



Penggunaan Limbah Ampas Tahu Yang Teraktivasi Sebagai Media Adsorpsi Untuk Ion Nitrat

The Use of Activated Tofu Dregs Waste as an Adsorption Medium for Nitrate Ions

Muhammad Dzikri^{1*}, Febrianto, Muhammad Ihsan, Apriyansyah

¹ *Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNIVAL, Jl. Kh. Enggus Arja No. 1, Cilegon, 42441, Indonesia

*Email: februaryanto235@gmail.com

Abstrak

Ion nitrat dalam air dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan sehingga diperlukan metode pengolahan yang efektif dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif ampas tahu teraktivasi NaCl dalam mengadsorpsi ion nitrat serta menentukan kondisi adsorpsi optimum. Karbon aktif disintesis melalui proses pengeringan, karbonisasi, dan aktivasi kimia menggunakan NaCl. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan larutan nitrat berkonsentrasi 150 ppm sebanyak 25 mL dan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 410 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan terbaik ditunjukkan oleh karbon aktif pada konsentrasi larutan 350 ppm dengan waktu kontak 60 menit, massa adsorben 500 mg, dan pH 3. Hasil ini menunjukkan bahwa karbon aktif ampas tahu teraktivasi NaCl berpotensi digunakan sebagai adsorben alternatif untuk menurunkan kadar ion nitrat dalam air.

Kata kunci: karbon aktif, adsorpsi, nitrat, NaCl

Abstract

Nitrate ions in water can pose negative impacts on human health, therefore effective and environmentally friendly treatment methods are required. This study aims to evaluate the adsorption capability of NaCl-activated tofu dregs activated carbon for nitrate removal and to determine the optimum adsorption conditions. The activated carbon was prepared through drying, carbonization, and chemical activation using NaCl. The adsorption process was carried out using a nitrate solution with an initial concentration of 150 ppm and a volume of 25 mL, and the nitrate concentration was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer at a wavelength of 410 nm. The results showed that the best nitrate adsorption was achieved at an initial nitrate concentration of 350 ppm, a contact time of 60 minutes, an adsorbent mass of 500 mg, and pH 3. These findings indicate that NaCl-activated tofu dregs activated carbon has potential as an alternative adsorbent for nitrate removal from water.

Keywords: activated carbon, adsorption, nitrate, NaCl

Pendahuluan

Mengingat pentingnya peran air sangat diperlukan adanya sumber air yang dapat menyediakan air baik dari segi kuantitas dan kualitasnya, dimana kegunaan air untuk keperluan sehari-hari seperti untuk dikonsumsi, mandi, mencuci dan memasak. Kebutuhan manusia akan air diperoleh dari berbagai macam sumber, baik yang berupa air permukaan, air tanah maupun air hujan [1]. Peningkatan aktivitas industri dan pertanian telah menyebabkan meningkatnya jumlah polutan anorganik yang terbuang ke lingkungan, salah satunya adalah ion nitrat (NO_3^-). Ion nitrat yang bersumber dari pupuk kimia, limbah industri makanan, dan air limbah domestik menjadi salah satu pencemar utama perairan. Konsentrasi ion nitrat yang tinggi dalam air tidak hanya menyebabkan eutrofikasi, tetapi juga menimbulkan dampak kesehatan serius seperti methemoglobinemia (blue baby syndrome). Nitrat di dalam tubuh dapat mengubah menjadi nitrit yang pada kondisi tertentu dapat bereaksi dengan asam amino membentuk nitrosamin yang bersifat karsinogenik. Oleh karena itu, pengendalian dan penurunan kadar ion nitrat dalam limbah cair menjadi prioritas dalam pengelolaan lingkungan.[2].

metode yang berkembang dalam pengolahan limbah cair adalah adsorpsi, karena metode ini efisien, ekonomis, dan mudah dioperasikan. Adsorpsi memanfaatkan kemampuan suatu material padat untuk menangkap ion atau molekul dari larutan, dan efektivitasnya sangat bergantung pada karakteristik adsorben. Dalam konteks keberlanjutan dan perputaran ekonomi, pemanfaatan limbah organik sebagai bahan dasar adsorben menjadi solusi yang sangat potensial.

