

**SINTESIS *N-DOPED HARD CARBON* DARI PATI
GANYONG DENGAN PROSES KARBONISASI
HIDROTERMAL DAN AKTIVASI NaNH_2**

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai
gelar sarjana dibidang ilmu Teknik Kimia

Oleh:

Willy Chandra

(2017620046)

Pembimbing:

Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D.

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



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2023



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Willy Chandra

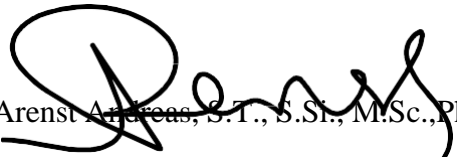
NPM : 2017620046

Judul : Sintesis *N-Doped Hard Carbon* dari Pati Ganyong dengan Proses Karbonisasi
Hidrotermal dan Aktivasi NaNH_2

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 7 Februari 2023

Pembimbing 1


Arenst Andreas, S.T., S.St., M.Sc., Ph.D

Pembimbing 2


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



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Willy Chandra

NPM : 2017620046

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**SINTESIS *N-DOPED HARD CARBON* DARI PATI GANYONG DENGAN
PROSES KARBONISASI HIDROTERMAL DAN AKTIVASI NaNH_2**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari 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, 2 Februari 2023



Willy Chandra
(2017620046)



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

LEMBAR REVISI

Nama : Willy Chandra

NPM : 2017620046

Judul : Sintesis *N-Doped Hard Carbon* dari Pati Ganyong dengan Proses Karbonisasi
Hidrotermal dan Aktivasi NaNH_2

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 6 Februari 2023

Penguji 1

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

Penguji 2

I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T.

INTISARI

Biaya yang mahal dan kelangkaan sumber bahan baku dalam pembuatan baterai berbasis litium menjadikan baterai sodium sebagai alternatif pengganti yang tepat. Sejauh ini, penelitian mengenai material anoda bagi baterai sodium mengarah pada *hard carbon*. Material karbon ini memiliki sifat *non-graphitizable* dan dapat memuat ion sodium dalam jumlah yang relatif tinggi. *N-doping* pada *hard carbon* dapat meningkatkan konduktivitas listrik pada anoda baterai. Pada penelitian ini, dilakukan sintesis *N-doped hard carbon* (NHC) dari pati ganyong dengan aktivator sodium amida (NaNH_2).

Penelitian ini terdiri dari 3 bagian, yaitu pada bagian pertama dilakukan proses karbonisasi 2 tahap (HTC + pirolisis), pada bagian kedua dilakukan proses karbonisasi 1 tahap (pirolisis), dan bagian yang terakhir yaitu karakterisasi NHC. Pada proses HTC dilakukan pada temperatur 200 °C selama 24 jam dan proses pirolisis dilakukan dengan menambahkan sodium amida (NaNH_2) pada temperatur 500 °C dan 700 °C selama satu jam. Setelah itu, dilakukan proses karakterisasi NHC melalui analisis SEM-EDS dan XRD.

Sintesis NHC yang melalui proses karbonisasi dua tahap menghasilkan perolehan massa yang lebih besar tetapi *yield* yang diperoleh lebih rendah dibanding NHC yang disintesis melalui proses karbonisasi satu tahap. Dari kedua jenis proses karbonisasi tersebut, penggunaan NaNH_2 sebagai *activating agent* sekaligus *N-doping agent* berhasil melangsungkan *N-doping* pada *hard carbon*. Berdasarkan hasil analisis EDS, Produk NHC yang dilangsungkan dengan proses karbonisasi dua tahap menghasilkan kandungan % nitrogen yang lebih besar daripada karbonisasi satu tahap. Dari hasil analisis SEM, NHC yang disintesis melalui karbonisasi dua tahap menghasilkan morfologi dengan bentuk *microsphere* dengan adanya pori-pori, sedangkan NHC yang disintesis melalui karbonisasi satu tahap menghasilkan morfologi dengan bentuk *flakes* atau lembaran-lembaran yang tersusun secara berantakan dengan terdapatnya pori-pori. Kemudian, hasil analisis XRD menunjukkan bahwa kedua variasi proses ini menghasilkan NHC dengan *interlayer spacing* di rentang 0,37 hingga 0,389 nm, dimana nilai tersebut lebih besar dari nilai *interlayer spacing* pada grafit yaitu 0,335 nm. Hal tersebut mengindikasikan material NHC dapat memfasilitasi interkalasi ion sodium sehingga cocok digunakan sebagai material anoda *sodium ion batteries*. Selain itu, diperoleh nilai *intercrystallite* yang berkisar diantara 0,20 nm – 0,22 nm, nilai panjang lateral (La) yang berkisar diantara 4,4 nm – 5,6 nm, dan tersusun atas 3 – 4 lapisan *graphene*.

