

KAJIAN BEBERAPA TUMBUHAN YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBUATAN BAHAN BAKU NITROSELULOSA PROPELAN

¹Arifa Fikriya Zaharol Muna, ²Fransisca Clodina Dacosta, ³Sovian Aritonang

^{1,2}Mahasiswa Pascasarjana Prodi Industri Pertahanan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan, Bogor, Indonesia

³Dosen Prodi Industri Pertahanan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan, Bogor, Indonesia

*Email: fikriyaarifa@gmail.com¹; clodinadacs@gmail.com²; soviaan.aritonang@idu.ac.id³

Abstract

Propellant is one of the national industries development program. Raw material of double base propellant is nitrocellulose and nitroglycerin. Nitroglycerin approved by country, but nitrocellulose still relies on imports. The need for nitrocellulose continues to increase and independence in the manufacture is very necessary to support alusista independence. Therefore, it is necessary to map the types of local plants needed to produce nitrocellulose. Method of this research is carried out a discussion from literature by tracing and collecting data taken with various references about plant which has potential as raw material for making nitrocellulose. The data collected is described as information describing plant species with the highest potential for producing nitrocellulose. There are several plants that can produce nitrocellulose, including sago (*Metroxylon sago* Rottb.), Cotton (*Gossyioium* sp.), Kapok (*Ceibe Petandra*), Palm Oil (*Arecaceae*), Aren (*Arenga pinnata*), Pineapple (*Ananas comosus*) and Bamboo Beema (*Bambusa balcoa*). Most nitrocellulose by the process of nitration produced by cottonwood plants with levels reaching 50%. Several other types of plants have cellulose content. Most of the higher alpha cellulose include acacia (*Acasia mangium*), kenaf (*Hibiscus cannabinus*), Mangrove (*Rhizophora*) and banana klutuk (*Musa balbisiana colla*). Plants that have high cellulose content specially alpha cellulose content, can be using with chemically nitration processed to produce nitrocellulose. Further research is still needed to maximize the yield of nitrocellulose in local plants.

Keywords: Plants, propellant, nitrocellulose

Abstrak

Propelan merupakan salah satu induk pembangunan industri nasional. Propelan basa ganda atau double base dibuat dengan nitroselulosa dan nitrogliserin. Kebutuhan nitrogliserin telah dipenuhi dari dalam negeri namun nitroselulosa masih mengandalkan impor. Kebutuhan nitroselulosa semakin tahun terus meningkat sehingga kemandirian dalam pembuatan sangat diperlukan dalam mendukung kemandirian alusista. Maka dari itu, pemetaan jenis tumbuhan lokal yang berpotensi menghasilkan nitroselulosa diperlukan untuk menunjang kemandirian produksi propelan. Penelitian menggunakan metode meta analisis melalui tinjauan literatur dengan penelusuran dan pengumpulan data dari berbagai referensi. Literatur mengenai tumbuhan yang dilaporkan memiliki potensi sebagai bahan baku nitroselulosa dikaji dengan proses dan kadar nitroselulosa yang dihasilkan. Data dideskripsikan menjadi informasi yang menggambarkan jenis tumbuhan dengan potensi penghasil kandungan nitroselulosa tertinggi. Terdapat beberapa tumbuhan yang dapat menghasilkan nitroselulosa antara lain sago (*Metroxylon sago* Rottb.), Kapas (*Gossyioium* sp.), Kapuk (*Ceibe Petandra*), Kelapa Sawit (*Arecaceae*), Aren (*Arenga pinnata*), Nanas (*Ananas comosus*) dan Bambu Beema (*Bambusa balcoa*). Nitroselulosa terbanyak dengan proses nitrasi dihasilkan oleh tumbuhan kapuk dengan kadar mencapai 50%. Beberapa jenis tumbuhan lain memiliki kandungan selulosa terutama alfa selulosa yang tinggi antara lain akasia (*Acasia mangium*), kenaf (*Hibiscus cannabinus*), Bakau (*Rhizophora*) dan pisang klutuk (*Musa balbisiana colla*). Tumbuhan yang memiliki kandungan selulosa tinggi terutama alfa selulosa dapat diproses secara kimiaawi menggunakan proses nitrasi untuk menghasilkan nitroselulosa. Penelitian mengenai nitroselulosa masih diperlukan untuk mencapai kemandirian bahan baku propelan.

