

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karbon Aktif	6
2.2 Eceng Gondok	12
2.3 Karbon Aktif Doping Nitrogen.....	15

2.4 Baterai.....	19
2.5 Baterai Lithium Sulfur.....	24
2.5.1 Bagian-bagian Baterai Sulfur.....	25
2.5.2 Reaksi Kimia pada Baterai Sulfur	30
2.6 Komposit Karbon Sulfur	33
2.7 Karakterisasi.....	37
2.7.1 Scanning Electron Microscope (SEM).....	37
2.7.2 Thermogravimetric Analysis (TGA).....	39
2.7.3 Brunauer-Emmett-Teller (BET)	41
2.7.4 Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	42
2.7.5 Four Point Probe (FPP)	48
2.7.6 Pengisian Pengosongan (CD)	50
BAB III METODE PENELITIAN	53
3.1 Alat dan Bahan.....	53
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	55
3.3 Prosedur Penelitian	56
3.3.1 Pembuatan Arang Aktif Doping N.....	56
3.3.1.1 Proses Pembuatan Arang Aktif Doping N.....	57
3.3.2 Pembuatan Komposit AAEGN/S	61
3.3.2.1 Proses Pembuatan Komposit AAEGN/S	63
3.3.3 Pembuatan Sel Baterai Li/S	64

3.3.3.1	Proses Pembuatan Baterai Li/S	66
3.4	Pengujian Arang Aktif.....	73
3.4.1	Pengujian Morfologi dan Komposisi (SEM-EDS).....	73
3.4.2	Pengujian Gugus Fungsi (FTIR).....	73
3.4.3	Pengujian Luas Permukaan Spesifik (BET)	73
3.4.4	Pengujian Konduktivitas (FPP)	74
3.5	Pengujian Komposit AAEGN/S.....	75
3.5.1	Pengujian Morfologi dan Komposisi (SEM-EDS).....	75
3.5.2	Pengujian Bobot Muatan Sulfur (TGA).....	75
3.5.3	Pengujian Konduktivitas (FPP)	76
3.6	Pengujian Baterai Li/S.....	76
3.6.1	Pengujian Sel Koin <i>Charge-Discharge</i> (CD)	76
BAB IV HASIL DAN ANALISA		77
4.1	Pembuatan Arang Aktif Doping N	77
4.1.1	Hasil Pengujian SEM-EDS Arang Aktif Doping N	77
4.1.2	Hasil Pengujian FTIR Arang Aktif Doping N	80
4.1.3	Hasil Pengujian BET Arang Aktif Doping N	85
4.1.4	Hasil Pengujian FPP Arang Aktif Doping N	86
4.2	Pembuatan Komposit AAEGN/S.....	89
4.2.1	Hasil Pengujian SEM-EDS Komposit AAEGN/S.....	89
4.2.2	Hasil Pengujian TGA Komposit AAEGN/S	91

4.2.3 Hasil Pengujian FPP Komposit AAEGN/S	94
4.3 Pembuatan Sel Baterai Li/S.....	97
4.3.1 Hasil Pengujian CD Baterai Li/S-AAEGN.....	97
4.3.2 Hasil Pengujian Siklibilitas dan Efisiensi Coulomb Baterai Li/S AAEGN	104
BAB V KESIMPULAN.....	111
5.1 Kesimpulan.....	111
5.2 Saran	112
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN	136

