



Pengaruh Rasio Asam Sulfat dan Asam Nitrat terhadap Produksi Nitroselulosa Berbahan Baku Biomaterial

Aura Puja Lestari¹, Gunaryo², Yusuf Bramastya Apriliyanto³, Achmad Sufa Ramdlani Al Kindi⁴

^{1,2,3} Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia

⁴ Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received April 20, 2026

Revised Mei 25, 2026

Accepted Juni 19, 2026

Available online Juli 21, 2026

Kata Kunci:

Nitroselulosa, Biomaterial, Propelan

Keywords:

Nitrocellulose, Biomaterial, Propellant

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.

Copyright © 2022 by Author. Published by Universitas PGRI ADI BUANA SURABAYA.

ABSTRAK

Dinamika lingkungan strategis global mendorong penguatan kemandirian industri pertahanan melalui pengembangan propelan berbasis nitroselulosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh rasio campuran asam penitrasi terhadap kadar nitrogen dan karakteristik nitroselulosa berbasis selulosa biomaterial sebagai alternatif bahan baku propelan. Metode penelitian dilakukan melalui studi literatur sistematis terhadap publikasi ilmiah sepuluh tahun terakhir yang relevan dengan sintesis nitroselulosa, variasi rasio asam, serta kondisi reaksi. Hasil kajian menunjukkan bahwa kadar nitrogen nitroselulosa dipengaruhi secara signifikan oleh rasio $H_2SO_4 : HNO_3$, konsentrasi asam, suhu, dan waktu reaksi. Rasio asam dengan fraksi H_2SO_4 rendah menghasilkan rendemen tinggi namun kadar nitrogen rendah, sedangkan peningkatan fraksi H_2SO_4 hingga kondisi optimum meningkatkan derajat nitrasi dengan kadar nitrogen mencapai 13,39%, mendekati nilai teoritis 14,14%, bahkan pada kondisi tertentu mencapai 16,76%. Namun, rasio H_2SO_4 yang berlebihan berpotensi menyebabkan degradasi selulosa sehingga menurunkan efektivitas reaksi.

ABSTRACT

The dynamics of the global strategic environment drive the strengthening of defense industrial self-reliance through the development of nitrocellulose-based propellants. This study aims to examine the effect of nitrating acid ratio on nitrogen content and the characteristics of nitrocellulose derived from bio-based cellulose as an alternative propellant raw material. A systematic literature review was conducted on relevant scientific publications from the past ten years, focusing on nitrocellulose synthesis, acid ratio variation, and reaction conditions. The results indicate that nitrocellulose nitrogen content is strongly influenced by the $H_2SO_4:HNO_3$ ratio, acid concentration, reaction temperature, and reaction time. Lower H_2SO_4 fractions produce higher yields but lower nitrogen content, whereas increasing the H_2SO_4 ratio to an optimum level enhances the degree of nitration, yielding nitrogen contents up to 13.39%, approaching the theoretical maximum of 14.14%, and in certain conditions reaching 16.76%. However, excessive H_2SO_4 leads to cellulose degradation, thereby reducing reaction efficiency.

I. PENDAHULUAN

Dinamika lingkungan strategis global saat ini semakin tidak menentu sehingga menuntut optimalisasi seluruh unsur pendukung dalam mewujudkan kesiapan pertahanan negara. Pertahanan negara mencakup upaya menjaga keutuhan wilayah dan stabilitas kawasan yang kini dihadapkan pada tantangan yang semakin kompleks. Oleh karena itu, kemandirian industri pertahanan menjadi suatu kebutuhan strategis yang didefinisikan sebagai kemampuan suatu negara untuk secara mandiri memproduksi alat utama sistem persenjataan (Alutsista) guna menjaga kedaulatan dan keamanan nasional. Di Indonesia, penguatan kemandirian industri pertahanan telah menjadi bagian penting dari pembangunan nasional yang bertujuan meningkatkan kapabilitas pertahanan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap sistem pertahanan impor. Upaya tersebut diwujudkan melalui pengembangan tujuh program prioritas industri pertahanan nasional, yaitu pesawat tempur, kapal selam, tank, roket, rudal, sistem radar, dan propelan. Dalam kerangka tersebut, pengembangan industri propelan merupakan salah satu strategi utama untuk mendukung terwujudnya kemandirian pertahanan nasional [1].