Keberhasilan adsorpsi pada pengolahan limbah cair sangat bergantung pada pemilihan jenis adsorben dan kondisi operasi yang digunakan. Adsorben dengan luas permukaan yang lebih tinggi dan struktur yang lebih berpori, seperti karbon aktif dan tabung nano karbon, umumnya memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi karena peningkatan jumlah pori-pori yang tersedia untuk melekat pada kontaminan. Kehadiran gugus fungsional tertentu pada permukaan adsorben juga dapat meningkatkan kemampuannya untuk menarik dan mengikat polutan. Selain itu, sifat kontaminan, termasuk ukuran molekul, polaritas, dan kelarutannya, memainkan peran penting dalam efisiensi adsorpsi [3].

Teori

Ampas tahu ini dihasilkan sekitar $\frac{1}{4}$ dari kapasitas produksi tahu, limbah ini masih mengandung air yang tinggi yaitu sekitar 17,03% yang menyebabkan ampas tahu mudah mengalami kerusakan dan menimbulkan bau busuk Sehingga ampas tahu tidak dapat disimpan dalam waktu yang lama Oleh karena itu ampas tahu perlu untuk diolah agar tidak mencemari lingkungan, bahwa 1000 mg ampas tahu mampu menyerap logam krom hingga 100 % dan logam besi 95,53% dengan waktu kontak 150 menit. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi dengan limbah ampas tahu memerlukan konsentrasi adsorben yang tinggi dan waktu yang relatif lama. Masalah ini dapat diatasi dengan cara mengubah limbah ampas tahu menjadi karbon aktif [3]. Nitrat merupakan bentuk nitrogen di perairan alami yang merupakan nutrisi bagi pertumbuhan fitoplankton dan tumbuhan lainnya. Nitrat juga merupakan senyawa yang mudah larut dalam air dan memiliki sifat yang stabil [4]. Sumber utama nitrat di perairan berasal dari dekomposisi mikroorganisme, aktivitas pertanian, industri dan limbah rumah tangga. Aktivitas-aktivitas pertanian banyak menggunakan pupuk yang mengandung nitrat sehingga sisa-sisa pupuk yang digunakan pada lahan-lahan pertanian akan terbawa ke laut melalui aliran sungai yang dekat dengan lahan pertanian dan menyebabkan variabilitas konsentrasi nitrat [5]. Nitrat yang tidak diserap oleh tanah. Aktivitas-aktivitas pertanian banyak menggunakan pupuk yang mengandung nitrat sehingga sisa-sisa pupuk yang tumbuhan di perairan akan mengalami denitrifikasi menjadi nitrogen bebas (N_2) atau dinitrogen oksida (N_2O).[4].

Nitrat yang terdapat dalam sumber air seperti air sumur gali dan sungai biasanya berasal dari pencemaran bahan-bahan kimia seperti urea dan lainnya di bagian hulu. Bahaya dari nitrat sendiri yaitu memberikan efek racun yang akut dimana lebih dari 10% hemoglobin diubah menjadi methemoglobin. Pengaruh nitrat dalam jumlah yang besar pada tubuh manusia adalah dapat menyebabkan keracunan kronis, diare, gastro intestinal, depresi, dan sakit kepala [5]. Proses adsorpsi merupakan proses pemisahan gas atau zat cair terlarut (adsorptive) yang terakumulasi pada permukaan benda padat atau cairan (adsorben), membentuk lapisan atom, ion maupun molekul. Molekul, ion, atau film atom yang terserap, disebut adsorbat, berasal dari kontaminan yang ada di dalam cairan atau gas [7]. Adsorbat dari fase cair biasanya membentuk lapisan tunggal (monolayer), sedangkan dari fase gas membentuk lapisan jamak (multilayer) [6]. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu agitasi, karakteristik adsorben, kelarutan adsorbat, ukuran pori adsorben, pH, temperatur, dan waktu kontak. Agitasi memengaruhi laju perpindahan adsorbat ke permukaan adsorben. Karakteristik adsorben, seperti ukuran partikel dan luas permukaan, menentukan kecepatan dan kapasitas adsorpsi. Kelarutan adsorbat memengaruhi afinitas adsorbat terhadap adsorben. Ukuran pori adsorben harus sesuai agar adsorbat dapat masuk dan teradsorpsi dengan optimal. pH berpengaruh terhadap ionisasi adsorbat