Kata kunci : *N-doped hard carbon*, pati ganyong, karbonisasi hidrotermal, aktivasi NaNH_2

ABSTRACT

Expensive costs and scarcity of raw material sources in the manufacture of lithium-based batteries make sodium batteries an appropriate alternative. So far, research on the anode material for sodium batteries has focused on hard carbon. This carbon material has non-graphitizable properties and can contain relatively high amounts of sodium ions. N-doping on hard carbon can increase the electrical conductivity of the battery anode. In this research, synthesis of N-doped hard carbon (NHC) from canna starch with sodium amide (NaNH_2) activator was carried out.

This study consisted of 3 parts, namely in the first part a 2-stage carbonization process (HTC + pyrolysis) was carried out, in the second part a 1-stage carbonization process (pyrolysis) was carried out, and the last part was the characterization of NHC. The HTC process was carried out at 200 °C for 24 hours and the pyrolysis process was carried out by adding sodium amide (NaNH_2) at 500 °C and 700 °C for one hour. After that, the NHC characterization process was carried out through SEM-EDS and XRD analysis.

The synthesis of NHC through a two-stage carbonization process resulted in greater mass gain but the yields obtained were lower than NHC synthesized through a single-stage carbonization process. Of the two types of carbonization processes, the use of NaNH_2 as an activating agent as well as an N-doping agent succeeded in establishing N-doping on hard carbon. Based on the results of the EDS analysis, NHC products carried out by a two-stage carbonization process produced a higher % nitrogen content than the one-stage carbonization. From the results of SEM analysis, NHC synthesized through two-stage carbonization produced a morphology in the form of microspheres with the presence of pores, while NHC synthesized via one-step carbonization produced morphology in the form of flakes or sheets arranged in a disorderly manner with the presence of pores. Then, the results of the XRD analysis showed that these two variation processes produced NHC with interlayer spacing in the range of 0.37 to 0.389 nm, where this value is greater than the interlayer spacing value on graphite which is 0.335 nm. This indicates that the NHC material can facilitate the intercalation of sodium ions making it suitable for use as an anode material for sodium ion batteries. In addition, obtained intercrystallite values ranging from 0.20 nm – 0.22 nm, lateral length values (L_a) ranging from 4.4 nm – 5.6 nm, and composed of 3 – 4 layers of graphene.

Keywords: N-doped hard carbon, canna starch, hydrothermal carbonization, NaNH_2 activation

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kudus karena oleh berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian berjudul “Sintesis *N-Doped Hard Carbon* dari Pati Ganyong dengan Proses Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasi NaNH_2 ” tepat pada waktunya. Penulisan laporan penelitian ini dilakukan guna memenuhi persyaratan mata kuliah CHE 184650-04 “Penelitian” untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan. Dalam proses penyusunan laporan penelitian ini terdapat banyak dukungan dan semangat yang diberikan oleh berbagai pihak dan orang-orang terdekat. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Hans Kristianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan sepanjang proses penyusunan laporan penelitian ini.
2. Orang tua dan keluarga atas doa dan dukungan moral yang selalu diberikan bagi penulis.
3. Teman-teman di Program Studi Teknik Kimia UNPAR angkatan 2017 atas dukungan dan saran kepada penulis.
4. Teman-teman senior di Program Studi Teknik Kimia UNPAR angkatan 2016 atas saran dan referensi yang diberikan selama proses di mata kuliah CHE 184650-04.
5. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis baik secara langsung dan tidak langsung dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa pada laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dari laporan penelitian ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih, dan berharap laporan penelitian ini tidak hanya bermanfaat bagi penulis, namun juga bagi pembaca.