Kata Kunci: Tumbuhan, propelan, nitroselulosa

1. PENDAHULUAN

Industri pertahanan merupakan salah satu industri yang dibuat untuk memenuhi kebutuhan Alpahankam nasional baik produksi maupun pemeliharaan di Indonesia. Produk pertahanan yang dihasilkan mampu membantu Indonesia untuk menghadapi ancaman yang mengganggu stabilitas nasional. Produk yang dihasilkan Industri Pertahanan diwajibkan menggunakan komponen dan peralatan produksi dalam negeri agar tercapainya kemandirian Industri Pertahanan. Kekuatan pertahanan seharusnya bersifat rahasia, jika saat ini Indonesia masih mengandalkan impor atau ekspor maka memudahkan negara lain untuk mengetahui kekuatan

pertahanan negara ini. Sehingga memudahkan negara lain menyerang kedaulatan negara Indonesia.

Saat ini Kementerian Pertahanan telah menetapkan 7 program nasional prioritas kemandirian Alpa Hankam Nasional yang salah satunya adalah propelan. Propelan merupakan zat yang terdiri atas senyawa-senyawa yang memiliki energi yang tinggi. Energi tersebut dijadikan pendorong untuk meluncurkan amunisi dan roket (Wibowo, 2018). Penggunaan propelan di dunia kemiliteran sudah dilakukan tahun 1800. Hanya saja propelan banyak digunakan pada masa Perang Dunia I dan II dengan bahan baku utama nitroselulosa tubular. Walaupun sudah digunakan sejak lama sebagai salah satu bahan utama persenjataan, hingga saat ini Industri Pertahanan di Indonesia belum mampu memproduksi propelan secara mandiri. Hampir semua komponen propelan merupakan hasil impor dari negara-negara lain. Ketergantungan impor secara terus-menerus akan menimbulkan permasalahan sewaktu-waktu. Salah satunya adalah kebijakan embargo yang dikeluarkan oleh negara pengimpor yang akan menghentikan produksi propelan di Indonesia.

Pembuatan propelan dapat menggunakan material alami yang diperoleh dari bahan baku yang mudah diperbaharui dengan ketersediannya yang melimpah di Indonesia. Material alami pada propelan telah dilaporkan beberapa penelitian berasal dari beberapa jenis tanaman dan sisa hasil pertanian. Jenis material yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan propelan adalah polimer alami energetik. Polimer tersebut mengandung unsur-unsur padat bersifat oksidator yang jika mengalami pembakaran akan mengeluarkan energi yang tinggi. Salah satu jenis polimer alami energetik tersebut adalah nitroselulosa yang berasal dari proses sintesis antara gugus asam nitrat dan selulosa. Semakin murni selulosa dan semakin banyak nitrogen yang terkandung pada nitroselulosa akan menghasilkan daya ledak yang tinggi.

Propellant Nitro Cellulose (PNC) merupakan nitroselulosa yang digunakan sebagai bahan baku utama pada propelan. Kadar nitrogen PNC + 12,75 % memiliki sifat pembakaran dalam mendukung daya ledak propelan. PNC digunakan sebagai isian amunisi. Indonesia membutuhkan propelan sebanyak 600-800 ton pertahunnya. Kebutuhan tersebut digunakan untuk memproduksi 300-400 juta amunisi pertahunnya. Indonesia melakukan impor PNC dengan jumlah 18 ton pada tahun 2002 sebesar 18 ton dan meningkat pada tahun 2006 sehingga menjadi 46 ton (Seta, Sugesty & Biantoro, 2019). Kebutuhan PNC semakin tahun semakin meningkat sehingga kemandirian pembuatan PNC sangat diperlukan dalam mendukung kemandirian pemenuhan alusista.

Penelitian propelan menitik beratkan pada penguasaan teknologi propelan secara mandiri dan mengejar ketertinggalan dari negara lain. Keterbatasan sumber referensi dan transfer teknologi dari negara lain masih menjadi penghambat peneliti dalam mengembangkan propelan dan bahan bakunya. Permasalahan penelitian propelan di Indonesia antara lain : a) eksplorasi material baru yang terbatas, b) basis data material, c) keterbatasan industri bahan baku dan d) keterbatasan peralatan produksi. Beberapa bahan baku propelan yang merupakan bahan kimia strategis masih diimpor dari Cina dan Korea. Belum ada transfer teknologi bahan baku nitroselulosa dan nitrogliserin (Wibowo, 2018; Seta, Sugesty & Biantoro, 2019). Maka dari itu, pemetaan berbagai macam jenis tumbuhan lokal yang berpotensi sebagai bahan baku nitroselulosa dari berbagai macam literatur dibutuhkan dalam mencapai kemandirian produksi propelan.

