

Konversi Fraksi Aspal Buton Menjadi Fraksi Bahan Bakar

Wega Trisunaryanti



Gadjah Mada University Press

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Aspal Alam Indonesia	1
1.1.1 Sejarah Aspal Alam	1
1.1.2 Peta dan Sebaran Aspal Alam di Pulau Buton...	4
1.1.3 Data Statistik Kelimpahan dan Sebaran	6
1.2 Potensi Aspal Buton	9
1.2.1 Kandungan Aspal Buton dan Strukturnya	9
1.2.2 Karakteristik Aspal Buton	11
1.3 Pemanfaatan Aspal Buton Selama Ini	14
1.4 Inovasi Terhadap Pemanfaatan Aspal Buton	16
1.5 Daftar Pustaka	17
BAB II EKSTRAKSI FRAKSI ASPAL BUTON.....	20
2.1 Pendahuluan	20
2.2 Ekstraksi Pelarut.....	21
2.3 Daftar Pustaka	36
BAB III PROSES KONVERSI ASPAL BUTON SECARA	
KATALITIK.....	39
3.1 Perengkahan Katalitik	39
3.2 Reaksi Hidrorengkah	40
3.3 Mekanisme Reaksi SIE	41
3.4 Daftar Pustaka	48
BAB IV SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS.....	50
4.1 Katalis Berbasis γ -Al ₂ O ₃	51

4.1.1	Pendahuluan	51
4.1.2	Kajian Hasil Penelitian Terkait Katalis $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	52
4.2	Katalis Berbasis Zeolit	73
4.2.1	Pendahuluan	73
4.2.2	Kajian Hasil Penelitian Terkait Katalis Zeolit Alam	73
4.2.3	Kajian Hasil Penelitian Terkait Katalis Zeolit Sintetis	99
4.3	Daftar Pustaka	141
BAB V HIDRORENGKAH ASPAL BUTON MENJADI FRAKSI BAHAN BAKAR..... 149		
5.1	Proses Konversi dengan Katalis $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	149
5.2	Proses Konversi dengan Katalis Zeolit Sintetis	186
5.3	Proses Konversi dengan Katalis Zeolit Alam.....	213
5.4	Kesimpulan.....	229
5.5	Daftar Pustaka	230
GLOSARIUM.....		233
INDEKS		236
TENTANG PENULIS.....		239

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Perusahaan pengelola, lokasi, luas, cadangan, dan kadar bitumen tambang aspal Buton tahun 2007	7
Tabel 1.2	Perusahaan yang melakukan eksplorasi tambang aspal Buton, luas, dan lokasi tambang tahun 2007.....	7
Tabel 1.3	Sifat Fisik Aspal Buton dari Kabungka dan Lawele	12
Tabel 1.4	Sifat kimia aspal buton dari Kabungka dan Lawele.....	13
Tabel 1.5	Komposisi kimia mineral aspal Buton dari Kabungka dan Lawele	13
Tabel 4.1	Perbandingan luas permukaan spesifik katalis	66
Tabel 4.2	Hasil pengukuran luas permukaan, volume total pori dan rerata jejari pori dengan menggunakan metode BET.....	84
Tabel 4.3	Harga d dan 2θ untuk puncak-puncak terkuat dari difraktogram ZA, ZAAH, dan NiMo/ZAAH.	86
Tabel 4.4	Intensitas dari 10 puncak difraktogram padatan katalis..	96
Tabel 4.5	Hasil penentuan luas permukaan spesifik, rerata jejari pori dan volume total pori menggunakan metode BET ..	97
Tabel 4.6	Jumlah situs asam katalis	102
Tabel 4.7	Intensitas lima puncak utama difraktogram sinar-X katalis	107
Tabel 4.8	Data hasil uji keasaman permukaan sampel katalis	115
Tabel 4.9	Hasil penentuan luas permukaan spesifik, rerata jejari pori, dan volume pori total dengan menggunakan BET..	118
Tabel 4.10	Hasil analisis kandungan logam Pd dan Ni dalam katalis dengan alat AAS.....	121