Bandung, 10 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
INTISARI.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	3
1.3 Identifikasi Masalah	3
1.4 Premis.....	3
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Tujuan Penelitian	4
1.7 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pati	6
2.2 <i>Hard Carbon</i>	8
2.3 Karbonisasi Hidrotermal.....	10
2.3.1 Reaksi Hidrolisis	11
2.3.2 Reaksi Dehidrasi dan Dekarboksilasi.....	12
2.3.3 Reaksi Polimerasi, Kondensasi, dan Aromatisasi	13

2.4 Proses Pirolisis	14
2.5 Aktivasi NaNH_2 dan <i>N-Doped Hard Carbon</i>	16
2.6 Analisa	19
2.6.1 Analisis SEM	19
2.6.2 Analisis EDS	19
2.6.3 Analisis XRD	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Tahap Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan.....	23
3.3 Prosedur Penelitian	24
3.3.1 Karbonisasi Dua Tahap	24
3.3.2 Karbonisasi Satu Tahap	26
3.4 Analisis	28
3.5 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	28
BAB IV PEMBAHASAN	30
4.1 Sintesis <i>N-Doped Hard Carbon</i>	30
4.2 Analisa SEM <i>N-Doped Hard Carbon</i>	32
4.3 Analisis EDS <i>N-doped Hard Carbon</i>	35
4.4 Analisis XRD <i>N-Doped Hard Carbon</i>	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN A MATERIAL SAFETY DATA SHEET (MSDS)	51
A.1 Sodium Amida (NaNH_2).....	51
A.2 Etanol	52
A.3 Gas Nitrogen	53

LAMPIRAN B DATA ANTARA.....	55
LAMPIRAN C CONTOH PERHITUNGAN.....	58
C.1 Perolehan <i>Yield Hydrochar</i>	58
C.2 Perolehan <i>Yield N-Doped Hard Carbon</i>	58
C.3 Penentuan <i>Interlayer Spacing</i> (d_{002}), Jarak <i>Intercrystallite</i> (d_{100}), Tinggi <i>Graphene Stacking</i> (L_c), dan Panjang <i>Lateral Microcrystallite</i> (L_a)	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Amilosa dan Amilopektin (Nawaz dkk., 2020)	6
Gambar 2.2 Struktur Semi-Kristalin Granula Pati (Seung, 2020)	7
Gambar 2.3 Ilustrasi Struktur (a) <i>Graphitizing Carbon</i> , (b) <i>Non-Graphitizing Carbon</i> (Franklin & A., 1951).....	9
Gambar 2.4 Struktur Lapisan <i>Graphene</i> (Shinn, 1984).....	9
Gambar 2.5 Perbedaan <i>Graphite</i> dan <i>Hard Carbon</i> (Xiao dkk., 2019).....	10
Gambar 2.6 Karakteristik Air Pada Proses Hidrotermal (T.Wang dkk., 2018).....	11
Gambar 2.7 Skema Mekanisme Reaksi Pembentukan <i>Hydrochar</i> Melalui Proses Karbonisasi Hidrotermal (Sevilla & Fuertes, 2009).....	13
Gambar 2.8 Skema Mekanisme Reaksi Pembentukan <i>Char</i> atau Karbon Melalui Proses <i>Direct Pyrolysis</i> (Lin dkk., 2009).....	15
Gambar 2.9 Ilustrasi (A) Substitusi Spesies Oksigen pada Permukaan Prekursor Karbon oleh Spesies Nitrogen dari NaNH_2 (Wen dkk., 2014) dan (B) Pembentukan <i>Interlayer Spacing</i> dengan NaNH_2 (J. Wang & Kaskel, 2012).....	18
Gambar 2.10 Analisa XRD terhadap <i>Hard Carbon</i> (Khosravi dkk., 2014)	20
Gambar 2.11 Skema Difraksi Sinar-X (Hakim dkk, 2019)	20
Gambar 2.12 Struktur <i>Microcrystallites</i> pada <i>Hard Carbon</i> (Khosravi dkk., 2014).....	21
Gambar 3.1 Ilustrasi Tahap Penelitian.....	22
Gambar 3.2 Autoklaf <i>Teflon-Lined</i> (Ahmad dkk., 2017)	24
Gambar 3.3 <i>Furnace</i> dan Tabung Gas Nitrogen.....	24
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Karbonisasi Hidrotermal	25
Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Aktivasi	26
Gambar 3.6 Diagram Alir Proses Karbonisasi Satu Tahap.....	27
Gambar 4.1 Hasil Analisis SEM <i>N-Doped Hard Carbon</i> (a) HN12700, (b) HN12500, (c) HN115700, dan (d) HN15500	33
Gambar 4.2 Hasil Analisis SEM <i>N-Doped Hard Carbon</i> (a) PGN12700, (b) PGN12500, (c) PGN115700, dan (d) PGN115500	34
Gambar 4.3 Bentuk Sterik Gugus Oksigen Pada Lapisan Antar <i>Graphene</i> Menghambat Interkalasi Ion Sodium (Wen dkk., 2014)	37