dan adsorben sehingga menentukan efektivitas adsorpsi. Temperatur memengaruhi laju dan derajat adsorpsi karena adsorpsi bersifat eksoterm. Waktu kontak menentukan jumlah adsorbat yang terserap hingga tercapai kondisi kesetimbangan.

Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan berbagai peralatan yang dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu alat pengoperasian dan alat pengujian. Pada tahap pengoperasian, peralatan yang digunakan antara lain oven, furnace, saringan, gelas ukur 500 ml, neraca analitik, magnetic stirrer, cawan porseline, mortar dan alu, beaker glass, pH meter, corong kaca, kaca arloji, kertas saring, aluminium foil, spatula, batang pengaduk, serta tang krus. Sedangkan pada tahap pengujian, alat yang dipakai meliputi erlenmeyer, neraca analitik, gelas ukur 500 mL, magnetic stirrer, pipet volumetrik, dan spektrofotometer UV-Vis ($\lambda \approx 410$ nm untuk nitrat).[7]. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah ampas tahu segar, Aquades, Larutan KNO_3 (sebagai sumber ion nitrat) dengan konsentrasi awal 150 ppm, 250 ppm, 350 ppm, NaCl sebagai aktivator, HNO_3 dan NaOH (untuk pengaturan pH).[8].

Penelitian ini menghasilkan data yang diperoleh dari serangkaian tahap percobaan. Pengujian dilakukan terhadap empat variasi percobaan, yaitu variasi massa adsorben, waktu kontak, pH, dan konsentrasi larutan.

Hasil Dan Pembahasan

Limbah ampas tahu yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu dilakukan proses pengolahan untuk meningkatkan kualitasnya sebagai adsorben, ampas tahu tersebut diubah terlebih dahulu menjadi karbon aktif. Pembuatan karbon aktif dari ampas tahu melalui proses pengeringan, karbonisasi, dan aktivasi kimia menggunakan NaCl. Karbonisasi merupakan upaya untuk mengasalkan arang menggunakan panas. Proses karbonisasi pada limbah ampas tahu dilakukan pada tempat tertutup untuk menghindari hilangnya karbon dari ampas tahu membentuk gas CO_2 . Proses karbonisasi ampas tahu menggunakan suhu $500^\circ C$ selama 60 menit.

Penelitian ini dilakukan melalui proses adsorpsi ion nitrat menggunakan karbon aktif ampas tahu teraktivasi NaCl. Adsorben dikontakkan dengan larutan nitrat berkonsentrasi awal 150 ppm sebanyak 25 mL pada berbagai kondisi percobaan, kemudian larutan hasil adsorpsi disaring dan dianalisis kadar nitrat sisanya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Panjang gelombang untuk nitrat adalah 410 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh selanjutnya dikonversi menjadi konsentrasi nitrat melalui persamaan regresi linier. Adapun kurva standar senyawa nitrat memiliki persamaan regresi $y = 0,0682x + 0,0194$, $R^2 = 0,9903$.