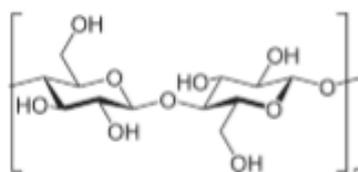
2. METODE PENELITIAN

Metode penggabungan hasil studi sejenis dari berbagai macam sumber biasa disebut meta analisis. Hasil studi tersebut kemudian digabung dan dikaji sehingga menjadi paduan informasi serta data yang serupa dengan tujuan penelitian (Sopi & Tallan, 2015). Artikel disusun berdasarkan studi kepustakaan jurnal cetak maupun online dari berbagai sumber yang berkaitan

dengan jenis tumbuhan mengandung atau menghasilkan nitroselulosa selama 10 tahun terakhir yaitu tahun 2010-2020.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nitroselulosa dapat dibuat dengan berbagai jenis bahan baku. Kadar nitroselulosa tinggi dapat diperoleh dari bahan baku yang memiliki kandungan selulosa khususnya alpha cellulose. Selulosa dapat diperoleh dari berbagai macam tanaman. Saat ini kandungan selulosa yang paling tinggi dapat diperoleh dari bahan baku kapas dengan kadar selulosa 100% (Chen, 2014; Astika dkk, 2017). Tingginya kandungan selulosa total (selulosa dan hemiselulosa) dapat diproses dengan reaksi nitrasi sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa. Struktur selulosa ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur selulosa (Yoseph & Windu, 2017)

Nitroselulosa terbentuk dari unsur C, O dan N membentuk rumus molekul $(C_7H_7O_2(ONO_2)_3)_n$. Unsur tersebut berikatan dengan oksidator akan membentuk senyawa yang mudah terbakar. Nitroselulosa berdasarkan kandungannya dibedakan menjadi dua. Kadar nitrogen nitroselulosa di atas 12,75% disebut juga sebagai Propelant Nitro Cellulose (PNC) sedangkan nitroselulosa dengan kadar nitrogen lebih kecil dari 12,75% atau disebut juga Industrial Nitro Cellulose (INC). Selulosa alfa pada tumbuhan bereaksi dengan gugus nitril sehingga membentuk nitroselulosa. Karakteristik nitroselulosa akan dijelaskan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Nitroselulosa (Yoseph dan Windu, 2019)

Sifat	Karakteristik
Derajat polimerisasi (n)	100-3500
Berat molekul	459,28 – 594,28
Warna	Putih
Bau	Berbau
Pembakaran	Mudah terbakar
Density	1,58 – 1,65
Melting point	160 C
Flash poin	12,78 C
Kelarutan	Tidak larut air, larut dalam keton, ester, alcohol dan solven

Nitroselulosa dapat menghasilkan nyala api dan tidak meninggalkan sisa abu. Pembakaran nitroselulosa menghasilkan sedikit asap atau smokeless dan terdapat percikan bunga. Percikan bunga tersebut karena adanya gugus nitro (-NO₂) (Purnawan, 2010; Seta, Sugesty dan Kardiansyah, 2014). Nitrogen menurunkan energi aktivasi sehingga menimbulkan efek mudah terbakar.

Kriteria tumbuhan yang berpotensi sebagai bahan baku nitroselulosa biasanya memiliki kandungan selulosa tinggi. Bagian tanaman yang digunakan merupakan bagian yang kaya akan selulosa. Kandungan selulosa tersebut apabila diproses lebih lanjut maka akan menghasilkan

nitroselulosa. Daftar tumbuhan yang telah diteliti mengandung nitroselulosa dengan kadar diatas 10% dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 2. Daftar Tumbuhan penghasil Nitroselulosa diatas 10%

No	Tumbuhan	Kadar Nitroselulosa	Tahun Penelitian
1	Sagu	13,39 %	2010
2	Kapas (<i>Gossypium Sp.</i>)	20-50 %	2012
3	Kapuk (<i>Ceibe Pentandra</i>)	3-60 %	2012
4	Kelapa Sawit	12,75 %	2013
5	Aren	13,77 %	2017
6	Nanas	11,56 %	2017
7	Bambu Beema (<i>Bambusa balcoa</i>)	12,97 %	2019

3.1.1. Sagu

Sagu merupakan salah satu industry potensial di Indonesia. Pemanfaatan terbesar dari pohon sagu adalah dalam pembuatan tepung sagu (Ahmad, Yanti & Muhiddin, 2019). Asam nitrat dan asam sulfat sebagai katalisator pada proses nitrasi. Waktu reaksi 1,5 jam menghasilkan nitroselulosa yang lebih tinggi dengan perbandingan selulosa – asam campuran 1:20 serta perbandingan asam sulfat – asam nitrat 1:5 (Purnawan, 2010).

