambar 3. 4.	Kenampakan maseral <i>inertinite</i> , (A) <i>Fusinite</i> ; (B) <i>Macrinite</i> ; (C) <i>Semifusinite</i> ; (D) <i>Funginite</i> , berdasarkan ICCP (2001).....	29
Gambar 3. 5.	Evolusi tumbuhan selama kurun waktu geologi. Lebar batang mencerminkan tren kelimpahan realtif dari suatu organisme (Killops dan Killops, 2005)	34
Gambar 3. 6.	Diagram yang menunjukkan kategori bahan organik tanah yang menjadi bahan humik dan nonhumik, fraksinasi bahan humat, serta variasi dalam fraksi humik (Swift, 1996)	36
Gambar 3. 7.	Model struktur asam humat dan asam fulvat berdasarkan Stevenson (1982)	37
Gambar 4. 1.	Diagram alir penelitian	43
Gambar 4. 2.	Dokumentasi analisis proksimat, (A) Proses pembakaran analisis proksimat, (B) Proses penentuan massa akhir setelah pembakaran.....	47

Gambar 4. 3. Diagram alir proses ekstraksi asam humat pada batubara yang digunakan dalam penelitian ini.....	48
Gambar 5. 1. Titik pengambilan sampel pada IUP PT Bukit Asam Peranap yang di-overlay dengan Peta Geologi Lembar Rengat, Sumatera (Suwarna dkk., 1994).....	58
Gambar 5. 2. Kolom stratigrafi daerah penelitian	59
Gambar 5. 3. Kolom litologi pada <i>Seam</i> Q4, dengan litotipe <i>dull non-banded coal</i>	60
Gambar 5. 4. Kenampakan singkapan batubara <i>Seam</i> Q4 yang terdapat pada aliran sungai	60
Gambar 5. 5. Kenampakan sampel setangan batubara <i>Seam</i> Q4.....	60
Gambar 5. 6. Kolom litologi pada <i>Seam</i> LP, dengan <i>litotipe dull banded coal</i>	61
Gambar 5. 7. Kenampakan sampel setangan batubara <i>Seam</i> LP	61
Gambar 5. 8. Kolom litologi pada <i>Seam</i> P1, dengan litotipe <i>dull banded coal</i>	62
Gambar 5. 9. Kenampakan sampel setangan batubara <i>Seam</i> P1	62
Gambar 5. 10. Kolom litologi pada <i>Seam</i> P2, dengan litotipe <i>dull non-banded coal</i>	63
Gambar 5. 11. Kenampakan sampel setangan batubara <i>Seam</i> P2	63
Gambar 5. 12. Pengambilan sampel batubara <i>stockpile</i> yang terbagi mejadi sample <i>fresh</i> dan <i>oxidized</i>	65
Gambar 5. 13. Kenampakan sampel setangan batubara <i>Stockpile</i>	65
Gambar 5. 14. Grafik sebaran kadar lengas rata-rata setiap <i>seam/stockpile</i> ...	67
Gambar 5. 15. Grafik sebaran kadar abu rata-rata setiap <i>seam/stockpile</i>	68
Gambar 5. 16. Grafik sebaran kadar zat terbang rata-rata setiap <i>seam/stockpile</i>	70
Gambar 5. 17. Grafik sebaran kadar karbon tertambat rata-rata setiap <i>seam/stockpile</i>	71
Gambar 5. 18. Grafik sebaran nilai kalor rata-rata setiap <i>seam/stockpile</i>	73
Gambar 5. 19. Grafik sebaran kandungan karbon rata-rata setiap <i>seam/stockpile</i>	75
Gambar 5. 20. Grafik sebaran kandungan hidrogen rata-rata setiap <i>seam/stockpile</i>	76
Gambar 5. 21. Grafik sebaran kandungan nitrogen rata-rata setiap <i>seam/stockpile</i>	78
Gambar 5. 22. Grafik sebaran kandungan oksigen rata-rata setiap <i>seam/stockpile</i>	79
Gambar 5. 23. Grafik sebaran kandungan sulfur rata-rata setiap sampel <i>seam/stockpile</i>	81
Gambar 5. 24. Distribusi grup maseral pada setiap sampel batubara.....	83
Gambar 5. 25. Distribusi subgrup maseral pada setiap sampel batubara	84
Gambar 5. 26. Distribusi maseral berdasarkan tingkat degradasi pada setiap sampel batubara	86