Industri propelan memegang peranan penting dalam memenuhi kebutuhan amunisi dalam negeri, mengingat propelan berfungsi sebagai bahan bakar yang menghasilkan energi dorong melalui proses pembakaran terkendali serta pelepasan gas bersuhu tinggi [2]. Namun demikian, pengembangan industri propelan di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala, terutama keterbatasan ketersediaan bahan baku, sehingga menyebabkan tingginya ketergantungan pada impor dari beberapa negara, seperti Korea Selatan, Taiwan, Belgia, dan Yugoslavia. Oleh karena itu, penguasaan teknologi produksi propelan berbasis nitroselulosa menjadi faktor yang sangat penting dalam mewujudkan kemandirian nasional dalam penyediaan propelan [3].

Nitroselulosa disintesis melalui proses nitrasi selulosa menggunakan sistem asam campuran yang terdiri atas asam nitrat dan asam sulfat, di mana gugus nitro menggantikan atom hidrogen pada gugus hidroksil selulosa. Senyawa ini banyak dimanfaatkan dalam bidang pertahanan sebagai propelan dan material energetik untuk amunisi [4]. Indonesia memiliki sumber daya selulosa terbarukan yang melimpah, salah satunya berasal dari biomaterial seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), yaitu tumbuhan air invasif yang tumbuh dengan cepat dan sering mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Meskipun memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, eceng gondok memiliki potensi yang besar sebagai bahan baku ramah lingkungan karena bersifat biodegradable serta memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Sintesis nitroselulosa dari biomaterial tersebut meliputi tahapan delignifikasi, pemutihan (*bleaching*), dan nitrasi, dengan hidrogen peroksida digunakan sebagai agen pemutih yang relatif aman karena mampu mempertahankan integritas struktur selulosa [5]. Proses nitrasi dilakukan menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat, di mana rasio kedua asam tersebut berperan penting dalam menentukan kandungan nitrogen serta karakteristik fisikokimia nitroselulosa yang dihasilkan. Meskipun demikian, penelitian mengenai pengaruh variasi rasio asam nitrasi terhadap sintesis nitroselulosa yang berasal dari selulosa eceng gondok masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi sintesis optimum dalam menghasilkan nitroselulosa yang memenuhi persyaratan sebagai bahan baku propelan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* yang bertujuan untuk mengumpulkan, menelaah, dan mengevaluasi secara sistematis berbagai publikasi ilmiah yang membahas pengaruh rasio asam sulfat terhadap asam nitrat dalam sintesis nitroselulosa berbasis biomaterial sebagai alternatif bahan baku propelan. Pendekatan ini dipilih untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai hasil-hasil penelitian terdahulu, sekaligus mengidentifikasi tantangan serta peluang pengembangan pemanfaatan selulosa berbasis biomaterial dalam aplikasi propelan.

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran literatur secara sistematis pada beberapa basis data ilmiah, yaitu Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect. Penelusuran dilakukan menggunakan kata kunci yang relevan, meliputi pengaruh rasio asam sulfat terhadap asam nitrat pada sintesis nitroselulosa dari selulosa eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), alternatif bahan baku propelan, serta pengembangan industri propelan di Indonesia. Literatur yang ditinjau dibatasi pada publikasi dalam sepuluh tahun terakhir guna menjamin relevansi dan kemutakhiran data yang dianalisis.