Tabel 4.11	Keasaman katalis ditentukan dengan adsorpsi uap piridin	122
Tabel 4.12	Hasil analisis luas permukaan spesifik, volume pori total, dan rerata jejari pori	123
Tabel 4.13	Sudut difraksi, harga d dan intensitas dari puncak-puncak terkuat difraktogram katalis Ni ₃ -Pd ₁ /zeolit-Y	126
Tabel 4.14	Keasaman katalis dengan adsorpsi gas piridin	132
Tabel 4.15	Luas permukaan spesifik, rerata jejari pori, dan volume total pori katalis	137
Tabel 4.16	Tiga puncak utama difraktogram katalis zeolit-Y, Mo/zeolit-Y, Co/zeolit-Y, dan CoMo/zeolit-Y	138
Tabel 5.1	Hasil uji aktivitas katalis	150
Tabel 5.2	Perbandingan distribusi produk perengkahan	151
Tabel 5.3	Komponen penyusun produk cair	152
Tabel 5.4	Hasil uji aktivitas katalis	160
Tabel 5.5	Perbandingan distribusi produk perengkahan	161
Tabel 5.6	Komponen penyusun produk cair	162
Tabel 5.7	Kandungan logam fraksi aspalten (PI-BS) dari aspal Buton	173
Tabel 5.8	Hasil uji aktivitas masing-masing katalis	174
Tabel 5.9	Jumlah fraksi bensin dan minyak gas hasil uji aktivitas masing-masing katalis	177
Tabel 5.10	Distribusi konversi produk uji aktivitas katalis	190
Tabel 5.11	Distribusi fraksi dalam produk cair hasil hidrorengkah aspalten	195
Tabel 5.12	Distribusi produk hidrorengkah aspalten	197
Tabel 5.13	Distribusi produk cair hasil hidrorengkah aspalten	198
Tabel 5.14	Distribusi produk hidrorengkah aspalten (% b/v)	203
Tabel 5.15	Hasil analisis residu aspal PI-BS dengan menggunakan AAN	207
Tabel 5.16	Hasil analisis kualitatif kromatogram CHH	208

Tabel 5.17	Hubungan antara selektivitas dan jenis katalis.....	210
Tabel 5.18	Hasil konversi hidrorengkah fraksi aspalten Lawele	216
Tabel 5.19	Hasil konversi hidrorengkah fraksi aspalten Kabungka..	216
Tabel 5.20	Distribusi produk fraksi cair (fraksi bensin dan diesel) hasil hidrorengkah dari fraksi aspalten Lawele dan Kabungka dari aspal Buton	217
Tabel 5.21	Distribusi produk hidrorengkah aspalten Lawele dan Kabungka menggunakan katalis NiMo/ZAA.....	225
Tabel 5.22	Hasil analisis GC-MS cairan hasil hidrorengkah aspalten Lawele tanpa naftalena pada temperatur 450°C.....	229

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Prasasti Babylonia dari periode Agade terkait penggunaan bitumen aspal	2
Gambar 1.2	Lokasi Kabupaten Buton di Provinsi Sulawesi Tenggara	5
Gambar 1.3	Peta sebaran aspal Buton	6
Gambar 1.4	Penambangan aspal Buton yang terdapat di Sulawesi Tenggara	8
Gambar 1.5	Struktur aspalten yang dikemukakan oleh Altamirano	10
Gambar 1.6	Model struktur aspalten yang diusulkan oleh Nomura	11
Gambar 2.1	Skema tahapan dalam proses ekstraksi padat-cair (AB: desorpsi, BC: difusi, CD: solubilisasi)	22
Gambar 2.2	Struktur molekul toluena.....	26
Gambar 2.3	Struktur aspalten menurut Altamirano	27
Gambar 2.4	Aspal Buton bentuk serbuk (Lawele dan Kabungka)..	29
Gambar 2.5	Fraksi aspalten terlarut toluena:(a) Lawele (b) Kabungka	29
Gambar 2.6	Tiga lapisan hasil pemisahan setelah dua hari.....	31
Gambar 3.1	Mekanisme perengkahan n-parafin terkalisasi asam ..	44
Gambar 3.2	Mekanisme hidrengkah dan hidroisomerisasi hidrokarbon	46
Gambar 4.1	Struktur kerangka γ -Al ₂ O ₃	52
Gambar 4.2	Keasaman katalis.....	56
Gambar 4.3	Perbandingan luas permukaan spesifik katalis.....	57
Gambar 4.4	Volume total pori katalis.....	58

