

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
INTISARI	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Kebaruan Penelitian.....	3
1.5 Tujuan Penelitian	9
1.6 Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Biomassa lignoselulosa.....	10
2.2 Konversi Biomassa	11
2.3 Pirolisis	12
2.4 Asap Cair	15
2.5 <i>Polycyclic Aromatic Hydrocarbons</i> (PAH)	16
2.6 Adsorpsi dan Adsorpsi.....	18
2.7 Zeolit.....	20
2.8 Arang	22
2.9 Landasan Teori	23
2.9.1 Potensi Produksi Asap Cair dari Biomassa Kayu Putih	23
2.9.2 Potensi Adsorpsi Asap Cair Menggunakan Adsorben Zeolite dan Arang	24
2.9.3 Pengamatan Fisikokimia, Biologi pada Adsorben dan Asap Cair.....	25
2.9.4 Kerangka Berpikir Penyusunan Hipotesis	26
2.10 Hipotesis	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28

3.1.	Bahan	28
3.2.	Alat dan Instrumen	28
3.2.1	Alat dan Instrumen Proses	28
3.2.2	Instrumen karakteristik dan analisis	29
3.3.	Prosedur Penelitian	30
3.3.1	Preparasi dan Karakterisasi Biomassa	32
3.3.2	Preparasi dan karakterisasi Adsorben Zeolit dan Arang.....	34
3.3.3	Zeolit.....	34
3.3.4	Arang	35
3.3.5	Karakterisasi Adsorben.....	36
3.3.6	Proses Pirolisis.....	38
3.3.7	Identifikasi sifat Fisikokimia Asap Cair	41
3.3.8	Analisis Biologi Asap Cair dengan Pengamatan Antibakteri dan Antioksidan	42
3.4.	Analisis Data.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1.	Hasil Preparasi dan Karakterisasi Biomassa.....	45
4.1.1.	Analisis Proksimat.....	45
4.1.2.	Analisis Ultimate	47
4.1.3.	Thermogravimetric-Infra Red Analysis.....	48
4.2.	Hasil Preparasi dan Karakterisasi Adsorben Zeolit dan Arang	50
4.2.1	Zeolit.....	50
4.2.1.1.	Analisis <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF), Zeolit	51
4.2.1.2.	Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM), Zeolit.....	52
4.2.1.3.	Analisis Fourier-transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Zeolit.....	53
4.2.1.4.	Analisis Luas Permukaan dan Porositas dengan Metode <i>Brunauer, Emmett, and Teller</i> (BET), Zeolit	55
4.2.1.5.	Analisis Struktur Kristal Zeolit dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	56
4.2.2	Arang	58
4.2.2.1.	Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM), Arang	59
4.2.2.2.	Analisis Fourier-transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Bruker, Arang	60
4.2.2.3.	Analisis Luas Permukaan dan Porositas dengan Metode <i>Brunauer, Emmett, and Teller</i> (BET) Arang	61
4.2.2.4.	Analisis Struktur Kristal Arang dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	62

4.2.2.5. Analisis Ultimate Arang	64
4.3. Proses Pirolisis	64
4.4. Analisis adsorben pasca pirolisis	68
4.4.1 Analisis SEM zeolit dan arang pasca proses pirolisis	68
4.4.2 Analisis FTIR zeolit dan arang pasca proses pirolisis	70
4.5. Sifat Fisikokimia Asap Cair	71
4.5.1 Pengamatan Benda Terapung	71
4.5.2 Analisis Warna Asap cair	72
4.5.3 Nilai pH Asap Cair	75
4.5.4 Rasio Jumlah Tar Pada Asap Cair	76
4.5.5 Analisis FTIR Asap Cair	77
4.5.6 Analisis Senyawa Asap Cair dengan GC-MS	78
4.5.7 Senyawa PAH dalam Asap Cair dengan GC-MS	83
4.6. Sifat Antibakteri dan Antioksidan Asap Cair	89
4.6.1 Sifat Antibakteri Asap Cair	89
4.6.2 Sifat Antioksidan Asap Cair	92
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	95
5.1. Kesimpulan	95
5.2. Saran	95
DAFTAR PUSTAKA	97

