

Pemanfaatan Limbah Pertanian Di Indonesia Sebagai Biomaterial Nitroselulosa Untuk Propelan Guna Mendukung Industri Amunisi

Sultan Aziz¹, Sovian Aritonang²

¹Program studi Biologi, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

²Program studi Fisika, Universitas Pertahanan, Republik Indonesia

*Email: sultankcx@gmail.com¹; soviaan.aritonang@idu.ac.id²

ABSTRACT

Propellant production is one of the priority programs in the development of the Indonesia defense industry. One of the main components in double-base propellant is nitrocellulose, which currently relies on imports. With the increasing demand for nitrocellulose, it is crucial for Indonesia to achieve self-sufficiency in its production to support the defense industry. This study aims to identify the potential of agricultural waste as a raw material source for nitrocellulose. The method used is a literature review (meta-analysis) of various references discussing agricultural waste that has the potential to produce nitrocellulose. The results show that several agricultural wastes, such as sago fiber waste, commercial pulp, ramie fiber, Water Hyacinth, and beema bamboo have high cellulose content and potential to be used as raw materials for nitrocellulose. Further research is needed to maximize the nitrocellulose yield from agricultural waste, thus supporting self-sufficiency in propellant production in Indonesia.

Keywords: Waste, Propellant, Nitrocellulose, Industry, Defense.

PENDAHULUAN

Propelan adalah suatu bahan kimia yang menghasilkan dorongan melalui proses pembakaran atau ekspansi gas untuk berbagai aplikasi seperti pendorong roket, peluru, amunisi dan berbagai aplikasi lainnya. Saat ini Indonesia belum mampu untuk memproduksi secara mandiri propelan di dalam negeri sehingga masih mengandalkan impor dari negara produsen. Pada tahun 2006 jumlah impor PNC (Propellant Nitrocellulose) adalah sebesar 46 Ton dan jumlah ini kian meningkat dari tahun ke tahun. Untuk memenuhi kebutuhan propelan, pemerintah Indonesia masih mengandalkan impor dari negara-negara produsen seperti Australia dan China. Perusahaan dalam negeri sendiri sebenarnya mampu memproduksi lebih dari 400 juta butir peluru setiap tahun. Akan tetapi bahan-bahan yang digunakan masih mengandalkan impor dari luar negeri termasuk propelan. Padahal propelan sendiri merupakan komponen yang sangat penting pada amunisi dan negara harus mampu untuk memproduksi propelan secara mandiri. Ketika dalam keadaan darurat dan terganggunya pasokan propelan dari negara produsen maka Indonesia tidak akan mampu untuk menghasilkan amunisi yang cukup untuk berperang. Sehingga kemandirian industri bahan baku amunisi merupakan tujuan yang harus segera dicapai oleh pemerintah Indonesia. Indonesia sendiri tidak bisa mengandalkan negara lain untuk memenuhi kebutuhan industri bahan baku amunisi, apalagi disaat ekonomi sedang sulit dan banyaknya embargo oleh negara-negara produsen, maka hal ini akan menghambat rantai produksi amunisi di dalam negeri sehingga kebutuhan akan kemandirian propelan menjadi suatu hal yang sangat mendesak yang harus segera diwujudkan [1].

Bahan baku utama dalam pembuatan propelan adalah dengan menggunakan serat kapas, akan tetapi serat kapas di Indonesia harganya mahal dan ketersediaannya terbatas sehingga dibutuhkan bahan alternatif untuk menggantikan serat kapas yaitu dengan menggunakan bahan-bahan yang tersedia di alam atau dengan menggunakan limbah pertanian yang tinggi kandungan selulosa. Indonesia sendiri merupakan negara agraris dengan produk hasil pertanian yang sangat melimpah setiap tahunnya. Selain menghasilkan produk utama, aktivitas pertanian juga menghasilkan limbah pertanian yang signifikan, seperti serat rami, serat sago, serat bambu dan serat dari berbagai tanaman. Limbah ini sering kali tidak dimanfaatkan dengan optimal dan pada akhirnya akan menjadi sampah yang akan mencemari lingkungan. Padahal Sebagian besar limbah organik ini tinggi akan kandungan α selulosa dan sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku nitroselulosa propelan. Untuk mendapatkan propelan dengan kualitas yang baik maka bahan yang digunakan adalah dari material selulosa murni khususnya dengan kandungan α selulosa yang

tinggi. Proses ekstraksi selulosa dari limbah pertanian ini, jika dikembangkan dan dioptimalkan, maka dapat menjadi Solusi alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada impor dan meningkatkan kemandirian bahan baku amunisi nasional [2].