Seleksi literatur dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi mencakup artikel yang menggunakan metodologi penelitian yang valid, melaporkan temuan ilmiah yang signifikan, serta membahas proses ekstraksi selulosa, tahapan nitrasi dalam produksi nitroselulosa, dan pemanfaatan biomaterial pada industri amunisi maupun propelan. Selanjutnya, literatur yang terpilih dianalisis secara kritis dan disintesis untuk mengidentifikasi pendekatan metodologis serta temuan-temuan utama yang dilaporkan. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dan diinterpretasikan berdasarkan persyaratan performa propelan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi dan lingkungan. Melalui pendekatan ini, kajian literatur diharapkan mampu memberikan evaluasi yang komprehensif mengenai pengaruh rasio asam sulfat terhadap asam nitrat dalam sintesis nitroselulosa berbasis biomaterial sebagai alternatif bahan baku propelan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nitroselulosa merupakan material yang sangat mudah terbakar dan memiliki potensi bersifat eksplosif. Inisiasinya dapat dipicu oleh adanya nyala api terbuka, benturan mekanis, maupun gesekan yang cukup kuat. Pada kondisi penyimpanan dan penggunaan yang sesuai, nitroselulosa relatif stabil. Namun, bahan ini harus dilindungi dari paparan suhu tinggi, kelembapan, serta kondisi lain yang dapat menyebabkan degradasi. Selama proses pembakaran, nitroselulosa menghasilkan gas bersuhu tinggi dalam jumlah besar, seperti nitrogen, karbon dioksida, dan uap air. Gas-gas hasil pembakaran tersebut berperan dalam menghasilkan gaya dorong (*thrust*) pada sistem propulsi yang menggunakan nitroselulosa sebagai bahan propelan [6]. Indonesia memiliki sumber daya selulosa yang melimpah, salah satunya berasal dari sumber hayati yang dikenal sebagai biomaterial. Berdasarkan Tabel 1, nitroselulosa menunjukkan variasi warna yang berkisar dari putih hingga kekuningan, yang dipengaruhi oleh kandungan lignin pada bahan baku yang digunakan. Lignin merupakan salah satu komponen struktural utama penyusun biomassa lignoselulosa yang berperan penting dalam memberikan warna pada serat lignoselulosa. Penggunaan bahan baku dengan kandungan lignin yang relatif tinggi dalam proses produksi nitroselulosa cenderung menghasilkan produk dengan warna yang lebih kekuningan. Sebaliknya, bahan baku yang memiliki kandungan lignin lebih rendah umumnya menghasilkan nitroselulosa dengan warna yang lebih putih [7].

Halim *et al.* (2021) melaporkan penggunaan pereaksi nitrasi yang terdiri atas asam nitrat (HNO_3) 65% dan asam sulfat (H_2SO_4) 98% sebagai katalis dengan rasio 1:2, disertai variasi suhu selama proses nitrasi [8]. Hasil yang diperoleh disajikan sebagai berikut.

Table 1. Perbandingan Nitroselulosa

Materials	Composition			Characteristics	
	Purity α -celulose (%)	Lignin Content (%)	Yield Nitrocelullose (%)	Nitrocelullose color	Nitrogen Content (%)
Straw	25-45	10-15	86	Yellowish	
Cotton	86-98	<5	68	White	
Water hyacinth	24,5	8,6	16,76		16,76

Pineapple leaf	69,5-71,5	12	86,2	11,56
----------------	-----------	----	------	-------

Berdasarkan Tabel 1.1, nitroselulosa menunjukkan variasi warna yang berkisar dari putih hingga kekuningan, yang dipengaruhi oleh kandungan lignin pada bahan baku yang digunakan. Lignin merupakan salah satu komponen utama penyusun biomassa lignoselulosa yang berperan penting dalam memberikan warna pada serat lignoselulosa. Penggunaan bahan baku dengan kandungan lignin yang relatif tinggi dalam proses sintesis nitroselulosa cenderung menghasilkan produk dengan warna yang lebih kekuningan. Sebaliknya, bahan baku dengan kandungan lignin yang lebih rendah umumnya menghasilkan nitroselulosa yang berwarna lebih putih. Menurut Saragih *et al.* (2015), kandungan gugus fungsi nitrogen tertinggi diperoleh pada rentang suhu 10–20°C, yang ditunjukkan oleh nilai transmitansi yang lebih rendah dibandingkan pada rentang suhu 5–10°C dan 15–20°C [3]. Pada penelitian tersebut, variasi suhu nitrasi yang digunakan adalah 10°C, 15°C, dan 30°C.