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Rangkuman beberapa penelitian pirolisis dan metode purifikasi asap cair	4
Tabel 1. 2 Klasifikasi Penelitian Terdahulu Terkait Pirolisis dan Metode Purifikasinya	7
Tabel 2. 1 Klasifikasi Klasifikasi, komparasi dan % komposisi biomassa lignoselulosa	10
Tabel 2. 2 Kelompok senyawa fungsional serta kontribusinya terhadap sifat produk ...	15
Tabel 2. 3 Karakter enam belas senyawa PAH.....	17
Tabel 2. 4 Sifat dan karakter zeolite hasil aktivasi dengan asam dan basa.....	21
Tabel 2. 5 sifat dan karakter arang hasil aktivasi dengan asam dan basa	22
Tabel 3. 1 Jenis instrument karakterisasi dan analisis	30
Tabel 4. 1 Kadar air biomassa	45
Tabel 4. 2 Komposisi lignoselulosa biomassa kayu putih	46
Tabel 4. 3 Hasil Analisis elemental analisis	47
Tabel 4. 4 Hasil analisis XRF	51
Tabel 4. 5 Luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori rata – rata zeolit	55
Tabel 4. 6 Kandungan mineral dalam % berat dari zeolite (NZ, ZA)	57
Tabel 4. 7 Luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori rata – rata arang	61
Tabel 4. 8 Hasil analisis elemental	64
Tabel 4. 9 Perubahan berat adsorben sebelum dan sesudah proses	67
Tabel 4. 10 Nilai L*, a*, b* asap cair	72
Tabel 4. 11 Nilai ΔE^* asap cair	75
Tabel 4. 12 Jumlah komponen senyawa asap cair berdasarkan golongannya	78
Tabel 4. 13 Hasil analisis GC-MS komposisi senyawa asap cair	79
Tabel 4. 14 Hasil analisis GC-MS komposisi senyawa PAH asap cair	88
Tabel 4. 15 aktivitas ABTS asam askorbat dan asap cair	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Ilustrasi Kerangka lignoselulosa (Menon & Rao, 2012)	10
Gambar 2. 3 Proses konversi dan produk hasil dari konversi biomassa (Rhofita et al., 2022)	11
Gambar 2. 4 Skema produksi asap cair.....	13
Gambar 2. 5 Mekanisme yang terjadi pada proses pirolisis biomassa (Uddin et al., 2018)	13
Gambar 2. 6 skema adsorpsi dan absorpsi molekul pada adsorben.....	19
Gambar 2. 7 skema struktur pori dan gugus fungsi permukaan dari karbon aktif.....	23
Gambar 2. 8 kerangka berpikir penyusunan hipotesis	27
Gambar 3. 1 Rangkaian alat proses pirolisis.....	29
Gambar 3. 2 tahapan prosedur penelitian	31
Gambar 3. 3 skema proses preparasi biomassa kayu putih.....	32
Gambar 3. 4 diagram alir proses preparasi dan aktivasi adsorben.....	34
Gambar 3. 5 skema proses preparasi adsorben zeolit	35
Gambar 3. 6 skema proses preparasi adsorben arang	36
Gambar 3. 7 neraca massa keseluruhan pada proses pirolisis	38
Gambar 3. 8 skema proses pirolisis	40
Gambar 4. 1 Ranting biomassa kayu putih.....	45
Gambar 4. 2 Kurva TG-IR.....	49
Gambar 4. 3 Zeolit Ponorogo, terpreparasi dan teraktivasi	50
Gambar 4. 4 Gambar morfologi zeolite terpreparasi (NZ) dan zeolite teraktivasi (ZA) dengan pembesaran 1000,2000 dan 3000x	52
Gambar 4. 5 Spektrum FTIR dari sampel Natural Zeolit dan Zeolit teraktivasi HCL ...	54
Gambar 4. 6 Adsorpsi dan desorpsi isothermal nitrogen pada zeolit	55
Gambar 4. 7 Pola XRD sampel zeolite (NZ, ZA).....	57
Gambar 4. 8 Arang hasil pirolisis, terpreparasi dan teraktivasi.....	59
Gambar 4. 9 Gambar morfologi arang terpreparasi (AN) dan arang teraktivasi (AA) dengan pembesaran 500 dan 1000x	59
Gambar 4. 10 Spektrum FTIR dari sampel Arang natural dan Arang teraktivasi HCL .	60
Gambar 4. 11 Adsorpsi dan desorpsi isothermal nitrogen pada zeolit	62
Gambar 4. 12 Pola XRD sampel Arang (AN, AA)	63
Gambar 4. 13 Profil temperatur pirolisis, jumlah asap cair dengan interval 10 menit, waktu terjadinya perubahan warna pada produk asap cair dan heating rate. (1) proses	

crude, (2) pirolisis dengan adsorben NZ, (3) pirolisis dengan adsorben ZA, (4) pirolisis dengan adsorben AN, (5) pirolisis dengan adsorben AA.	65
Gambar 4. 14 Yield total proses produksi asap cair	67
Gambar 4. 15 Adsorben setelah digunakan dalam proses pirolisis	68
Gambar 4. 16 Gambar morfologi adsorben (NZ,ZA,AN,AA) setelah digunakan pada proses pirolisis dengan pembesaran 1000x.....	69
Gambar 4. 17 Spektrum FTIR adsorben sebelum dan sesudah perlakuan dan proses pirolisis.....	70
Gambar 4. 18 Asap cair hasil proses pirolisis dengan dan tanpa adsorpsi	72
Gambar 4. 19 Interpretasi warna asap cair berdasarkan komposisi koordinat L*, a*, b*	73
Gambar 4. 20 Nilai pH asap cair.....	75
Gambar 4. 21 Yield tar pada asap cair dan nilai efisiensi penurunan tar	76
Gambar 4. 22 Spektrum FTIR asap cair dengan adsorben zeolit dan arang.....	77
Gambar 4. 23 Persentase kelompok senyawa teridentifikasi penyusun asap cair	79
Gambar 4. 24 jumlah total konsentrasi PAH pada sampel asap cair	84
Gambar 4. 25 Distribusi PAH pada sampel asap cair.....	85
Gambar 4. 26 Effisiensi penurunan PAH berdasarkan kualifikasi PAH LMW dan HMW	86
Gambar 4. 27 Effisiensi penurunan senyawa PAH.....	87
Gambar 4. 28 Pengukuran konsentrasi hambat minimal asap cair terhadap bakteri pada 96-well plate (<i>Nunc</i>)	90