Dengan demikian, pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber selulosa dalam pembuatan nitroselulosa tidak hanya berpotensi meningkatkan nilai tambah dari limbah pertanian, tetapi hal ini juga akan memberikan kontribusi yang baik bagi pengembangan industri bahan baku amunisi Indonesia. Sehingga penelitian lebih lanjut mengenai pengolahan dan pemurnian selulosa serta nitrsi dari limbah pertanian untuk menghasilkan nitroselulosa berkualitas tinggi sangat diperlukan untuk mendukung kemandirian produksi propelan dalam negeri. Sehingga tujuan dari penelitian ini yaitu untuk: 1). Mengidentifikasi jenis limbah pertanian yang paling potensial sebagai sumber selulosa untuk pembuatan nitroselulosa 2). Mempelajari proses ekstraksi dan nitrifikasi selulosa dari limbah pertanian 3). Mengkaji kualitas nitroselulosa yang dihasilkan dari limbah pertanian dibandingkan dengan nitroselulosa dari sumber konvensional 4). Mengeksplorasi potensi pemanfaatan nitroselulosa dari limbah pertanian dalam industri bahan baku amunisi Indonesia. Untuk mencapai tujuan tersebut maka digunakan kajian dari berbagai literatur yang membahas dan meneliti mengenai limbah pertanian apa saja yang berpotensi untuk dijadikan sebagai material propelan guna mewujudkan kemandirian industri bahan baku amunisi dalam negeri.

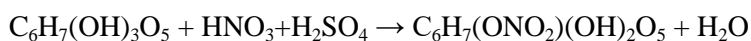
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, yang bertujuan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mengevaluasi berbagai sumber ilmiah yang relevan dengan topik pemanfaatan limbah pertanian sebagai biomaterial propelan. Metode ini dipilih untuk mendapatkan pandangan menyeluruh dari penelitian-penelitian sebelumnya dan untuk mengidentifikasi potensi serta tantangan yang ada.

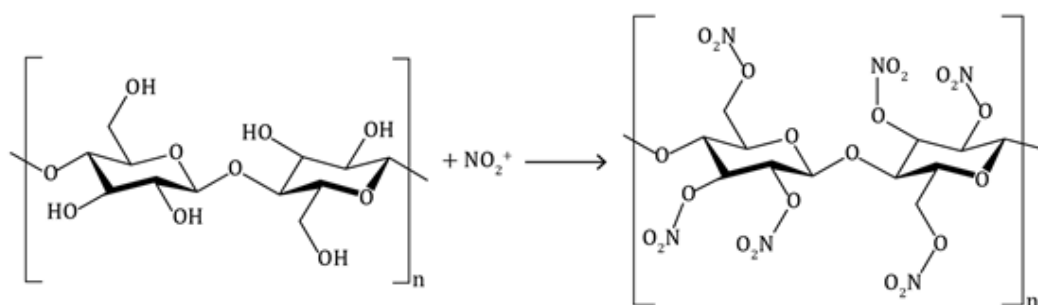
1. Proses Pencarian Literatur: Dimana literatur dikumpulkan melalui pencarian sistematis di beberapa database akademik utama, yaitu Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect. Pencarian menggunakan kata kunci seperti "*biomaterial selulosa untuk propelan*," "*pemanfaatan limbah pertanian untuk nitroselulosa*," dan "*kemandirian industri propelan Indonesia*." Proses pencarian difokuskan pada literatur yang dipublikasikan dalam rentang waktu 10 tahun terakhir guna memastikan bahwa data yang digunakan relevan dan terbaru.
2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi yaitu menganalisis kriteria yang terdiri dari inklusi dan eksklusi dimana kriteria inklusi menggunakan metode valid dan menghasilkan temuan yang signifikan secara ilmiah. literatur yang membahas metode ekstraksi selulosa, proses nitrsi untuk pembuatan nitroselulosa, serta studi kasus penggunaan biomaterial pada industri bahan baku amunisi diprioritaskan. Sedangkan eksklusi yaitu Penelitian yang memiliki potensi bias tinggi, data yang tidak relevan, atau yang tidak menyediakan hasil eksperimen yang jelas dikecualikan. Literatur yang terlalu teknis atau tidak berkaitan langsung dengan tujuan penelitian ini juga tidak dimasukkan.
3. Analisis dan Sintesis Data: Dimana setelah sumber-sumber relevan terkumpul, dilakukan analisis dan sintesis data secara kritis. Setiap artikel dievaluasi untuk memahami pendekatan metodologi yang digunakan dan untuk mengidentifikasi hasil yang paling signifikan. Data dari penelitian-penelitian ini kemudian dikompilasi dan dibandingkan untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang kualitas α -selulosa dari berbagai jenis limbah, potensi kandungan nitrogen setelah nitrsi, dan kesesuaian sebagai bahan baku propelan.
4. Pengolahan dan Interpretasi Data: Dimana data yang telah disintesis kemudian diinterpretasikan untuk menyusun pembahasan yang komprehensif. Analisis dilakukan dengan membandingkan kandungan α -selulosa dan kadar nitrogen dari berbagai jenis limbah pertanian dengan standar yang dibutuhkan untuk propelan. Selain itu, dipertimbangkan pula aspek ekonomi dan lingkungan untuk menentukan kelayakan material ini dalam mendukung kemandirian bahan baku amunisi Indonesia. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil studi literatur dapat memberikan gambaran yang lengkap mengenai potensi limbah pertanian sebagai bahan baku nitroselulosa dalam industri propelan [3].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nitroselulosa dapat dibuat dengan menggunakan material alami yang tersedia di alam atau dapat menggunakan limbah pertanian yang tinggi kandungan selulosa khususnya α selulosa. α selulosa adalah komponen utama dari selulosa murni yang memiliki berat molekul tinggi dan stabilitas kimia yang tinggi, menjadikan material ini ideal untuk digunakan dalam industri propelan khususnya dalam pembuatan nitroselulosa. α selulosa didapatkan melalui proses *Pre-treatment* Bahan baku yang meliputi pencucian dan penghancuran limbah pertanian menjadi potongan kecil kemudian proses pre-hidrolisis, Delignifikasi yaitu penghilangan senyawa lignin dan pemurnian untuk mengekstrak α selulosa. Setelah didapatkan kandungan α selulosa, proses selanjutnya yaitu dengan menambahkan gugus Nitrat ($-\text{NO}_2$) pada selulosa sehingga akan menurunkan energi aktivasi dari selulosa yang mana hal ini akan membuat material menjadi mudah terbakar dan meningkatkan energi serta daya ledak pada propelan karena gugus nitrogen berperan dalam reaksi pembakaran ditempat yang tidak terdapat atau minim kandungan oksigen. Reaksi nitrifikasi ini menghasilkan nitroselulosa dengan sifat yang bervariasi tergantung pada tingkat substitusi gugus nitrat, di mana Tingkat nitrifikasi yang lebih tinggi menghasilkan nitroselulosa yang lebih reaktif. Persamaan reaksi nitrifikasi adalah sebagai berikut:



Pada proses ini, gugus $-\text{OH}$ pada selulosa digantikan oleh gugus nitro ($-\text{ONO}_2$), menghasilkan nitroselulosa yang memiliki sifat eksplosif dan biasa digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan propelan dan bahan peledak.



Gambar 1. Proses reaksi nitrifikasi

Nitroselulosa sendiri berdasarkan kandungannya dapat dibagi menjadi 2 tipe yang berbeda yaitu kadar nitroselulosa diatas 12,75% Sebagai Propellant Nitro Cellulose (PNC) dan dibawah 12,75% Sebagai industrial Nitro Cellulose (INC) [4].

Tabel 1. Klasifikasi Nitroselulosa dengan Berbagai Kelas dan Tipe

Grade	Name	Nitrogen Content
A Tipe I	Pyrocellulose	12,60 ± 0,10 %
A Tipe II	Pyrocellulose	12,60 ± 0,15 %
B Tipe I	Guncotton	13,35% minimum
B Tipe II	Guncotton	13,20% minimum
B Tipe III	Guncotton	13,55% minimum
C Tipe I	Blend of Pyrocellulose and guncotton	13,15 ± 0,05 %
C Tipe II	Blend of Pyrocellulose and guncotton	13,25 ± 0,05 %
D	Pyrocellulose	12,20 ± 0,10 %
E	Pyrocellulose	12,00 ± 0,10 %
F	Pyrocellulose	11,55 ± 0,20 %

Sumber: *Sudarso et al 2022*.

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan hasil bahwa suatu material nitroselulosa dapat dikatakan mempunyai kualitas yang baik dan layak untuk digunakan sebagai material propelan apabila mempunyai kandungan nitrogen diatas 12,75 persen dan berdasarkan kajian literatur dari berbagai sumber yang telah dilakukan terdapat beberapa jenis limbah pertanian yang berpotensi untuk dijadikan sebagai propelan setelah melalui tahapan ekstraksi, nitrifikasi dan pengujian. Didapatkan beberapa kandidat limbah pertanian dengan kandungan α selulosa dan nitrogen yang tinggi sehingga menjadikan material ini berpotensi untuk dijadikan sebagai material propelan.