Gambar 4.5	Rerata jejari pori katalis	58
Gambar 4.6	Distribusi katalis (jejari 10–45 Å).....	59
Gambar 4.7	Distribusi katalis (jejari 50–400 Å).....	60
Gambar 4.8	Perkiraan struktur pori hasil regenerasi	61
Gambar 4.9	Kenampakan morfologi fisik katalis	62
Gambar 4.10	Grafik penghilangan kokas pada variasi kondisi regenerasi	63
Gambar 4.11	Keasaman katalis.....	66
Gambar 4.12	Volume total pori katalis.....	67
Gambar 4.13	Rerata jejari pori katalis	68
Gambar 4.14	Distribusi pori katalis (jejari 10–40 Å)	69
Gambar 4.15	Distribusi pori katalis (jejari 40–800 Å)	69
Gambar 4.16	Perkiraan struktur pori hasil regenerasi	70
Gambar 4.17	Kenampakan katalis regenerasi.....	71
Gambar 4.18	Grafik penghilangan kokas pada variasi kondisi regenerasi	72
Gambar 4.19	Satuan pembangun (SBU dan PBU) dalam struktur tiga dimensi zeolit	73
Gambar 4.20	Mekanisme perlakuan uap air pada zeolit.....	80
Gambar 4.21	Proses lepasnya proton dari situs Bronsted menjadi situs Lewis.....	80
Gambar 4.22	Proses stabilitas struktur dari situs Lewis menjadi situs Lewis sebenarnya	81
Gambar 4.23	Spektra IR dari (a) ZAAH dan (b) ZA	81
Gambar 4.24	Unit pembangun primer zeolit: (a) tetrahedra silika, (b) tetrahedra alumina.	82
Gambar 4.25	Struktur kerangka zeolit	82
Gambar 4.26	Spektra IR dari (a) ZAAH dan (b) katalis NiMo/ZAAH.....	83
Gambar 4.27	Difraktogram dari: (a) ZA, (b) ZAAH, dan (c) katalis NiMo/ZAAH.	85

Gambar 4.28	Mikrograf dari (a) ZA 10.000 \times , (b) ZAAH 1.000 \times , dan (c) NiMo/ZAAH 10.000 \times	87
Gambar 4.29	Gambar rangkaian alat untuk kalsinasi, oksidasi, dan reduksi	89
Gambar 4.30	Rangkaian alat pengukur keasaman katalis	90
Gambar 4.31	Struktur zeolit yang menunjukkan situs asam Bronsted dan situs asam Lewis.....	93
Gambar 4.32	Spektra FT-IR sampel: (a) zeolit dan (b) NiMo/ZAA..	94
Gambar 4.33	Difraktogram XRD dari sampel: (a) ZAA dan (b) NiMo/ZAA	96
Gambar 4.34	Foto SEM perbesaran 10.000 \times (a) zeolit (Hadi, 2009) dan (b) NiMo/ZAA.....	98
Gambar 4.35	Skema reaktor aktivasi padatan katalis	100
Gambar 4.36	Spektra IR katalis (a) ZY, (b) Ni/ZY, (c) Mo/ZY dan, (d) NiMo/ZY sebelum dan sesudah adsorpsi uap piridin	104
Gambar 4.37	Situs asam katalis (a) ZY, (b) Ni/ZY, (c) Mo/ZY, dan (d) NiMo/ZY	105
Gambar 4.38	Difraktogram sinar-X katalis (a) NiMo/ZY, (b) Mo/ZY, (c) Ni/ZY dan (d) ZY (- puncak Mo berdasarkan JCPDS 08-2331, - puncak Ni berdasarkan JCPDS 04-0850)	106
Gambar 4.39	Diagram batang luas permukaan katalis NiMo/ZY, Mo/ZY, Ni/ZY, dan ZY	108
Gambar 4.40	Ilustrasi distribusi logam dalam permukaan pengembangan pada katalis (a) NiMo/ZY, (b) Mo/ZY, (c) Ni/ZY dan (d) ZY	109
Gambar 4.41	Diagram batang rerata jejari pori katalis NiMo/ZY, Mo/ZY, Ni/ZY, dan ZY.....	110
Gambar 4.42	Diagram batang total volume pori katalis NiMo/ZY, Mo/ZY, Ni/ZY dan ZY	111