Tabel 4.1 Variasi Massa Adsorben vs konsentrasi ion Nitrat

No	Massa adsorban (mg)	Abs	Konsentrasi akhir ion nitrat (ppm)	Penurunan (%)
1.	150	0,139	1,75	98,83
2.	300	0,138	1,74	98,84
3.	500	0,129	1,61	98,93

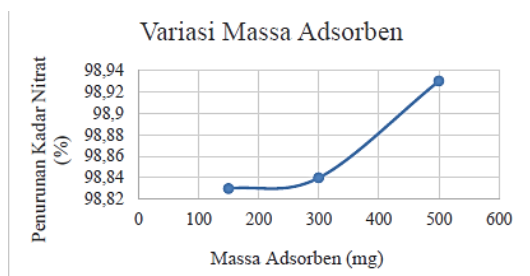
Penurunan kadar ion nitrat sisa seiring dengan bertambahnya massa adsorben menunjukkan bahwa jumlah adsorben berpengaruh langsung terhadap kemampuan penyerapan nitrat, dapat dilihat pada grafik 4.1 penurunan kadar nitrat terbesar pada massa adsorben 500 mg sebesar 98,93%. Semakin besar massa adsorben yang digunakan, semakin besar luas permukaan dan jumlah pori yang tersedia untuk mengikat ion nitrat dari larutan. Hal ini menyebabkan interaksi antara ion nitrat dan permukaan adsorben menjadi lebih efektif [8].

Hasil ini sejalan dengan penelitian [7] bahwa peningkatan massa karbon aktif dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi hingga mencapai kondisi optimum. Selain itu, [8] juga menyatakan bahwa karbon aktif berbasis biomassa memiliki kapasitas adsorpsi yang meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben, selama sistem belum mencapai kondisi jenuh.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tersebut, massa adsorben 500 mg ditetapkan sebagai massa adsorben optimum dalam penelitian ini karena menghasilkan kadar nitrat sisa paling rendah dibandingkan variasi massa lainnya.

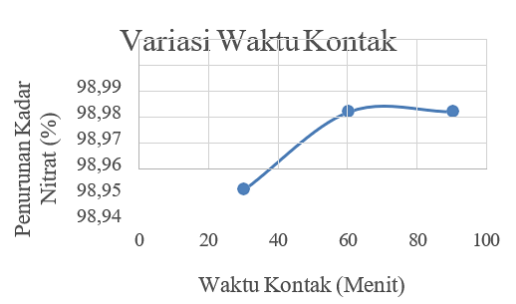
Tabel 4.2 Variasi Waktu Kontak

No	Waktu (menit)	Abs	Konsentrasi akhir ion nitrat (ppm)	Penurunan (%)
1.	30	0,127	1,58	98,95
2.	60	0,124	1,53	98,98
3.	90	0,124	1,53	98,98



Gambar 1. Grafik Variasi Massa vs Penurunan Kadar Nitrat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar ion nitrat sisa mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu kontak hingga mencapai kondisi tertentu. Pada waktu kontak 30 menit diperoleh kadar ion nitrat sisa sebesar 1,58 ppm. Peningkatan waktu kontak menjadi 60 menit menurunkan kadar ion nitrat sisa menjadi 1,53 ppm. Namun, pada waktu kontak 90 menit, kadar ion nitrat sisa relative tidak mengalami perubahan yang signifikan dibandingkan waktu 60 menit.



Gambar 2. Grafik Variasi Waktu Kontak VS Penurunan Kadar Nitrat

Waktu kontak yang lebih lama akan menyebabkan jumlah adsorbat yang teradsorpsi semakin banyak karena semakin banyak partikel adsorben yang berinteraksi dengan adsorbat. Penentuan waktu kontak dapat memberikan informasi berapa lama waktu yang diperlukan untuk mencapai penyerapan optimum. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik 4.2 penurunan kadar nitrat terbesar yaitu pada waktu kontak 60 menit dengan % penurunan sebesar 98,98%. Penurunan kadar ion nitrat sisa pada awal waktu kontak terjadi karena semakin lama waktu kontak, semakin besar peluang terjadinya tumbukan antara ion nitrat dan pori-pori pada permukaan adsorben. Namun, setelah mencapai waktu tertentu, proses adsorpsi akan mencapai kondisi kesetimbangan dimana sebagian besar pori-pori adsorben telah terisi oleh ion nitrat, sehingga penambahan waktu kontak tidak lagi memberikan peningkatan penyerapan yang signifikan. [10].