Tabel 2. Beberapa jenis limbah pertanian yang berpotensi sebagai material propelan

No	Jenis Limbah	Sumber	Kadar Nitrogen	α Selulosa	Tahun Penelitian
1	Eceng gondok	<i>Halim et al</i>	16,76%	95%	2021
2	Pulp Larut Komersial	<i>Seta et al</i>	14,05%	92,49%	2014
3	Serat Sagu	<i>Purnawan et al</i>	13,39%	92%	2010
4	Serat Rami	<i>Riza et al</i>	13,23%	95%	2021
5	Pulp larut Bambu Beema	<i>Frederikus et al</i>	12,97%	96,63%	2019

Eceng Gondok

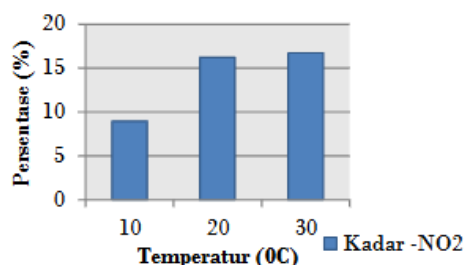
Eceng gondok merupakan tanaman air liar yang tumbuh di indonesia dan termasuk sebagai tanaman invasif karena tumbuhan ini mempunyai fase reproduksi yang cepat sehingga dapat merusak ekosistem perairan. Tanaman ini berpotensi sebagai bahan baku propelan karena kandungan α selulosa yang tinggi. Kandungan selulosa pada eceng gondok mencapai 95% [5] dan kandungan nitrogen pada serat eceng gondok setelah proses nitrasasi sangat tinggi yaitu mencapai 16,76%.

Tabel 3. % Kadar -NO₂ Didalam Sampel Nitroselulosa

Temperatur °C	Waktu (Menit)		
	15	30	45
10	8,74	8,94	11,18
20	4,79	16,24	5,58
30	6,34	16,76	8,94

Sumber: *Halim et al 2021*

Berdasarkan uji nitrasasi didapatkan bahwa kondisi optimum untuk mendapatkan kandungan nitrogen tertinggi adalah pada suhu 30°C dengan waktu nitrasasi selama 30 menit mencapai angka 16,76% sehingga limbah eceng gondok telah memenuhi kriteria sebagai propelan karena kandungan nitrogennya diatas 12,5%



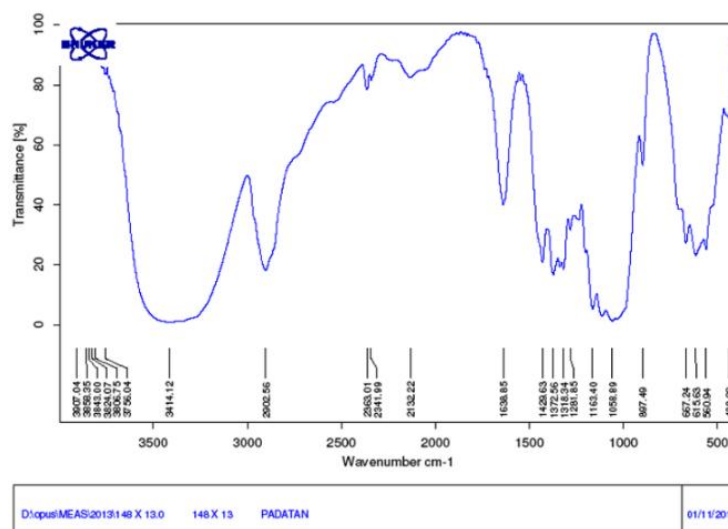
Gambar 2. Grafik hubungan kadar nitrogen dan waktu nitrasasi

Dari grafik juga didapatkan hasil bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu yang digunakan dalam proses nitrasasi maka akan semakin tinggi juga kandungan nitrogen pada nitroselulosa yang berasal dari serat eceng gondok. Eceng gondok menjadi bahan baku yang sangat potensial untuk digunakan, apalagi tanaman ini merupakan tanaman hama dan pemanfaatannya

belum dilakukan secara maksimal di Indonesia. Hal ini juga akan berdampak positif bagi perekonomian Masyarakat ditengah kesulitan penghasilan yang dialami oleh Masyarakat saat ini. selain itu juga jumlah bahan baku dari eceng gondok sangat melimpah di alam dan sangat mendukung keberlanjutan apabila potensi ini dapat dimaksimalkan dengan baik[6]

Limbah Pulp Larut Komersial

Pulp larut adalah pulp yang memiliki kandungan selulosa murni yang sangat tinggi dan hampir menyamai kualitas selulosa kapas. Pulp larut dapat dibuat dengan menggunakan bahan baku berupa limbah pertanian yaitu dari ampas tebu, serat banbu, kayu daun (*hardwood*) dan kayu jarum (*softwood*) [7]. Pemurnian selulosa menggunakan teknik *kraft* dan sulfite, dimana preses *kraft* memanfaatkan larutan NaOH dan Na₂S sebagai larutan pemasak dan untuk pembuatan pulp larut sebelum proses *kraft* dilakukan prahidrolisis untuk melemahkan ikatan hemiselulosa karena senyawa ini akan dipertahankan secara optimal. Sedangkan pemurnian dengan menggunakan sulfite sendiri melalui reaksi Na₂SO₃ yang dapat melarutkan senyawa hemiselulosa sehingga akan didapatkan kandungan selulosa murni yang tinggi.