Gambar 4.43	Distribusi pori katalis NiMo/ZY, Mo/ZY, Ni/ZY, dan ZY	112
Gambar 4.44	Difraktogram dari sampel katalis: (a) zeolit-Y, (b) Mo/zeolit-Y, (c) Ni/zeolit-Y, (d) NiMo/zeolit	117
Gambar 4.45	Grafik pengaruh kandungan logam total katalis terhadap keasaman	124
Gambar 4.46	Grafik pengaruh kandungan logam total terhadap luas permukaan Kandungan logam total (g) Kandungan logam total (%b/b).....	124
Gambar 4.47	Grafik pengaruh kandungan logam total terhadap volume pori	125
Gambar 4.48	Grafik pengaruh kandungan logam total terhadap rerata jejari pori	125
Gambar 4.49	Difraktogram katalis	127
Gambar 4.50	Situs asam Brønsted dan situs asam Lewis	133
Gambar 4.51	Stabilisasi struktur situs asam Lewis.....	133
Gambar 4.52	Spektra IR adsorpsi piridin (a) zeolit-Y (b) Mo/zeolit-Y (c) Co/zeolit-Y dan (d) CoMo/zeolit-Y	136
Gambar 4.53	Difraktogram sinar-X (a) zeolit-Y, (b) Mo/zeolit-Y, (c) Co/zeolit-Y dan (d) CoMo/zeolit-Y	140
Gambar 5.1	Distribusi produk cair hidrorengkah aspalten	153
Gambar 5.2	Perbandingan H ₂ S dan kokas	154
Gambar 5.3	Produk gas hasil uji katalis.....	155
Gambar 5.4	Hubungan keasaman katalis dan konversi total	156
Gambar 5.5	Hubungan luas permukaan spesifik dan konversi total.....	156
Gambar 5.6	Hubungan antara rerata jejari pori dan konversi total .	157
Gambar 5.7	Hubungan volume total pori dan konversi total	158
Gambar 5.8	Selektivitas produk cair katalis baru	162
Gambar 5.9	Selektivitas produk cair katalis regenerasi	163
Gambar 5.10	Perbandingan H ₂ S dan kokas	163