Gambar 5. 27. Kenampakan petrografis maseral pada <i>white light</i> dan <i>fluorescence</i>	88
Gambar 5. 28. Grafik hasil ekstraksi asam humat pada 20 sampel batubara daerah penelitian	90
Gambar 5. 29. Perbandingan <i>yield</i> asam humat pada setiap sampel batubara <i>Seam Q4</i>	91
Gambar 5. 30. Perbandingan <i>yield</i> asam humat pada setiap sampel batubara <i>Seam LP</i>	92
Gambar 5. 31. Perbandingan <i>yield</i> asam humat pada setiap sampel batubara <i>Seam P1</i>	93
Gambar 5. 32. Perbandingan <i>yield</i> asam humat pada setiap sampel batubara <i>Seam P2</i>	94
Gambar 5. 33. Perbandingan <i>yield</i> asam humat pada setiap sampel batubara <i>Stockpile</i>	95
Gambar 5. 34. Hasil analisis FTIR sampel asam humat <i>Seam Q4</i>	96
Gambar 5. 35. Hasil analisis FTIR sampel asam humat <i>Seam LP</i>	97
Gambar 5. 36. Hasil analisis FTIR sampel asam humat <i>Seam P1</i>	99
Gambar 5. 37. Hasil analisis FTIR sampel asam humat <i>Seam P2</i>	100
Gambar 5. 38. Hasil analisis FTIR sampel asam humat <i>Stockpile</i>	101
Gambar 6. 1. <i>Eigenvalue</i> PC1 dan PC2 pada setiap karakteristik petrografi	109
Gambar 6. 2. Hasil pengeplotan analisis PCA dari setiap variabel karakteristik petrografi	110
Gambar 6. 3. <i>Eigenvalue</i> PC1 dan PC2 untuk menentukan hubungan antara <i>yield</i> asam humat dengan kandungan maseral <i>preserved</i> , <i>degraded</i> , <i>oxidized</i> , <i>vitritine</i> , dan <i>inertinite</i>	112
Gambar 6. 4. Hasil pengeplotan PCA hubungan antara <i>yield</i> asam humat dengan kandungan maseral <i>preserved</i> , <i>degraded</i> , <i>oxidized</i> , <i>vitritine</i> , dan <i>inertinite</i>	112
Gambar 6. 5. (A) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan maseral <i>preserved</i> dengan <i>yield</i> asam humat (B) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan maseral <i>degraded</i> dengan <i>yield</i> asam humat (C) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan maseral <i>oxidized</i> dengan <i>yield</i> asam humat (D) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan maseral <i>vitritine</i> dengan <i>yield</i> asam humat (E) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan maseral <i>inertinite</i> dengan <i>yield</i> asam humat	113
Gambar 6. 6. <i>Eigenvalue</i> hasil analisis PCA dari tiap variabel karakteristik kimia sampel batubara	117
Gambar 6. 7. Hasil <i>plotting</i> analisis PCA dari tiap variabel karakteristik kimia sampel batubara	117
Gambar 6. 8. (A) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan <i>ash</i> dengan <i>yield</i> asam humat (B) Grafik regresi linear hubungan antara	

kandungan *moisture* dengan *yield* asam humat (C) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan *volatile matter* dengan *yield* asam humat (D) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan *fixed carbon* dengan *yield* asam humat..... 119

Gambar 6. 9. (A) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan karbon dengan *yield* asam humat (B) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan hidrogen dengan *yield* asam humat (C) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan nitrogen dengan *yield* asam humat (D) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan oksigen dengan *yield* asam humat (E) Grafik regresi linear hubungan antara kandungan sulfur dengan *yield* asam humat. 120