Gambar 3. Grafik uji FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy). Sumber: Seta et al.,

Dari uji FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) pada puncak 3414 cm⁻¹ terdapat peregangan gugus OH yang digantikan oleh gugus Nitrogen sehingga membuktikan jika material ini mengandung Nitrogen yang cukup tinggi. Berdasarkan analisis terhadap material pulp larut didapatkan bahwa kandungan α selulosa dari pulp larut sebesar 92,49% dan kandungan nitrogennya sebesar 14,05%. Jumlah ini sangat signifikan dan telah memenuhi kriteria sebagai Propellant Nitrocellulose (PNC) dari hasil uji pembakaran juga didapatkan hasil bahwa tidak terdapat sisa pembakaran dan terdapat percikan bunga api yang telah memenuhi kriteria smokeless powder. Penggunaan material ini sangat potensial karena disamping kegunaannya sebagai bahan baku kertas material ini juga dapat menjadi alternatif sebagai bahan baku nitroselulosa[8].

Limbah Serat Sagu

Sagu merupakan salah satu makanan pokok yang banyak dikonsumsi di Indonesia khususnya daerah Indonesia bagian timur, dimana sagu merupakan makanan utama bagi Masyarakat. Menurut kementrian pertanian (Kementan) Produksi sagu di Indonesia mencapai 381.065 ton pada tahun 2021. Sagu yang diolah di pabrik-pabrik industri selain menghasilkan berbagai produk turunan juga akan menghasilkan produk sampingan berupa limbah cair dan limbah padat berupa serat. Pohon sagu mempunyai batang yang tebal dengan kandungan pati yang tinggi serta bagian lain baik kulit atau daun mengandung serat selulosa. Serat pada kulit pohon sagu tinggi akan kandungan selulosa sehingga berpotensi menjadi biomaterial untuk propelan. Tantangan utama dari pemanfaatan limbah sagu sebagai biomaterial selulosa adalah mengenai cara untuk pemurnian selulosa dan menghilangkan senyawa lignin dan hemiselulosa yang terdapat pada kulit batang sagu[9].

Tabel 4. Pengaruh perbandingan asam campuran terhadap % produk nitroselulosa dan kadar nitrogen dengan menggunakan HNO₃ 100% dan H₂SO₄ 97%.

No.	Perbandingan (H ₂ SO ₄ : HNO ₃)	Produk (%)	Kadar N (%)
1	1 : 8	155,33	13,25
2	1 : 6	153,57	13,31
3	1 : 5	152,34	13,39
4	1 : 4	151,22	13,27
5	1 : 3	150,36	12,87
6	1 : 2	149,28	12,29
7	2 : 1	133,05	11,97

Sumber: *Purnawan 2010*

Setelah melalui tahapan delignisasi dan penghilangan senyawa lainnya didapatkan kandungan α selulosa dari limbah serat sago adalah sebesar 92% dan setelah dilakukan proses nitrifikasi didapatkan kadar nitrogen dari nitroselulosa adalah sebesar 13,39% angka ini hampir mendekati jumlah nitrogen maksimum secara teoritis yaitu 14,14% menjadikan serat sago telah memenuhi syarat minimum sebagai biomaterial Propellant Nitrocellulose (PNC) sehingga limbah serat sago berpotensi untuk dijadikan sebagai biomaterial propelan apalagi pohon sago merupakan pohon yang pertumbuhannya cepat dan tahan terhadap kondisi yang basah menjadikan ketersediaan bahan ini melimpah jika dibandingkan dengan ketersediaan kapas di Indonesia yang jumlahnya terbatas [10].

Limbah Serat Rami

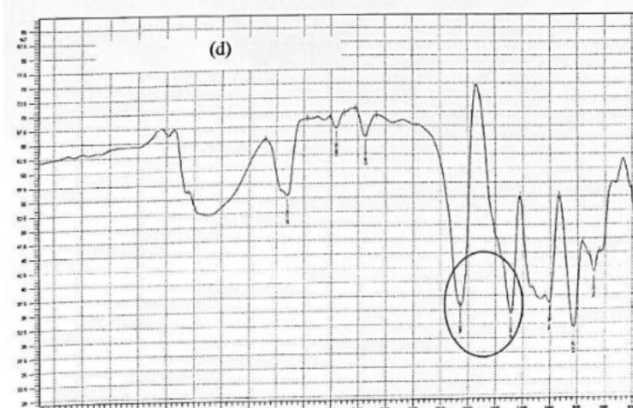
Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) adalah sumber serat alami yang terkenal akan kekuatan, kelenturan, dan ketahanannya, menjadikannya bahan ideal untuk berbagai aplikasi industri. Rami tumbuh cepat di daerah tropis dan subtropis, seperti Indonesia, dan memiliki kandungan α -selulosa yang tinggi, komponen utama yang diperlukan untuk produksi nitroselulosa. Serat rami yang telah melalui proses pemurnian dapat diolah menjadi nitroselulosa melalui nitrasasi, menghasilkan material berenergi tinggi yang cocok sebagai bahan dasar propelan. Selain itu, rami memiliki keunggulan lingkungan karena mudah dibudidayakan, tidak membutuhkan banyak pupuk atau pestisida, dan dapat dipanen beberapa kali dalam setahun. Dengan kandungan selulosa murni yang tinggi, rami dapat menjadi alternatif yang berkelanjutan dan ekonomis bagi bahan baku propelan, mengurangi ketergantungan pada sumber bahan baku impor sekaligus mendukung kemandirian bahan baku amunisi [11].