3.1.2. Kapas (*Gossypium Sp.*)

Kapas dilaporkan menghasilkan nitroselulosa 12,5 %. Namun kapas masih belum bisa digunakan dalam menunjang bahan baku propelan karena ketersediaannya yang terbatas serta harga yang mahal di Indonesia. Kapas menghasilkan gugus nitro terbanyak dengan proses nitrasi 30 menit, suhu reaksi 15⁰C dan komposisi campuran asam H₂SO₄ 60 ml dan HNO₃ 45 ml (Erlangga dkk, 2012; Seta, Sugesty & Biantoro, 2019).

3.1.3. Kapuk (*Ceibe Pentandra*)

Kapuk merupakan pohon yang tumbuh di daerah tropis dengan ketinggian 60-70 m. Indonesia merupakan negara penghasil kapuk terbesar di dunia sejak tahun 1930-an. Kapuk merupakan tumbuhan dari family Bombacaceae. Kandungan alfa selulosa pada serat, kulit dan buah dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku propelan. Kapuk memiliki kandungan selulosa mencapai 64% (Chamidy, 2011; Mardiyati dkk,2016). Eksplorasi alfa selulosa pada buah kapuk harus melalui proses isolasi, pemurnian dan identifikasi (Astika dkk, 2017) . Kemudian dilakukan proses nitrasi untuk mendapatkan nitroselulosa. Waktu nitrasi reaksi 60 menit dengan suhu 5⁰C dan komposisi campuran asam H₂SO₄ 60 ml dan HNO₃ 30 ml menghasilkan gugus nitro tertinggi pada bahan kapuk (Erlangga dkk, 2012).

3.1.4. Kelapa Sawit

Kelapa sawit dilaporkan dapat digunakan sebagai pengganti bubuk mesiu dan nitroselulosa. Limbah dari proses pembuatan minyak kelapa sawit mengandung 44-48% alpha-cellulose, 16-24% lignin dan 1,2-4,8% bahan lainnya. Limbah kepala sawit dapat menghasilkan kadar nitrogen 12-12,75 % (Saragih, Padil dan Yelmida, 2014; Yolhamid dkk, 2018). Limbah serta pelepah kelapa sawit dapat diolah sehingga menghasilkan nitroselulosa. Selain itu, pelepah kelapa sawit memiliki kandungan selulosa sebesar 96,25% sehingga berpotensi sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa (Mayori dkk, 2019).

3.1.5. Aren

Pohon aren tumbuh dengan baik pada ketinggian 500 m – 800 m dpl dan tidak membutuhkan tanah yang terlalu subur sehingga dapat hidup di semua kondisi tanah (tanah

liat, tanah berkapur dan tanah berpasir). Pohon aren membutuhkan curah hujan ideal sekitar 200 mm/tahun, kedalaman air tanah 1-3 m, suhu rata-rata 25°C beriklim sedang sampai basah, tetapi tidak tahan pada daerah yang kadar asamnya tinggi (Natawijaya, Suhartono & Undang, 2018). Pada umumnya pohon aren bisa tumbuh di hampir setiap daerah di Indonesia sehingga mudah didapatkan sebagai bahan baku produk.

Aren (*Arenga pinnata Merr.*) merupakan tumbuhan yang biasa dikenal masyarakat dan memiliki prospek ekonomi. Beberapa Pohon aren merupakan tanaman liar, namun sebagian besar bagian sudah dimanfaatkan dan dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan. Bagian fisik berupa akar, batang, daun dan ijuk saat ini sudah dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia termasuk limbah hasil pengolahannya. Limbah aren mengandung selulosa 82,03 %. Waktu reaksi nitrasi selama 6 jam dengan perbandingan asam nitrat dan asam sulfat 1:3 menghasilkan kadar nitroselulosa tertinggi pada tumbuhan aren (Yoseph dan Windu, 2017).

3.1.6. Nanas

Daun nanas memiliki kadar selulosa 80 % sehingga berpotensi besar sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa. Hasil nitroselulosa terbaik diperoleh pada waktu 90 menit dengan perbandingan asam sulfat terhadap asam nitrat 3:1 (Setiadi & Kusmantoro, 2017).

Bambu Beema (*Bambusa balcoa*)

Serat bamboo merupakan serat panjang non kayu dengan massa tanam dan panen lebih singkat daripada kayu. Bambu mengandung lignin 21-22%, alfa selulosa 44-53% dan hemiselulosa 21-23% sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa. Nitroselulosa yang dibuat dengan perbandingan HNO₃ : HNO₃ Fuming : H₂SO₄ = 1:1:1,6 memberikan kadar yang paling tinggi. Hasil Nitroseslulosa yang diproduksi dari pulp Bambu beema telah memenuhi kualifikasi bahan baku propelan. Namun, nilai kelarutan dalam eter-alkohol dan aseton masih memerlukan penelitian lebih lanjut (Mutia dkk, 2014; Seta, Sugesty & Biantoro, 2019).