Table 2. Hubungan Waktu dan Suhu terhadap Kandungan Nitrogen

Temperature (°C)	15 minutes	30 minutes	45 minutes
	(%N)		
10	8,74	8,94	11,18
20	4,79	16,24	5,58
30	6,34	16,76	8,94

Data yang disajikan pada tabel menunjukkan bahwa peningkatan suhu nitrasi dan perpanjangan waktu reaksi secara umum meningkatkan kandungan nitrogen pada nitroselulosa yang dihasilkan dari serat. Namun, waktu reaksi memiliki kondisi optimum. Kondisi optimum tersebut kemudian ditetapkan sebagai parameter tetap pada proses nitrasi, sementara rasio campuran asam divariasikan. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh adanya reaksi reversibel, di mana sebagian produk dapat kembali menjadi reaktan atau laju reaksi bergeser ke arah pembentukan reaktan sehingga menyebabkan penurunan hasil produk setelah melewati kondisi optimum.

Menurut Setiadi *et al.* (2017), proses nitrasi dilakukan menggunakan berbagai variasi rasio campuran asam nitrat, yaitu 1:2, 1:3, 1:4, 2:1, 7:3, 3:1, dan 4:1, sedangkan parameter reaksi lainnya dipertahankan tetap. Proses nitrasi tersebut menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) 95% dan asam nitrat (HNO_3) 65% sebagai pereaksi nitrasi [9].

Table 3. Korelasi Rasio Asam terhadap Kandungan Nitrogen

No	$\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3$	% Yield	% N
1	1 : 4	98,6 %	5,25 %
2	1 : 3	97,8 %	5,6 %
3	1 : 2	97,0 %	5,95 %
4	2 : 1	92,4 %	7,7 %
5	7 : 3	88,8 %	8,75 %
6	3 : 1	86,2 %	11,56 %
7	4 : 1	83,4 %	6,3 %

Berdasarkan Tabel 4 proses nitrasi dilakukan menggunakan asam nitrat (HNO_3) 65% dan asam sulfat (H_2SO_4) 97%. Sementara itu, berdasarkan Tabel 5 [10], proses nitrasi dilakukan menggunakan asam nitrat (HNO_3) 100% dan asam sulfat (H_2SO_4) 97%

Table 4. Korelasi Rasio Asam Sulfat dan Asam Nitrat terhadap Kandungan Nitrogen

No.	$\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3$	Yield (%)	Content N (%)
1	1 : 8	54,42	1,48
2	1 : 6	36,40	3,17

3	1 : 4	33,29	5,53
4	1 : 2	32,76	2,19
5	2 : 1	31,73	1,87
6	3 : 1	34,62	1,29

Pada rasio di atas 1:4, kandungan nitrogen mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan H_2SO_4 dalam jumlah yang berlebihan dapat menyebabkan degradasi sebagian struktur selulosa, sehingga mengurangi jumlah selulosa yang tersedia untuk bereaksi. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi HNO_3 menggeser kesetimbangan reaksi ke arah pembentukan produk yang lebih besar.

Table 5: Korelasi Rasio Asam Sulfat dan Asam Nitrat terhadap Kandungan Nitrogen

No.	$\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3$	Yield (%)	Content 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

Menurut Handono dan Kusmartono (2017), asam nitrat (HNO_3) dengan konsentrasi 65% dan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 95% digunakan sebagai pereaksi dalam reaksi nitrasi selulosa untuk menghasilkan nitroselulosa [11].

Table 6: Korelasi Rasio Asam terhadap Kandungan Nitrogen

No.	$\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3$	Produk (%)	N (%)
1	1 : 4	93,6	7,00
2	1 : 3	93,2	7,23
3	1 : 2	92,6	8,31
4	2 : 1	92,0	10,07
5	7 : 3	91,0	11,47
6	3 : 1	73,0	8,36
7	4 : 1	50,0	6,20

Peningkatan rasio H_2SO_4 terhadap HNO_3 menyebabkan penurunan rendemen produk akibat terjadinya degradasi sebagian selulosa dan pelarutan selulosa dalam asam sulfat, sehingga sebagian material hilang selama proses filtrasi. Namun demikian, rasio campuran asam memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan nitrogen, karena H_2SO_4 berfungsi sebagai katalis sekaligus agen pendehidrasi yang mengikat air yang terbentuk selama reaksi nitrasi. Pada rasio H_2SO_4 yang rendah, air yang tidak terikat menghambat substitusi gugus hidroksil ($-\text{OH}$) oleh gugus nitro ($-\text{NO}_2$). Sebaliknya, peningkatan proporsi H_2SO_4 menurunkan energi aktivasi dan meningkatkan laju reaksi hingga mencapai kondisi optimum. Kandungan nitrogen tertinggi diperoleh pada rasio H_2SO_4 sebesar 7:3 dengan nilai 11,47%, sedangkan peningkatan rasio di atas kondisi tersebut menyebabkan penurunan kandungan nitrogen akibat degradasi selulosa. Nilai tersebut tergolong baik apabila dibandingkan dengan kandungan nitrogen teoritis maksimum nitroselulosa, yaitu sebesar 14,14%.