Tabel 5. Kadar Nitrogen Hasil Nitrasasi

Sampel	Konsentrasi H ₂ SO ₄ : HNO ₃	% Nitrogen
A	1 : 1	12,26
B	2 : 1	13,23
C	3 : 1	12,97

Sumber: *Riza et al.*

Berdasarkan tabel, dengan kandungan α selulosa serat rami mencapai 95% dan setelah dilakukan proses nitrasasi didapatkan hasil kadar nitrogen pada nitroselulosa mencapai 13,23%. Hasil pengujian pembakaran pada ketiga sampel menunjukkan bahwa sampel terbakar dengan adanya letupan, hal ini menandakan bahwa material memiliki kandungan Nitrogen dan hasil pembakaran tidak menimbulkan asap serta meninggalkan sisa pembakaran yang menunjukkan bahwa material termasuk dalam smokeless powder.

Gambar 4. Hasil Uji FTIR (Fourier Transform Infra Red) pada Nitroselulosa, Sumber: Riza *et al*

Hal ini juga dibuktikan melalui pengujian FTIR (Fourier Transform Infra Red) dimana spektrum nitroselulosa berada pada peak 1600 dan 1200 cm^{-1} yang menunjukkan bahwa terdapat gugus Nitrogen yang menggantikan gugus OH sehingga kandungan Nitrogen pada Nitroselulosa menjadi tinggi. Hasil ini cukup signifikan karena kadar α selulosa pada material telah memenuhi kriteria sebagai material propelan dan kandungan nitrogen di atas 12,5% juga telah memenuhi syarat sebagai material propelan sehingga menjadikan serat rami sangat potensial untuk pengembangan lebih lanjut mengingat tanaman ini merupakan tanaman yang tumbuh subur di wilayah Indonesia dan telah menjadi salah satu penyumbang terbesar dalam industri tekstil di Indonesia. Sehingga untuk kedepannya dibutuhkan kajian lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas serat rami sehingga akan menekan biaya produksi dan menjadi bahan alternatif yang potensial sebagai pengganti kapas yang jumlahnya terbatas di Indonesia [12].

Pulp Bambu Beema

Bambu Beema adalah tanaman serbaguna yang tumbuh dengan cepat dan tersebar luas di daerah tropis dan subtropis, termasuk Indonesia. Tumbuhan ini memiliki batang yang kokoh dan panjang, dikenal kaya akan serat selulosa berkualitas tinggi, menjadikannya bahan potensial untuk berbagai aplikasi industri. Bambu juga mudah dibudidayakan dan tumbuh dalam siklus yang cepat, sehingga dapat diandalkan sebagai sumber daya yang berkelanjutan [13]. Sebagai bahan baku untuk nitroselulosa, bambu memiliki kandungan α -selulosa yang cukup tinggi, yaitu jenis selulosa yang murni dan stabil, ideal untuk proses nitrasi. Selain itu, potensi pemanfaatan bambu sebagai material propelan mendukung kemandirian bahan baku amunisi, sekaligus memberikan solusi ramah lingkungan melalui pengurangan limbah organik dan pemanfaatan sumber daya lokal yang melimpah. Untuk mendapatkan α selulosa yang tinggi dari bambu maka bambu harus diubah menjadi bentuk pulp terlebih dahulu melalui pemurnian mekanik dan kimia sehingga akan dihasilkan material dengan kandungan α selulosa yang tinggi kemudian setelahnya akan melalui proses nitrasi sehingga dihasilkan nitroselulosa dari bahan dasar bambu [14].