Gambar 4.4 Grafik XRD *N-Doped Hard Carbon* pada Sampel (a) HN dan (b) PGN 38

Gambar 4.5 Nilai d_{002} , L_a , dan L_c pada Struktur Karbon (Rezende & Talim, 2018)..... 38

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Variasi Sintesis <i>N-Doped Hard Carbon</i>	5
Tabel 3.1 Variasi Proses Penelitian	27
Tabel 3.2 Jadwal Kerja Penelitian	28
Tabel 3.2 Jadwal Kerja Penelitian (lanjutan (1))	29
Tabel 3.2 Jadwal Kerja Penelitian (lanjutan (2))	29
Tabel 3.2 Jadwal Kerja Penelitian (lanjutan (3))	29
Tabel 4.1 Massa dan Yield N-Doped Hard Carbon Hasil Karbonisasi Dua Tahap.....	30
Tabel 4.2 Massa dan Yield N-Doped Hard Carbon Hasil Karbonisasi Satu Tahap	31
Tabel 4.3 Hasil Analisis EDS N-Doped Hard Carbon pada Keseluruhan Sampel.....	35
Tabel 4.4 Hasil Analisis dan Perhitungan dari Grafik XRD.....	39
Tabel 4.5 Nilai % Kristal dan % Amorf pada Keseluruhan Sampel.....	40
Tabel B.1 Perolehan Massa dan <i>Yield N-Doped Hard Carbon</i>	55
Tabel B.2 Analisis EDS pada Sampel <i>N-Doped Hard Carbon</i>	55
Tabel B.3 Pengolahan Data Analisis XRD pada Sampel <i>N-doped Hard Carbon</i>	56
Tabel B.3 Pengolahan Data Analisis XRD pada Sampel <i>N-doped Hard Carbon</i> (lanjutan)	56
Tabel B.4 Nilai % Kristal dan % Amorf pada Keseluruhan Sampel	57