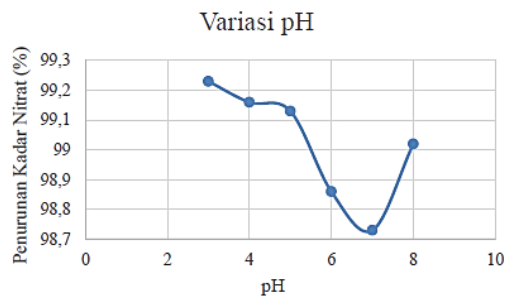
Hasil ini sejalan dengan penelitian Eka Putra dkk. (2019) yang menyatakan bahwa adsorpsi menggunakan karbon aktif umumnya mencapai kesetimbangan dalam waktu tertentu, dan perpanjangan waktu kontak setelah kondisi tersebut tidak meningkatkan kapasitas adsorpsi secara signifikan. Oleh karena itu, waktu kontak optimum dalam penelitian ini ditetapkan selama 60 menit.

Tabel 4.3 Hasil Variasi pH

No	pH	Massa adsorben (mg)	Absorbansi	Konsentrasi akhir ion nitrat (ppm)	Penurunan (%)
1.	3	500	0,098	1,15	99,23
2.	4	500	0,105	1,26	99,16
3.	5	500	0,108	1,30	99,13
4.	6	500	0,136	1,71	98,86
5.	7	500	0,149	1,90	98,73
6.	8	500	0,120	1,48	99,02

Pada kondisi pH asam, permukaan karbon aktif cenderung bermuatan positif akibat terjadinya protonasi pada gugus fungsi permukaan adsorben. Muatan positif tersebut mempermudah terjadinya interaksi elektrostatis dengan ion nitrat (NO_3^-) yang bermuatan negatif, sehingga ion nitrat lebih mudah terikat pada situs aktif adsorben. Fenomena ini sejalan dengan penelitian [11] yang menyatakan bahwa

adsorpsi anion nitrat lebih efektif pada pH rendah karena meningkatnya gaya tarik elektrostatik antara adsorben dan adsorbat. Sebaliknya, pada pH netral hingga basa, kemampuan adsorpsi ion nitrat cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya muatan positif pada permukaan adsorben serta meningkatnya konsentrasi ion hidroksida (OH^-) yang dapat bersaing dengan ion nitrat dalam menempati pori-pori adsorben. Kondisi ini menyebabkan proses penyerapan nitrat menjadi kurang efektif. Hal serupa juga dalam penelitian [11] bahwa penyerapan ion anionik oleh karbon aktif umumnya menurun pada pH yang lebih tinggi. Dapat dilihat penurunan kadar nitrat terbesarnya yaitu pada pH 3 sebesar 99,23%.



Gambar 3. Grafik Hubungan Variasi pH dengan Penurunan Kadar Nitrat

Tabel 4.4 Hasil Variasi Konsentrasi Larutan

No	Konsentrasi sampel (ppm)	Absorbansi	Konsentrasi akhir ion nitrat (ppm)	Penurunan (%)
1.	150	0,098	1,15	99,23
2.	250	0,108	1,30	99,48
3.	350	0,109	1,31	99,62

Tingginya persentase penurunan konsentrasi nitrat pada seluruh variasi konsentrasi menunjukkan bahwa adsorben ampas tahu memiliki kemampuan adsorpsi yang baik terhadap ion nitrat pada rentang konsentrasi yang diuji. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa ampas tahu mampu digunakan sebagai adsorben untuk berbagai zat terlarut, termasuk ion anorganik, dengan efisiensi penurunan yang tinggi [12]

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penggunaan karbon aktif ampas tahu teraktivasi NaCl sebagai media adsorpsi ion nitrat, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Limbah ampas tahu yang diaktivasi secara termal dan kimia menggunakan NaCl terbukti efektif sebagai adsorben ion nitrat.
2. Ampas tahu dapat dimanfaatkan menjadi adsorben untuk menyerap ion nitrat dengan penyerapan terbaik ditunjukkan oleh karbon aktif dengan konsentrasi larutan 350 ppm, dengan waktu kontak 60 menit, massa adsorben 500 mg pada pH 3.
3. Pemanfaatan ampas tahu sebagai adsorben merupakan alternatif yang ramah lingkungan dan berpotensi diaplikasikan dalam pengolahan limbah cair yang mengandung ion nitrat..