Tabel 6. Analisis kandungan α -selulosa Bambu Beema dibandingkan dengan bahan lainnya

Parameter	Unit	SNI 938:2017 Pulp Rayon	Pulp Bambu Beema	Larut Pulp Bambu Industri
A Selulosa	%	Min. 94	96,63	95,09
Derajat cerah	% ISO	Min. 88	88,18	88,01
S ₁₀	%	Maks. 7.9	4,58	6,29
S ₁₈	%	Maks. 4,9	0,87	1,8
Abut tidak larut asam	Mg/kg	Maks. 100	98	99,5
Kadar ekstraktif	%	Maks. 0,2	0,06	0,07
Kadar abu	%	Maks. 0,15	0,07	0,09
Viskositas (Intrinsik)	mL/g	Min. 370	498	439
Viskositas (Kuprietilendiamin)	cP	Min. 6,2	18,21	15,98

Sumber: Federikus *et al*

Berdasarkan tabel diketahui bahwasanya bambu beema memiliki kadar α selulosa sebesar 96,63% kandungan ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan lainnya yang diuji. Kandungan α -selulosa diatas 95% membuat material ini sudah memenuhi syarat sebagai material propelan dan kandungan α -selulosa pada bambu beema hampir menyamai kandungan α -selulosa pada kapas yaitu dengan rentang 95-100%.

Tabel 7. Analisis Kandungan Nitrogen

No.	Jenis Pulp Larut	Formula		
		1	2	3
1.	Bambu Industri	10,12	10,50	12,52
2.	Bambu Beema	11,18	12,57	12,97

Sumber: *Federikus et al*

Hasil analisis kandungan Nitrogen setelah tahapan nitiasi sebesar paling optimum adalah sebesar 12,97% angka ini telah memenuhi kriteria sebagai bahan baku propelan. Selain itu berdasarkan uji bakar nitroselulosa juga telah memenuhi syarat sebagai PNC (Propellant Nitrocellulose) dengan pembakaran yang cepat dan sedikit mengeluarkan asap serta sisa pembakaran yang juga sedikit. Pulp bambu beema menjadi sangat potensial apalagi saat ini pemanfaatan dari bambu masih belum maksimal dan keunggulan dari bahan yaitu ketersediaan bahan baku yang melimpah sehingga sangat mendukung untuk keberlanjutan bahan baku nitroselulosa propelan dari pulp bambu [15].

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada hasil dan pembahasan didapatkan bahwa semua jenis limbah pertanian yang telah diuraikan, Telah memenuhi kriteria untuk digunakan sebagai PNC (Propellant Nitrocellulose). Hal ini berdasarkan kandungan α selulosa yang diatas 92% dan kadar nitrogen diatas 12,5%. Proses ekstraksi untuk mendapatkan α selulosa dilakukan dengan tahapan pre-treatment, delignifikasi, ekstraksi hemiselulosa dan bleaching (Pemutihan). Kemudian proses selanjutnya adalah tahapan nitiasi dengan mencampurkan asam nitrat dan asam sulfat pada α selulosa untuk menghasilkan nitroselulosa. Semua bahan mempunyai kandungan α selulosa relatif tinggi dan hampir menyamai kandungan α selulosa dari kapas (95-100%), serta kandungan nitrogen yang menyamai kualitas dari nitroselulosa yang terbuat dari serat kapas yaitu material dari eceng gondok dan pulp larut komersil yang diatas 14%. Salah satu keunggulan limbah pertanian sebagai bahan baku yaitu lebih mudah didapatkan, stok yang melimpah dan harganya yang murah atau gratis jika dibandingkan dengan serat kapas dengan harga yang mahal dan stok yang terbatas. Pada dasarnya semua jenis limbah yang berasal dari tumbuhan memiliki potensi sebagai bahan baku nitroselulosa sehingga potensi bahan baku menjadi sangat banyak bergantung pada teknik pemurnian dan nitiasi yang tepat supaya menghasilkan material nitroselulosa yang berkualitas tinggi.

SARAN

Berdasarkan analisis dari kajian ini, maka dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai teknik ekstraksi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan α selulosa berkualitas tinggi dari limbah serta teknik yang tepat dalam proses nitiasi guna menghasilkan nitroselulosa dengan kandungan nitrogen yang tinggi. Untuk mencapai kemandirian bahan amunisi maka dibutuhkan penelitian dan kajian secara sistematis dan berkelanjutan sehingga kemandirian bahan amunisi dapat diwujudkan dengan memaksimalkan kekayaan alam yang dimiliki oleh bangsa Indonesia. Selain itu kajian literatur ini dapat digunakan sebagai saran bahan baku alternatif pengganti kapas bagi kementerian pertahanan RI untuk pengembangan dan produksi amunisi dalam negeri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Y. Irwanto, L. Mariani, and A. Sarjito, "Jurnal Lembaga Ketahanan Nasional Republik Indonesia Evaluasi Industri Pertahanan dalam rangka Kemandirian Alutsista dengan