DAFTAR SIMBOL

λ	= panjang gelombang sinar-X (nm)
θ	= sudut difraksi (derajat)
K_C & K_a	= faktor bentuk, dengan nilai umum 0,9 untuk K_C dan 1,84 untuk K_a
β	= <i>full width of half maximum</i> atau FWHM
$d_{(002)}$	= jarak <i>interlayer spacing</i> (nm)
$d_{(100)}$	= jarak <i>intercrystallite</i> (nm)
$L_{C(002)}$	= tinggi susunan <i>layer graphene</i> (nm)
$L_{a(100)}$	= panjang lateral (nm)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem penyimpanan energi sebagai sumber energi yang terbarukan merupakan topik yang paling banyak dikembangkan di era modern untuk menjaga kelangsungan sumber daya alam di masa depan. Dalam penyimpanan energi listrik, baterai ion logam alkali yang dapat diisi ulang, seperti baterai ion litium (LIB), baterai ion sodium (SIB), dan baterai ion kalium (PIB), secara luas dianggap sebagai sistem penyimpanan energi elektrokimia yang paling menjanjikan dan efisien (Dou dkk., 2019). Diantara ketiga baterai tersebut, baterai yang berbasis litium merupakan baterai yang paling umum digunakan karena sumber daya energinya yang cukup besar dan masa pemakaiannya yang cukup lama. Namun, biaya yang mahal dan kelangkaan sumber bahan baku dalam pembuatan baterai berbasis litium yaitu kobalt, tembaga, dan litium memicu pencarian alternatif pengganti baterai berbasis litium. Alternatif pengganti yang dapat digunakan adalah baterai yang berbasis sodium dan kalium. Baterai yang berbasis sodium dapat digunakan sebagai alternatif pengganti baterai litium karena ketersediaan sodium yang melimpah dan biaya bahan baku pembuatannya yang lebih rendah (Kim dkk., 2018). Baterai yang berbasis sodium ini juga mampu menghasilkan elektroda dengan kinerja tinggi sehingga mampu bersaing secara komersial (Lina Zhao dkk., 2022).

Pada baterai yang berbasis litium digunakan *graphite* sebagai anodanya sedangkan untuk baterai sodium, *graphite* tidak dapat digunakan sebagai anodanya karena ion sodium memiliki ukuran yang lebih besar (radius 1,06 Å) dibanding ion litium (radius 0,76 Å) sehingga tidak cocok dengan *interlayer spacing* pada *graphite* (Engelke & Engelke, 2015). Selain *graphite*, terdapat material karbon lain yaitu *soft carbon*. Mirip seperti *graphite*, material tersebut relatif lebih cocok digunakan pada baterai litium dibanding sodium, dikarenakan strukturnya yang cukup *graphitizable* (Stevens & Dahn, 2000). Untuk menemukan anoda yang lebih kompatibel dengan baterai sodium, maka telah dilakukan beberapa penelitian mengenai material anoda yang cocok untuk baterai sodium seperti *alloy*, logam oksida/sulfat, senyawa organik, fosfat dan material karbon. Dari hasil penelitian tersebut, didapatkan bahwa material karbon paling cocok karena materialnya yang banyak tersebar di bumi, tingkat kestabilan struktur yang tinggi, ramah lingkungan dan murah (Dou dkk., 2019; Zhu dkk., 2017). Menurut Stevens & Dahn (2000), saat ini

diyakini bahwa material *hard carbon* merupakan kandidat terbaik sebagai anoda baterai sodium. Hal tersebut dikarenakan kemampuan material tersebut dalam interkalasi ion sodium (Z. Li dkk., 2017). Selain itu, *hard carbon* juga memiliki kapasitas penyimpanan energi yang relatif besar, stabilitas siklus pengisian daya yang baik (Dou dkk., 2019).

Untuk mensintesis *hard carbon*, prekursor karbon yang digunakan dapat berasal dari batu bara atau polimer (Franklin & A, 1951). Akan tetapi, bahan prekursor tersebut bersifat tidak terbarukan dan tidak ramah lingkungan. Maka dari itu, prekursor karbon dalam pembuatan *hard carbon* banyak yang dialihkan ke biomassa karena merupakan material yang bersifat terbarukan, tersedia dalam jumlah yang banyak, dan murah. Biomassa tersebut dapat berupa selulosa, lignin, dan pati. Pati dikenal sebagai prekursor *hard carbon* yang memiliki kandungan karbon yang tinggi (Xie dkk., 2020). Penelitian mengenai pemanfaatan pati sebagai bahan baku sintesis *hard carbon* telah dilakukan berbagai pihak. Penelitian yang dilakukan oleh H. Chen dkk., (2018), W. Li dkk., (2011), dan Cong dkk., (2020) memanfaatkan berbagai macam jenis pati yaitu pati ginkgo, pati kentang, dan pati jagung untuk membuat *hard carbon*. Pada penelitian pembuatan *hard carbon* tersebut, digunakan proses sintesis yang terdiri dari karbonisasi hidrotermal (HTC) dan kemudian dilanjutkan dengan aktivasi termal (pirolisis). Pada proses HTC, akan dihasilkan produk dengan distribusi 50-80% padatan char, 5-20% senyawa organik terlarut (cairan) dan hanya 2-5% gas. Di lain sisi, proses pirolisis akan menghasilkan 35% padatan, 30% cairan dan 35% gas (Libra dkk., 2011).