Menurut Rizkiah *et al.* (2021), larutan asam nitrat (HNO_3) 65% dan larutan asam sulfat (H_2SO_4) 95% digunakan sebagai agen nitrasi dalam proses konversi selulosa menjadi nitroselulosa [12]

Table 6. Korelasi Rasio Asam terhadap Kandungan Nitrogen

No.	$\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3$	N (%)
1	1 : 1	12,26
2	2 : 1	13,23
3	3 : 1	12,97

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel, seluruh variasi percobaan memenuhi persyaratan kandungan nitrogen untuk aplikasi propelan, yaitu melebihi standar minimum sebesar 11%. Kandungan nitrogen tertinggi diperoleh pada sampel B dengan rasio H_2SO_4 sebesar 2:1, yang menghasilkan kandungan nitrogen sebesar 13,23%.

IV. KESIMPULAN

Proses nitrasi selulosa menjadi nitroselulosa sangat dipengaruhi oleh rasio campuran asam nitrasi, konsentrasi asam, suhu reaksi, dan waktu reaksi, yang secara bersama-sama menentukan kandungan nitrogen serta rendemen produk. Penggunaan HNO_3 65% dan H_2SO_4 98% dengan rasio 1:2 menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan waktu reaksi hingga kondisi optimum dapat meningkatkan derajat nitrasi, dengan kandungan nitrogen maksimum sebesar 16,76% yang diperoleh pada suhu 30 °C selama 30 menit. Namun, waktu reaksi yang terlalu lama menyebabkan penurunan kandungan nitrogen akibat degradasi selulosa, sejalan dengan sifat reversibel dari reaksi nitrasi. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa peningkatan proporsi HNO_3 menghasilkan rendemen yang lebih tinggi, tetapi dengan kandungan nitrogen yang relatif rendah (5,25–5,95%). Sebaliknya, peningkatan proporsi H_2SO_4 mampu meningkatkan kandungan nitrogen hingga 11,56% pada rasio 3:1, meskipun disertai penurunan rendemen, sehingga menegaskan peran penting H_2SO_4 sebagai katalis sekaligus agen pendehidrasi yang efektif.

Penelitian yang menggunakan asam berkonsentrasi tinggi, seperti HNO_3 100% dan H_2SO_4 97%, menghasilkan kandungan nitrogen yang lebih tinggi, yaitu berkisar antara 11,97% hingga 13,39%, mendekati kandungan nitrogen teoritis maksimum nitroselulosa sebesar 14,14%. Namun, tingkat keasaman yang terlalu tinggi meningkatkan risiko degradasi selulosa dan menurunkan stabilitas produk. Pada konsentrasi asam yang lebih moderat, kandungan nitrogen optimum sebesar 11,47–13,23% diperoleh pada rasio H_2SO_4 antara 7:3 hingga 2:1, yang telah memenuhi persyaratan minimum kandungan nitrogen untuk nitroselulosa mutu propelan, yaitu lebih dari 11% [12]. Sebaliknya, rasio H_2SO_4 yang terlalu rendah menyebabkan proses dehidrasi berlangsung kurang efektif sehingga membatasi substitusi gugus hidroksil ($-\text{OH}$) oleh gugus nitro ($-\text{NO}_2$), sedangkan rasio H_2SO_4 yang terlalu tinggi mempercepat degradasi selulosa dan menurunkan efisiensi nitrasi. Secara keseluruhan, hasil kajian ini menunjukkan bahwa produksi nitroselulosa berkualitas tinggi memerlukan optimasi yang seimbang terhadap rasio campuran asam, konsentrasi asam, suhu, dan waktu reaksi agar proses nitrasi berlangsung secara efektif tanpa mengurangi integritas struktur selulosa.