- Bercemin pada Industri Pertahanan Negara Maju,” *Jurnal Lembaga Ketahanan Nasional Republik Indonesia Evaluasi Industri Pertahanan dalam rangka Kemandirian Alutsista dengan Bercemin pada Industri Pertahanan Negara Maju*, vol. 1, no 1, 2022.
- [2] F. Virgiawan Ramadhan, “STRATEGI INDUSTRI PERTAHANAN INDONESIA GUNA MENCAPAI KEMANDIRIAN INDUSTRI PERTAHANAN,” 2022. [Online]. Available: www.kemhan.go.id/itjen/2013/01/02/undangundang-republik-indonesia-nomor-16-tahun-
- [3] D. Firmansyah, S. Pasim Sukabumi, and S. Al Fath Sukabumi, “Teknik Pengambilan Sampel Umum dalam Metodologi Penelitian: Literature Review,” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik (JIPH)*, vol. 1, no. 2, pp. 85–114, doi: 10.55927.
- [4] Y. A. Sudarso *et al.*, “Sintesis Nitroselulosa dari Limbah Sabut Siwalan (Borassus Flabellifer) Sebagai Bahan Baku Propelan,” 2022. [Online]. Available: www.chempro.upnjatim.ac.id
- [5] S. Mahendra Wijaya, A. Badra Pitaloka, and A. H. Saputra, “Sintesis dan Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Selulosa Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) dengan Media Reaksi Isopropanol Etanol.”
- [6] A. Halim, A. Setiawan, A. Andriyanto, and S. Bachtiar, “PEMANFAATAN SELULOSA ECENG GONDOK (Eichhornia crassipes) SEBAGAI BAHAN DASAR PEMBUATAN NITROSELULOSA,” 2021.
- [7] F. T. Seta, S. Sugesty, and T. Kardiansyah, “PEMBUATAN NITROSELULOSA DARI BERBAGAI PULP LARUT KOMERSIAL SEBAGAI BAHAN BAKU PROPELAN,” *JURNAL SELULOSA*, vol. 4, no. 02, Nov. 2014, doi: 10.25269/jsel.v4i02.85.
- [8] R. Putri, R. Junaidi, and M. Mustain, “Pemanfaatan A-Selulosa Fiber Cake Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Bahan Baku Nitroselulosa,” *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 1, no. 9, pp. 351–356, Sep. 2021, doi: 10.52436/1.jpti.83.
- [9] T. E. Siahaya, M. Sahureka, and D. Seite, “Analisis Produksi Sagu (Studi Kasus di Desa Hatunuru Kecamatan Taniwel Timur Kabupaten Seram Bagian Barat) Economic Value Analysis of Sago Production (Case Study in Hatunuru Village, East Taniwel District, West Seram Regency),” *Print) MAKILA: Jurnal Penelitian Kehutanan*, vol. 15, no. 1, pp. 58–69, doi: 10.30598/makila.v15i1.
- [10] J. Teknik Lingkungan and F. Sains dan Terapan, “Optimasi Proses Nitrasi pada Pembuatan Nitro Selulosa dari Serat Limbah Industri Sagu,” 2010.
- [11] A. S. Mulyawan *et al.*, “IDENTIFIKASI SIFAT FISIK DAN SIFAT TERMAL SERAT-SERAT SELULOSA UNTUK PEMBUATAN KOMPOSIT IDENTIFICATION OF PHYSICAL AND THERMAL PROPERTIES OF CELLULOSIC FIBERS FOR SYNTHESIS OF COMPOSITE.”
- [12] R. Rizkiah, K. Kencanawati, A. Rosidin, and L. Wibowo, “Sintesis Nitroselulosa Dari Serat Rami (Boechmerianivea) Menggunakan Trietilamin Systhesis Nitrocellulose From Hempen Using Triethyleamin (Boechmerianivea),” *Jurnal Sains dan Teknik*, vol. 3, no. 1, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.uicm-unbar.ac.id/index.php/sainteks/>
- [13] W. B. Kusumaningrum, R. Rochmadi, and S. Subyakto, “PEMBUATAN SELULOSA TERASETILASI DARI PULP BAMBU BETUNG (Dendrocalamus asper) SERTA PENGARUHNYA TERHADAP SIFAT MEKANIS BOKOMPOSIT POLIPROPILENA,” *Reaktor*, vol. 17, no. 1, p. 25, May 2017, doi: 10.14710/reaktor.17.1.25-35.
- [14] A.- Rifai and E. R. Finalis, “Towards The Independence of The Propellant Industry for Munitions and Rocket,” *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, vol. 6, no. 2, pp. 54–61, Dec. 2022, doi: 10.18196/jmpm.v6i2.15881.
- [15] F. T. Seta, S. Sugesty, and R. Biantoro, “Karakterisasi Nitroselulosa dari Pulp Larut Bambu Beema dan Bambu Industri,” *JURNAL SELULOSA*, vol. 9, no. 01, p. 25, Jun. 2019, doi: 10.25269/jsel.v9i01.241.