Selain tumbuhan pada tabel, salah satu tumbuhan yang berpotensi menghasilkan nitroselulosa dilihat dari kandungan selulosa maupun alfa selulosa adalah sebagai berikut.

○ Acasia mangium

Selain di Malaysia, Acasia mangium merupakan tumbuhan yang biasa tumbuh di perkebunan Indonesia. A. mangium biasa digunakan dalam pembuatan pulp dan kertas dan sekarang berkembang lebih jauh menjadi bahan baku cetakan furniture. Penggunaan A. mangium secara kimiawi seharusnya berpotensi menjadi salah satu bahan nitroselulosa karena mengandung 43-87 % selulosa (Jesuet dkk, 2019).

○ Tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus*)

Tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus*) atau biasa dikenal dengan yute jawa atau rami jawa berpotensi menjadi salah satu bahan pembuatan nitroselulosa. Kenaf merupakan tanaman herba tahunan suku *Malvaceae* yang berasal dari Afrika. Pertumbuhan kenaf tergolong cepat dan biasa dipanen untuk pembuatan serat antara tiga hingga lima bulan. Kenaf terdiri dari dua serat yang berbeda, serat kulit pohon yang panjang dan serat inti yang lebih pendek. Komposisi serat kenaf biasanya diperoleh dari kulit pohon terdiri dari 35-40% sedangkan inti terdiri dari 60% - 65%. Meskipun lebih rendah dalam komposisi serat, dibandingkan dengan serat inti, serat kulit pohon mengandung alfa-selulosa yang lebih tinggi (50% vs 40%) dan lignin yang lebih rendah (13% vs 22%). Kenaf telah diidentifikasi sebagai sumber serat yang sangat potensial untuk industri pulp dan kertas (Yolhamd dkk, 2018). Kandungan alfa selulosa yang tinggi pada kenaf menggambarkan potensi sebagai bahan baku nitroselulosa.

○ *Rhizophora* atau tanaman bakau

Rhizophora dilaporkan juga berpotensi sebagai bahan baku pembuatan nitroselulosa (Yolhamid dkk, 2018). *Rhizophora* atau bakau (Bakau) merupakan spesies tropis yang hidup di zona intertidal. *Rhizophora* adalah spesies yang tumbuh cepat dan sering digunakan untuk konservasi atau sebagai bagian dari hutan yang dikelola untuk menghasilkan kayu untuk konstruksi atau arang. Sebelum tahun 1990, kayu *Rhizophora* banyak dieksploitasi terutama di Indonesia dalam bentuk kayu bulat. Saat ini, *Rhizophora* diperdagangkan dalam bentuk serpihan kayu dan arang. Tanin dari kulit kayu *Rhizophora* juga digunakan sebagai produk utama tetapi baru-baru ini diganti dengan tanin sintetis.

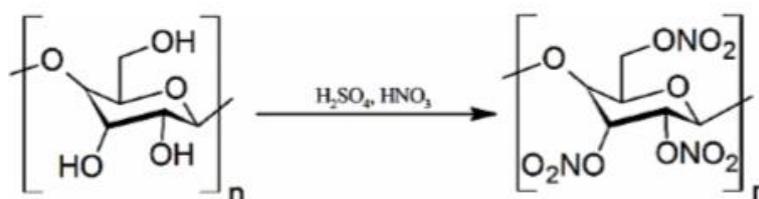
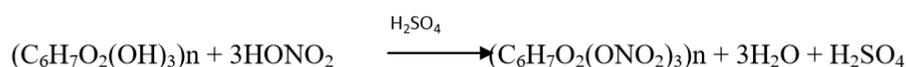
o Pisang Klutuk (*Musa balbisiana colla*)

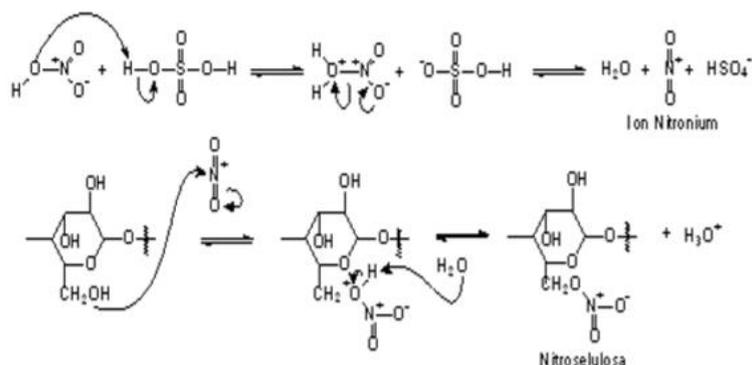
Pisang adalah komoditas yang menduduki peringkat pertama pada industri pertanian di Indonesia. Pisang klutuk salah satunya. Pisang klutuk merupakan termasuk dalam suku *Musaceae* dan biasanya dimanfaatkan buahnya sebagai bahan makanan. Boggol pisang yang biasanya tidak digunakan dilaporkan mengandung pati 5-10% dan selulosa 63%. Alfa selulosa dapat ditemukan pada bagian tersebut. Hasil terbaik recovery alfa selulosa diperoleh dengan cara bleaching sehingga diperoleh kandungan alfa selulosa murni sebesar 91,71% (Zulaekha dkk, 2018)