ACKNOWLEDGE

Kandungan nitrogen pada nitroselulosa dipengaruhi oleh rasio campuran asam nitrasi, konsentrasi asam, serta kondisi reaksi. Rasio optimum H_2SO_4 mampu meningkatkan derajat nitrasi dan menghasilkan kandungan nitrogen hingga 13,39%, mendekati nilai teoritis sebesar 14,14%, bahkan dapat mencapai 16,76% pada kondisi reaksi tertentu. Namun, penggunaan H_2SO_4 secara berlebihan dapat menyebabkan degradasi selulosa sehingga menurunkan efektivitas proses nitrasi.

REFERENSI

- [1] Efendie, N. A., Kiswara, G. J., & Purboyo. (2022). Pengembangan Kemampuan dan Kemandirian Industri Pertahanan Indonesia (Studi Kerjasama Pengembangan Dengan Metode Penta-Helix). *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 3(3). <https://doi.org/10.7777/jiemar>
- [2] Restasari, A., Abdillah, L. H., Budi, R. S., & Hartaya, K. (2019). *Pengaruh Dioctyl Adipate*

Terhadap Sifat Rheologi HTPB Terplastisasi (Effect of Dioctyl Adipate on The Rheological Properties of Plasticized HTPB).

- [3] Saragih, E., Padil, & Yelmida. (2015). *Pembuatan Nitroselulosa dari Selulosa Hasil Pemurnian Pelepah Sawit dengan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Propelan.*
- [4] Cahyono, T. A., Ramadhan, M. J., & Sunandar, K. (2023). Pra-Rancangan Pabrik Nitroselulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Kapasitas 15.000 TonTahun. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 7(2), 31–38. <https://doi.org/10.31543/jii.v7i2.253>
- [5] Pramujo, A. S. (2020). *Hidrogen Peroksida dan Natrium Hipoklorit: Dampak Penggunaannya Sebagai Disinfektan di Museum.*
- [6] Waruwu, M. M., Sunarno, S., & Budiarto, R. (2013). Analisis Keselamatan pada Instalasi Sistem Pembuatan dan Pengujian Solid Propelant Double Base dari Minyak Jarak - Jurusan Teknik Fisika UGM. *Teknofisika*, 2(1), 20–28.
- [7] P, E. B., Tafdihila, I., Mahfud, & Prihatini, R. P. (2012). Pembuatan Nitroselulosa dari Kapas(*Gossypium Sp.*) dan Kapuk (*Ceiba Pentandra*)Melalui Reaksi Nitrasi. *Jurnal Teknik ITS*, 1.
- [8] Halim, A., Setiawan, A., Andriyanto, A., & Bachtiar, S. (2021). Pemanfaatan Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Nitroselulosa. *Insta Adpertisi Journal*, 1(1), 44–53. <https://doi.org/10.62728/jnsta.v1i1.148>
- [9] Setiadi, Mulyadi, Y., & Kusmartono, B. (2017). Optimasi Pembuatan Nitroselulosadari Daun Nanas dengan Proses Delignifikasi dalam Upaya Mewujudkan Sumber Energi Bersih dan Terbarukan (Variabel Waktu Nitrasi dan Rasio Asam Penitrasi). *Prosiding Seminar Nasional XII “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*
- [10] Purnawan. (2010). Optimasi Proses Nitrasi pada Pembuatan Nitro Selulosa dari Serat Limbah Industri Sagu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 4(2), 30.
- [11] Handono, A. W., & Kusmartono, B. (2017). Pembuatan Nitroselulosa dari Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea L.*) (Variabel Waktu Nitrasi Dan Rasio Asam Penitrasi). *Jurnal Inovasi Proses*, 2(1).
- [12] Rizkiah, R., Kencanawati, K., Rosidin, A., & Wibowo, L. (2021). Sintesis Nitroselulosa dari Serat Rami (*Boechmerianivea*) Menggunakan Trietilamin Sythesis Nitrocellulose From Hempen Using Triethyleamin (*Boechmerianivea*). *Jurnal Sains Dan Teknik*, 3(1). <http://ejournal.uicm-unbar.ac.id/index.php/sainteks/>