Seiring dengan berkembangnya penelitian mengenai *hard carbon*, *hard carbon* tersebut telah banyak dimodifikasi oleh para peneliti dengan menambahkan *doping agent*. Berbagai macam *doping agent* seperti penambahan unsur nitrogen, fosfor, dan sulfur telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Penambahan *nitrogen doping* pada *hard carbon* merupakan hal yang paling banyak diteliti karena dapat meningkatkan konduktivitas listrik pada *hard carbon*. Menurut Hu dkk., (2017) dengan adanya penambahan *N-doping* pada *hard carbon* dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan ion sodium dari 300 mAh/g menjadi 700 mAh/g. Penambahan *nitrogen doping* ini bisa dilangsungkan dengan reaksi dengan senyawa sumber nitrogen, antara lain urea dan biuret (Siemion dkk., 2005) ataupun dengan menambahkan aktivator seperti NaNH_2 (L. Wang dkk., 2018).

Pada penelitian ini, disintesis *N-doped hard carbon* dari bahan baku yang berupa pati dari umbi ganyong (*canna edulis*). Sintesis N-doped Hard Carbon ini dapat dilakukan melalui dua cara yaitu yang pertama dengan karbonisasi dua tahap (HTC + pirolisis) dan

karbonisasi satu tahap (pirolisis). Pada saat melakukan tahap pirolisis atau tahap aktivasi *hard carbon*, digunakan aktivator yang berupa sodium amida (NaNH_2). Selain sebagai aktivator, sodium amida juga berperan sebagai *N-doping agent*. Selain itu, pada proses pembuatan *N-doped hard carbon* dilakukan variasi rasio massa pati terhadap aktivator dan variasi temperatur proses pirolisis. Hasilnya, diperoleh *N-doped hard carbon* yang dikarakterisasi melalui analisis SEM - EDS dan XRD.

1.2 Tema Sentral Masalah

Penggunaan *hard carbon* sebagai anoda baterai sodium merupakan salah satu alternatif dalam mengganti *graphite* sebagai anoda baterai litium. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *hard carbon* yang memiliki konduktivitas listrik yang lebih baik dengan membuat *hard carbon* dari pati ganyong yang telah diaktivasi dengan menggunakan sodium amida (NaNH_2) sehingga didapatkan *N-doped hard carbon*. Proses sintesis *hard carbon* dilakukan dengan karbonisasi hidrotermal dan dilanjutkan dengan proses pirolisis untuk mendapatkan *N-doped hard carbon* untuk karbonisasi dua tahap dan langsung dilakukan proses pirolisis untuk mendapatkan *N-doped hard carbon* untuk karbonisasi satu tahap.

1.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang menjadi latar belakang penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh rasio jumlah penambahan aktivator sodium amida (NaNH_2) pada pati ganyong terhadap perolehan dan karakteristik *N-doped hard carbon* (*yield*, morfologi, struktur, kristalinitas, dan komposisi) yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh temperatur pirolisis terhadap perolehan dan karakteristik produk *N-doped hard carbon* (*yield*, morfologi, struktur, kristalinitas, dan komposisi) yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh perbedaan antara karbonisasi dua tahap dengan karbonisasi satu tahap terhadap perolehan dan karakteristik produk *N-doped hard carbon* (morfologi, struktur, kristalinitas, dan komposisi) yang dihasilkan?

1.4 Premis

Pada **Tabel 1.1** disajikan tabel premis mengenai variasi sintesis *doped hard carbon* yaitu *N-doped hard carbon*.