Kandungan nitroselulosa pada suatu bahan dipengaruhi oleh kadar selulosa dan kadar air. Kandungan air yang rendah mempengaruhi reaksi nitrasi asam sulfat yang berfungsi sebagai katalis atau mengikat air (*dehydrating agent*) (Seta, Sugesty dan Kardiansyah, 2014). Selain itu, kandungan silika juga mempengaruhi sifat potensi pembakaran nitroselulosa. Produksi nitroselulosa dipengaruhi oleh waktu reaksi, suhu reaksi dan komposisi larutan asam pada proses nitrasi.

Reaksi nitrasi dalam pembuatan menentukan kualitas nitroselulosa yang dihasilkan. Unsur C dan H berikatan dengan unsur O dalam reaksi tersebut. Nitrasi dilakukan dengan proses memasukkan gugus nitro ke dalam zat organik asam nitrat dan asam sulfat. Nitrasi dilakukan dalam dua tahap berupa pembentukan senyawa nitro serta eter nitrat. Asam sulfat berfungsi sebagai pengikat air sehingga reaksi yang dihalkan dapat mencapai reaksi sempurna (Yoseph dan Windu, 2017). Komposisi reaktan diatur sehingga dihasilkan nitroselulosa dengan kadar yang diinginkan. Hasil nitroselulosa distabilkan dengan memanaskannya kedalam asam panas asam panas diikuti dengan larutan natrium karbonat encer panas.

Reaksi nitrasi selulosa diawali dengan pembentukan ion nitronium yang dikatalisis oleh adanya asam sulfat. Ion nitronium ini berperan sebagai elektrofilik pada reaksi nitrasi. Kemudian, terjadi serangan nukleofilik dari atom oksigen gugus hidroksil selulosa terhadap atom nitrogen ion nitronium membentuk nitroselulosa terprotonasi. Tahap akhir pada reaksi ini menghasilkan nitroselulosa dan ion hidronium melalui deprotonasi oleh air Laju nitrasi selulosa tergantung pada laju reaksi esterifikasi itu sendiri maupun pada laju difusi asam penitrasi ke dalam serat selulosa (Rahman, 2011). Reaksi nitrasi pada pembentukan nitroselulosa dijelaskan pada Gambar 2.





Gambar 2. Mekanisme reaksi nitrasi (Sumber : Jesuet dkk. 2019)

Ada dua jenis propelan yang telah dikembangkan yaitu basa ganda dan basa tunggal. Jenis propelan digolongkan berdasarkan bahan penyusun, fungsi, pembuatan dan sifat. Nitroselulosa merupakan salah satu komponen basa ganda. Propelan basa ganda terdiri dari NC (Nitroselulosa), NG (Nitrogliserin) sehingga biasa disebut disebut EDB (Extruded Double Base) atau CDB (Cast Double Base) (Astika dkk, 2017). Kedua bahan tersebut berfungsi sebagai pengoksidasi dan bahan bakar. Bahan aditif lain ditambahkan untuk peningkatan energi dan mekanis. Saat ini arah penelitian propelan adalah menuju propelan yang memiliki energi tinggi, reuseable atau dapat digunakan kembali dan propelan hijau yang ramah lingkungan. Penelitian untuk meningkatkan energi pembakaran dan penggantian bahan energik baru yang ramah lingkungan sangat diperlukan (Wibowo, 2018).

Pengembangan teknologi propelan maupun bahan bakunya diperlukan penelitian terstruktur dan sistematis sehingga sesuai dengan kebutuhan industry dan litbang. Penelitian dan pengembangan formulasi propelan, peningkatan teknologi, kemandirian bahan baku dan modernisasi peralatan pembuatan sangat diperlukan untuk membangun kemandirian. Kemandirian memperoleh bahan baku sangat menunjang terpenuhinya kebutuhan propelan dalam negeri. transfer teknologi bahan baku nitroselulosa belum ada hingga saat ini sehingga menghambat proses formulasi membutuhkan waktu yang lama. Indonesia yang kaya akan sumber daya alam diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bahan bakunya khususnya dalam pembuatan bahan baku propelan yaitu nitroselulosa secara mandiri.

4. SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

Berdasarkan uraian pada hasil dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan bahwa banyak tumbuhan di Indonesia yang berpotensi menghasilkan nitroselulosa. Kandungan selulosa khususnya alfa selulosa yang tinggi memungkinkan berbagai jenis tumbuhan local menghasilkan kandungan nitroselulosa yang tinggi. Tumbuhan yang dilaporkan dapat memproduksi nitroselulosa sesuai dengan spesifikasi bahan baku propelan adalah Sagu (Metroxylon sagu Rottb.), Kapas (Gossyioium sp.), Kapuk (Ceibe Petandra), Kelapa Sawit (Arecaceae), Aren (Arenca pinnata), Nanas (Ananas comosus) dan Bambu Beema (Bambusa balcoa). Nitroselulosa terbanyak dengan proses nitrasi dihasilkan oleh tumbuhan kapuk dengan kadar mencapai 50%. Beberapa jenis tumbuhan lain memiliki kandungan selulosa terutama alfa selulosa yang tinggi antara lain akasia (Acasia mangium), kenaf (Hibiscus cannabinus), Bakau (Rhizophora) dan pisang klutuk (Musa balbisiana colla) namun belum ada penelitian mengenai ekstraksi nitroselulosa pada tumbuhan tersebut.

Berdasarkan analisis dalam kajian ini, maka diharapkan penelitian mengenai potensi tumbuhan penghasil nitroselulosa akan semakin diminati. Penelitian mengenai proses ekstraksi maupun pembuatan nitroselulosa dengan memanfaatkan tumbuhan lokal patut dilakukan. Kemandirian dalam pemenuhan bahan baku nitroselulosa dapat dipenuhi dari dalam negeri akan tercapai jika penelitian mengenai potensi lokal terus dikembangkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Sitti Wirdhana, Nur Arfa Yanti & Nurhayani H. Muhiddin .(2019). Pemanfaatan Limbah Cair Sagu untuk Memproduksi Selulosa Bakteri (Utilization of Sago Liquid Waste for Bacterial Cellulose Production) . *Jurnal Biologi Indonesia* Vol.15(1), 33-39
- Astika, J.M, C. Chandrawati, L. Hendrajaya, Soemarno & P. Yogi. (2017). The Exploration of Alpha Cellulose in Kapok Fruit as Raw Material for Rocket Propellant Production. *Agricultural Research & Technology* Vol. 12(4), 82-89
- Chamidy, H. N. (2011). Pengaruh Komposisi Asam dan Waktu Reaksi Terhadap Kadar Nitrogen pada Pembuatan Bahan Bakar Nitroselulosa. *Journal of Refrigeration, Air Conditioning and Energy* Vol.5(2): 613-635
- Chen, H. (2014). *Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Practice*. Springer. DOI: 10.1007/978-94-007-6898-7.
- Erlangga, Bayu, Ilman Tafdhila, Mahfud dan Rr. Pantjawarni Prihatini. (2012). Pembuatan Nitroselulosa dari Kapas (*Gossypium Sp.*) dan Kapuk (*Ceiba Pentandra*) Melalui Reaksi Nittrasi. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 1(1).
- Filho, L. G. Mendonça, R. L. B. Rodrigues, R. Rosatob, E. B. F. Galante, & J. Nichele. (2019). Combined Evaluation Of Nitrocellulose-Based Propellants: Toxicity, Performance, and Erosivity. *Journal of Energetic Materials*, 1-16. Diakses dari <https://doi.org/10.1080/07370652.2019.1606867>.
- Jesuet, M. S. Gilbert, N. M. Musa, N. M. Idris, D. N. S. Musa & S. M. Bakansing. (2019). Properties of Nitrocellulose from *Acacia mangium*. *Journal of Physics Conference Series*. DOI : 10.1088/1742-6596/1358/1/012035.
- Kemenperin. (2015). *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015 - 2035*. Jakarta: Pusat Komunikasi Publik Kementerian Perindustrian.
- Mardiyati, Raden Reza Rizkiansyah, Steven, Arif Basuki & R. Suratman . (2016). Serat Kapuk Sebagai Bahan Baku Pembuatan Mikrokrystalin Selulosa, *Jurnal Sains Materi Indonesia* Vol.17(4), 172-177.