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Macam – macam <i>activator</i> yang telah dipakai peneliti (Saputro <i>et al.</i> , 2020)	12
Tabel 2. 2 Komposisi kimia eceng gondok (Deshpande <i>et al.</i> , 2008)	14
Tabel 2. 3 Konduktivitas listrik dari karbon aktif yang diberi doping N (Hidayat, 2022)	16
Tabel 2. 4 Kronologi Perkembangan Baterai Li-Ion (Pruthvija and Lakshmi, 2020). 23	
Tabel 2. 5 Spektrum IR dengan tipe senyawa dan interval daerah bilangan gelombangnya (Skoog, Holler and Crouch, 2018).....	47
Tabel 4. 1 Unsur utama hasil EDS sampel AEGN dan AAEGN	79
Tabel 4. 2 Analisa kualitatif hasil FTIR AEGN dan AAEGN	82
Tabel 4. 3 Luas permukaan spesifik hasil BET	86
Tabel 4. 4 Hasil FPP untuk AAEGN	87
Tabel 4. 5 Unsur utama hasil EDS sampel AAEGN/S 1:2,5 dan 1:3,5	91
Tabel 4. 6 Hasil FPP untuk AAEGN/S 1:2,5	95
Tabel 4. 7 Hasil FPP untuk AAEGN/S 1:3,5	95
Tabel 4. 8 Data kapasitas grafik CD untuk 1:2,5 200 μm	102
Tabel 4. 9 Data kapasitas grafik CD untuk 1:3,5 100 μm	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Unsur Karbon (Chang, 2010).....	6
Gambar 2. 2 Karbon Aktif (Gonçalves, Pereira and Veit, 2016)	7
Gambar 2. 3 Struktur Berpori dari Karbon Aktif (Kirk, Othmer and Grayson, 2007) .	8
Gambar 2. 4 Aplikasi Karbon Aktif sebagai Adsorben (Heidarinejad <i>et al.</i> , 2020)...	8
Gambar 2. 5 Produksi dari Karbon Aktif (Kirk, Othmer and Grayson, 2007).....	9
Gambar 2. 6 (a) Proses doping N (Rana, He, <i>et al.</i> , 2019) dan (b) Ikatan PS pada karbon doping N (Rana <i>et al.</i> , 2020)	17
Gambar 2. 7 Jenis ikatan nitrogen pada material karbon (Gopalakrishnan and Badhulika, 2020)	18
Gambar 2. 8 Sistem Baterai Sederhana (Kiehne, 2003)	20
Gambar 2. 9 a. Struktur Baterai Li-S serta Keadaan <i>Charge</i> dan <i>Discharge</i> b. Bentuk Unsur dan Senyawa saat <i>Charge</i> dan <i>Discharge</i> (Manthiram, Fu and Su, 2013).....	25
Gambar 2. 10 Perisai Ion Polisulfida (Huang, Zhang and Wei, 2015)	27
Gambar 2. 11 Skema "Salt-in-Solvent" dan "Solvent-in-Salt" dalam Baterai Li-S, dan Pelarutan Polisulfida Lithium dan Morfologi Permukaan Lithium dalam Sistem Elektrolit yang Berbeda (Suo <i>et al.</i> , 2013)	29
Gambar 2. 12 Skema Elektrokimia dari Li/S (Zhao <i>et al.</i> , 2016)	30
Gambar 2. 13 Ilustrasi Pengosongan Baterai Li/S (Seh, 2015)	31
Gambar 2. 14 (a) Titik reaksi yang dipilih selama proses pelepasan pertama sel Li/PVdF/S dan (b) model reaksi pelepasan/pengisian sel Li/S (Ryu <i>et al.</i> , 2006).....	33
Gambar 2. 15 Ilustrasi Belerang Terkurung Dalam Struktur Pori dari Karbon Mesoporous (Ji, Lee and Nazar, 2009)	35
Gambar 2. 16 Skema Proses Reaksi Elektrokimia Terbatas dalam Mikropori Katoda Komposit Sulfur/Karbon (Zhang <i>et al.</i> , 2010)	36
Gambar 2. 17 Komponen SEM dan Skema Prinsip Kerjanya (Marturi, 2013).....	39

Gambar 2. 18 Kurva TGA Arang Aktif Tempurung Kelapa (HSAAC), Komposit Arang Aktif dengan Sulfur (S/HSAAC), dan Sulfur (S) (Liu <i>et al.</i> , 2015)	40
Gambar 2. 19 Kurva termogravimetri analisis (Coats and Redfern, 1963)	41
Gambar 2. 20 <i>Setup</i> umum alat FTIR (Gerwert and Kotting, 2010).....	43
Gambar 2. 21 Penggunaan FFT untuk mendapatkan spektrum <i>infrared</i> (Gerwert and Kotting, 2010).....	44
Gambar 2. 22 Ilustrasi skematis dari empat mode: transmisi, ATR, reflektansi difus, dan reflektansi spekular sejati/penyerapan reflektansi (Gaddam and Zhao, 2023).....	45
Gambar 2. 23 Daerah tengah spektrum IR (Nandiyanto, Oktiani and Ragadhita, 2019)	46
Gambar 2. 24 Skema alat uji <i>four point probe</i> (Maulititus Eko Pramono, Natasza Putri Riadi, no date).....	49
Gambar 2. 25 Grafik Siklitalibilitas Katoda Komposit Arang Aktif Tempurung Kelapa Li/S (Liu <i>et al.</i> , 2015).....	52
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	55
Gambar 3. 2 Diagram alir pembuatan arang aktif doping N	57
Gambar 3. 3 Hasil pengeringan EG yang dipotong dengan ukuran 2-5 cm, bagian batang (kiri) dan daun (kanan).....	58
Gambar 3. 4 Eceng gondok kering (kiri), urea (tengah) dan larutan urea 1M (kanan)	58
Gambar 3. 5 Prekursor hasil rendaman dan bubuk sampel setelah dipanaskan	59
Gambar 3. 6 Hasil penyaringan arang dengan mesh 200.....	59
Gambar 3. 7 Penimbangan AEGN (kiri), ZnCl ₂ (tengah), dan pengukuran pelarut aquades (kanan).....	60