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Peningkatan dosis sodium amida (NaNH_2) dapat menyebabkan peningkatan kandungan nitrogen pada *hard carbon* yang dihasilkan.
2. Peningkatan temperatur pada proses pirolisis akan menurunkan kandungan nitrogen pada *hard carbon* yang dihasilkan.
3. Proses karbonisasi dua tahap pada sintesis *N-doped hard carbon* akan menghasilkan produk dengan kadar nitrogen yang lebih tinggi dibanding proses karbonisasi satu tahap.

1.6 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh rasio jumlah penambahan aktivator sodium amida (NaNH_2) terhadap karakteristik *N-doped hard carbon* (*yield*, morfologi, struktur, kristalinitas, dan komposisi) yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh temperatur pirolisis terhadap perolehan dan karakteristik produk *N-doped hard carbon* (*yield*, morfologi, struktur, kristalinitas, dan komposisi) yang dihasilkan.
3. Mengetahui pengaruh perbedaan antara karbonisasi dua tahap dengan karbonisasi satu tahap terhadap perolehan dan karakteristik produk *N-doped hard carbon* (morfologi, struktur, kristalinitas, dan komposisi) yang dihasilkan.

1.7 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini bagi berbagai pihak adalah sebagai berikut:

1. Bagi negara : Meningkatkan pemanfaatan sumber daya alam Indonesia berupa tanaman ganyong menjadi *N-doped hard carbon* dengan nilai guna yang tinggi
2. Bagi masyarakat : Menaikkan taraf hidup petani ganyong dengan adanya pemanfaatan baru tanaman tersebut di bidang material maju.
3. Bagi industri : Memberikan alternatif berupa pemanfaatan tanaman lokal dengan harga terjangkau untuk memproduksi material anoda *sodium-ion batteries*.
4. Bagi ilmu pengetahuan : Memberikan wawasan baru dalam bidang material maju mengenai potensi penggunaan umbi ganyong sebagai prekursor sintesis *N-doped hard carbon* melalui proses karbonisasi hidrotermal dan aktivasi sodium amida.

Tabel 1.1 Variasi Sintesis *N-Doped Hard Carbon*

No	Bahan Baku	Senyawa N-Doping	Proses		Kondisi Proses				Produk Hard Carbon				Sumber Pustaka
			Karbonisasi	Aktivasi	Temperatur Karbonisasi	Durasi Karbonisasi	Temperatur Aktivasi	Durasi Aktivasi	Luas Permukaan	Ukuran Partikel	Jarak Interlayer	Kadar Nitrogen	
1	Pati Ginkgo	-	Pirolisis	Pirolisis	195 °C	18 Jam	500 °C	2 Jam	-	10 – 20 μm	-	-	H. Chen dkk., 2018
2	Pati Kentang	-	Pirolisis	Pirolisis	230 °C	60 jam	1000 °C	1 jam	-	3 - 40 μm	0,407 nm	-	W. Li dkk., 2011
3	Pati Jagung	-	Hidrotermal	Pirolisis	160 °C	12 Jam	1000 °C	2 Jam	9,24 m ² /g	-	0,407 nm	-	Cong dkk., 2020
4	Pati Ganyong	-	Hidrotermal	Pirolisis	200 °C	24 Jam	800 °C	1 Jam	-	4,3 μm	0,4 nm	-	Tanuwijaya, 2020
5	Pati Sagu	-	Hidrotermal	Pirolisis	200 °C	24 Jam	900 °C	1 Jam	-	2,95 μm	0,383 nm	-	Kalvin, 2020
6	Phenolic Resins	NaNH ₂	-	Pirolisis	-	-	400 °C	1 Jam	735 m ² /g	-	-	2,72 %-wt	L. Wang dkk., 2018
7	phenolic resin	NaNH ₂	-	Pirolisis	-	-	400 °C	1 Jam	1008 m ² /g	-	-	4,7 %-wt	Huang dkk., 2016
8	Tangkai Teratai	NaNH ₂	-	Pirolisis	-	-	450 °C	1 Jam	1105 m ² /g	-	-	3,21 %-wt	Rao dkk., 2018
9	Kulit Kemiri	NaNH ₂	-	Pirolisis	-	-	550 °C	1 Jam	1099 m ² /g	-	-	2,53 %-wt	Liu dkk., 2020