- Mayori, Ersha, Asma Nadia, Sunardi & Romie Oktovianus Bura.(2019). Pengembangan Teknologi Dan Material Awal Nitroselulosa Sebagai Isian Propelan Berbasis Limbah Kelapa Sawit . *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah* Vol.4(2), 317-322
- Miranda and Fani, R. (2013) ‘Pembuatan Nitroselulosa dari Selulosa- α Pelepah Sawit dengan Variasi Waktu Nittrasi dan Rasio Bahan Baku Terhadap Asam Penitrasi’, (November), pp. 240–250.
- Mutia, Theresia, Susi Sugesty, Henggar Hardiani, Teddy Kardiansyah & Hendro Risdianto. (2014). Potensi Serat dan Pulp Bambu Untuk Komposit Peredam Suara. *Jurnal Selulosa* Vol.4(1), 25 – 36
- Natawijaya, Dedi, Suhartono & Undang. (2018). Analisis Rendemen Nira Dan Kualitas Gula Aren (*Arenga Pinnata Merr.*) Di Kabupaten Tasikmalaya . *Jurnal Agroforestri Indonesia* Vol.1(1), 57-64
- Purnawan. (2010). Pemanfaatan Limbah Ampas Pati Aren Menjadi Nitrocellulose (NC) Menggunakan Metode Reaksi Nittrasi. *Jurnal Rekayasa Proses* Vol. 4(2), 30-34
- Rahman, Moh. Farid, I M. J. Astika, Y. D. Kurniawan & Suratmo. (2011). Pengaruh Waktu Nittrasi dan Penggunaan Gelombang Ultrasonik Terhadap Persentase Mol Nitrogen Dalam Nitroselulose Hasil Sintesis Berbahan Dasar Serat Kapas. *Natural* Vol. 1(2), 158-16
- Saragih, E., Padil, P. and Yelmida, Y. (2014). Pembuatan Nitroselulosa Dari Selulosa Hasil Pemurnian Pelepah Sawit dengan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Propelan’. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau (JOM FT UNRI)* Vol.1(1).
- Seta, F. T., Sugesty, S. and Kardiansyah, T. (2014). Pembuatan Nitroselulosa dari Berbagai Pulp Larut Komersial sebagai Bahan Baku Propelan. *Pembuatan Nitroselulosa dari Berbagai Pulp Larut Komersial*, 4(02), pp. 97–106.
- Seta, F.T., S. Sugesty & R. Biantoro. (2019). Karakterisasi Nitroselulosa dari Pulp Larut Bambu Beema dan Bambu Industri. *Jurnal Selulosa* Vol.9(1), 25-32
- Setiadi, Yuki Mulyadi & Bambang Kusmartono. (2017). Optimasi Pembuatan Nitroselulosa dari Daun Nanas dengan Proses Delignifikasi dalam Upaya Mewujudkan Sumber Energi Bersih dan Terbarukan (Variabel Waktu Nittrasi dan Rasio Asam Penitrasi). *Prosiding Seminar Nasional XII “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta*, 304-309
- Sopi, I. I. P. B. dan M. Mariana Tallan. (2015). Kajian Beberapa Tumbuhan Obat Yang Digunakan Dalam Pengobatan Malaria Secara Tradisional. *Spirakel*, Vol.7(2), 28-37. DOI : 10.22435/spirakel.v7i2.6125.28-37
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2012 Tentang Industri Pertahanan

- Wibowo, H.B. (2018). Current Solid Propellant Research and Development In Indonesia And Its Future Direction. 6th International Seminar of Aerospace Science and Technology IOP Publishing IOP Conf. Series: Journal of Physics Conf. Series, 1-11. DOI :10.1088/1742-6596/1130/1/012027.
- Yolhamid, M. N. A. G., F. Ibrahim, M. A. U. Amir, R. Ibrahim, S. Adnan & M. Z. A. Yahya. (2018). The Processing of Nitrocellulose from Rhizophora, Palm Oil Bunches (EFB) and kenaf fibres as a Propellant Grade . International Journal of Engineering & Technology Vol. 7 (4), 59-65
- Yoseph, Herman & Ronny Windu. (2017). Pemanfaatan Limbah Ampas Pati Aren Menjadi Nitrocellulose (NC) Menggunakan Metode Reaksi Nitrasi. Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNHP)-VII Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Pgris Semarang 26 Oktober 2017, 901-907
- Zulaekha, Restu, Sulton Afkhar Nawafil, Santi Fitri Harianti, Muhammad Mujiburohman4, Nur Hidayati. (2018). Isolasi Alfa Selulosa Batang Pisang Klutuk (Musa Balbisiana Colla) Menggunakan Pengadukan Magnetik Dengan Ultrasonik . Jurnal Teknologi Bahan Alam Vol. 2(2), 129-134