Gambar 3. 8 Larutan $ZnCl_2$ 30%, impregnasi karbon, dan penyaringan dengan kertas <i>Whatman</i> No.42	60
Gambar 3. 9 Penyaringan dengan kertas <i>Whatman</i> No.42 dan pengeringan hasil pencucian	61
Gambar 3. 10 Tube furnace dan AAEGN yang dikalsinasi.....	61
Gambar 3. 11 Diagram alir pembuatan komposit	62
Gambar 3. 12 Penimbangan AAEGN (kiri) dan sulfur (kanan).....	63
Gambar 3. 13 Pencampuran AEGN dan sulfur dengan mortar dan alu	63
Gambar 3. 14 Komposit karbon/sulfur sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dipanaskan	64
Gambar 3. 15 Diagram alir pembuatan sel baterai Li/S.....	66
Gambar 3. 16 Penambahan PVDF secara perlahan pada pelarut NMP	66
Gambar 3. 17 Penambahan <i>Carbon Black/AB</i> pada PVDF	67
Gambar 3. 18 Penambahan komposit AAEGN/S	67
Gambar 3. 19 Proses deposisi <i>slurry</i> dengan <i>doctor blade</i>	68
Gambar 3. 20 Katoda komposit dengan ukuran 1,5 cm.....	68
Gambar 3. 21 Penimbangan katoda.....	69
Gambar 3. 22 Pembuatan elektrolit cair di dalam glove box	69
Gambar 3. 23 Penyaringan dengan kertas <i>Whatman</i> No.42 dan pengeringan hasil pencucian	70
Gambar 3. 24 Pematangan Celgard 2400	70
Gambar 3. 25 Perakitan sel baterai pada <i>glove box</i>	71
Gambar 3. 26 Pencetakan baterai dan sel koin baterai yang sudah jadi	72
Gambar 3. 27 Pengujian charge discharge dengan <i>Automatic Battery Cycler WonATech WBCS3000</i>	72
Gambar 3. 28 Pengujian konduktivitas menggunakan metode FPP	75
Gambar 3. 29 Pengujian CD di Print-G	76

Gambar 4. 1 Morfologi hasil SEM; (a) AEGN perbesaran 3000x, (b) AAEGN perbesaran 2500x.....	78
Gambar 4. 2 Grafik hasil FTIR untuk AEGN dan AAEGN	81
Gambar 4. 3 Grafik tingkat absorbansi pada daerah bilangan gelombang FTIR	85
Gambar 4. 4 Grafik tegangan terhadap arus AAEGN.....	89
Gambar 4. 5 Morfologi komposit AAEGN/S (a) rasio 1:2,5 perbesaran 2000x, (b) rasio 1:3,5 perbesaran 3000x..	90
Gambar 4. 6 Kurva TGA komposit AAEGN/S 1:2,5	93
Gambar 4. 7 Komparasi Kurva TGA sulfur, komposit doping, dan non doping	93
Gambar 4. 8 Grafik tegangan terhadap arus AAEGN/S 1:2,5.....	96
Gambar 4. 9 Grafik tegangan terhadap arus AAEGN/S 1:3,5.....	97
Gambar 4. 10 Kurva pengisian dan pengosongan kapasitas pada laju muatan 1C baterai Li/S variasi 1:2,5 200 μ m	100
Gambar 4. 11 Kurva pengisian dan pengosongan kapasitas pada laju muatan 1C baterai Li/S variasi 1:3,5 100 μ m	104
Gambar 4. 12 Representasi lithium dan polisulfida pada elektrolit (Zhou <i>et al.</i> , 2022)	105
Gambar 4. 13 Kurva siklibilitas dan efisiensi coulomb baterai Li/S variasi 1:2,5 200 μ m	106
Gambar 4. 14 Persen kapasitas upper region dan lower region	108
Gambar 4. 15 Ilustrasi Kurva Discharge Siklus 42, 44 dan 45	109
Gambar 4. 16 Kurva siklibilitas dan efisiensi coulomb baterai Li/S variasi 1:3,5 100 μ m sebelum	110

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel penimbangan massa AAEGN, sulfur, dan komposit.....	136
Lampiran 2 Tabel penimbangan massa komposit setelah difusi leleh dan annealing	136
Lampiran 3 Tabel penimbangan massa katoda & alumunium foil	136
Lampiran 4 FPP AAEGN	138
Lampiran 5 FPP AAEGN/S 1:2,5	139
Lampiran 6 FPP AAEGN/S 1:3,5	139
Lampiran 7 Hasil FTIR AEGN	139
Lampiran 8 Hasil FTIR AEGN	140
Lampiran 9 Grafik TGA-DTA-DTG	140
Lampiran 10 Sertifikat BET AEGN.....	141
Lampiran 11 Sertifikat BET AAEGN.....	142
Lampiran 12 Data Hasil CD Siklibilitas 1:2,5 200 μm	143
Lampiran 13 Data Hasil CD Siklibilitas 1:3,5 100 μm	144
Lampiran 14 Siklibilitas untuk seluruh siklus pada variasi 1:2,5 200 μm	146
Lampiran 15 Siklibilitas untuk seluruh siklus pada variasi 1:3,5 100 μm	146
Lampiran 16 Persen Kapasitas UR dan LR 1:2,5 200 μm	147