Gambar 5.11	Produk gas hasil uji katalis.....	164
Gambar 5.12	Hubungan keasaman katalis dan konversi total	165
Gambar 5.13	Hubungan antara rerata jejari pori dan konversi total .	166
Gambar 5.14	Hubungan volume total pori dan konversi total	167
Gambar 5.15	Rangkaian alat uji aktivitas menggunakan N ₂ sebagai gas pembawa	168
Gambar 5.16	Rangkaian unit uji aktivitas tanpa menggunakan gas N ₂ sebagai gas pembawa	170
Gambar 5.17	Jumlah H ₂ S yang dihasilkan pada proses perengkahan termal dan penggunaan masing-masing kelompok katalis	176
Gambar 5.18	Distribusi produk perengkahan termal dan menggunakan beberapa katalis: (*III) Ni ₁ -Mo ₄ /Nb ₂ O _{5(12%)} -γ-alumina, (III) Ni ₁ -Mo ₄ /Nb ₂ O _{5(12%)} -γ-alumina, (V) Ni ₄ -Mo ₁ /Nb ₂ O _{5(6%)} -γ-alumina, (VII) Mo ₁ -Ni ₄ /γ-alumina, (VIII) Mo ₁ -Ni ₄ /Nb ₂ O _{5(6%)} -γ-alumina.....	178
Gambar 5.19	Hubungan antara rasio Ni/Mo dan urutan pengembunan logam Ni dan Mo dengan jumlah produk perengkahan	179
Gambar 5.20	Hubungan antara keasaman dan kuantitas produk bensin, minyak gas, H ₂ S, dan pembentukan kokas: (a) kelompok katalis Ni ₁ -Mo ₄ /γ-alumina; (b) kelompok katalis Ni ₄ -Mo ₁ /γ-alumina	180
Gambar 5.21	Hubungan antara keasaman dengan kuantitas produk bensin, minyak gas, H ₂ S dan pembentukan kokas untuk kelompok katalis Mo ₁ -Ni ₄ /γ-alumina	181
Gambar 5.22	Hubungan antara keasaman total katalis dan kuantitas fraksi gas dan konversi total.....	181
Gambar 5.23	Grafik hubungan antara luas permukaan spesifik katalis dengan: (a) kuantitas fraksi bensin, minyak gas, H ₂ S, dan kokas; (b) jumlah fraksi gas dan konversi total....	183

Gambar 5.24	Grafik hubungan antara volume total pori katalis dengan: (a) kuantitas fraksi bensin, minyak gas, H ₂ S dan kokas, (b) kuantitas fraksi gas dan konversi total.	184
Gambar 5.25	Grafik hubungan antara rerata jejari pori dan: (a) jumlah fraksi bensin, minyak gas, H ₂ S, dan kokas; (b) jumlah fraksi gas dan konversi total	185
Gambar 5.26	Skema reaktor hidrorengkah	187
Gambar 5.27	Persen konversi total aspalten menggunakan katalis NiMo/ZY, Mo/ZY, Ni/ZY, dan ZY serta perengkahan termal.....	189
Gambar 5.28	Kromatogram produk cair hidrorengkah aspalten menggunakan katalis (a) NiMo/ZY, (b) Mo/ZY, (c) Ni/ZY, dan (d) ZY	193
Gambar 5.29	Reaktor hidrorengkah	200
Gambar 5.30	Penampang reaktor	201
Gambar 5.31	Grafik hubungan kandungan logam total terhadap konversi	203
Gambar 5.32	Grafik hubungan luas permukaan terhadap konversi ..	204
Gambar 5.33	Grafik hubungan volume pori total terhadap konversi	205
Gambar 5.34	Grafik hubungan rerata jejari pori terhadap konversi..	206
Gambar 5.35	Grafik hubungan antara katalis dan H ₂ S.....	207
Gambar 5.36	Kromatogram GC-MS hidrorengkah dengan katalis Ni ³ -Pd ¹ (1%)/zeolit-Y	208
Gambar 5.37	Grafik distribusi senyawa hidrokarbon dalam CHH ...	209
Gambar 5.38	Pengaruh kandungan logam total katalis terhadap selektivitas.....	212
Gambar 5.39	Skema alat hidrorengkah fraksi aspalten menjadi fraksi bensin dan diesel	214

Gambar 5.40	Kromatogram hasil hidrorengkah aspalten Lawele menggunakan rasio umpan/katalis: (a) 3, (b) 4, (c) 5..	219
Gambar 5.41	Kromatogram hasil hirdorengkah aspalten Kabungka menggunakan rasio umpan/katalis: (a) 3, (b) 4, (c) 5..	220
Gambar 5.42	Kromatogram hasil termal aspal Buton Lawele.....	221
Gambar 5.43	Kromatogram hasil termal aspal Buton Kabungka Waktu retensi (menit)	221
Gambar 5.44	Gambar reaktor hidorengkah	222
Gambar 5.45	Kromatogram GC-MS hidorengkah aspalten Lawele tanpa naftalena, T = 450°C.....	228