Penelitian ini mendukung pengembangan metode pengolahan limbah yang berkelanjutan, khususnya dalam pengendalian pencemaran ion nitrat, serta membuka peluang pemanfaatan limbah agroindustri sebagai material fungsional bernilai tambah.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium SMK Prima Mandiri dan Laboratorium Teknik Kimia Universitas Al-Khairiyah atas fasilitas penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Aaltje Manampiring, dr E., & Kes, M. (1964). Studi Kandungan Nitrat (NO_3^-) Pada Sumber Air Minum Masyarakat Kelurahan Rurukan Kecamatan Tomohon Timur Kota Tomohon.
- [2] Ahmed, M. J., Hameed, B. H., & Khan, M. A. (2023). Recent advances on activated carbon-based materials for nitrate adsorption: A
- [3] Review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 169(September 2022), 105856. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2022.105856>
- [4] Akhir, T., & Hammaam, L. (2024). Sekam padi sebagai natural fiber adsorbent untuk penyerap kandungan pb (ii) dalam air. Ii.
- [5] Antika, A., Anita, S., Abu Hanifah, T., Program Kimia, M. S., & Kimia Analitik Jurusan Kimia, B. (2015). potensi arang aktif tulang sapi sebagai adsorben ion timbal, kadmium, nitrat dan klorida dalam larutan. In *JOM FMIPA* (Vol. 2, Issue 1).
- [6] Astuti, R. M. (2017). Analisis proses pembuatan tahu skala rumah dengan Menggunakan pendekatan model Arrhenius. Universitas Bakrie, 1–28.
- [7] Darmokoesoemo, H. (2019). Pengembangan adsorben limbah tahu padat (ltp) terimmobilisasi pada permukaan silika untuk penyisihan berbagai ion logam berat bivalensi dari sampel limbah sintetik.
- [8] Dwi Ratna Sari dan Yari Mukti Wibowo, A. (2025). Analisis Kadar Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-) pada Air Sumur Secara Spektrofotometer Sinar Tampak. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, 5(2), 65–70.

- [9] Eka Putra, S., Juli Puspitasari, D., & Sosidi, H. (2019). Pemanfaatan Karbon Aktif Ampas Tahu Teraktivasi NaCl Sebagai Penyerap Zat Warna Congo Red [The Utilization of Activated Carbon From Tofu Dregs Activated With Sodium Chloride As The Adsorbent Of Congo Red Dye]. KOVALEN:
- [10] Jurnal Riset Kimia, 5(1), 109–115. Karbon, K., Teraktivasi, A., Kimia, J., Sains, F., Maulana, U. I. N., & Ibrahim, M. (2014). DARI AMPAS TAHU Lilik Hartini , Eny Yulianti , Rif ' atul Mahmudah PENDAHULUAN Ampas tahu merupakan residu yang tertinggal dari proses penyaringan kedelai pada pembuatan tahu (Gao , dkk ., 2013). Di jepang ampas tahu dikenal dengan okara . Ampas tahu ya. 3(2).
- [11] Mutia Anggraini, T., Fitriani, N., Kunci, K., & Tahu, A. (2018). LIMBAH AMPAS TAHU SEBAGAI BAHAN BAKU UNTUK PRODUKSI BIODIESEL. In Jurnal Integrasi Proses (Vol. 7, Issue 1) [Http://jurnal.untirta.ac.id/index.p hp/jip](http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip)
- [12] Ramadha Yanti, D., Oktavia, B., Hamka, J., & Tawar Padang, A. (2022). DESORPSI NITRAT (NO₃-) DARI SILIKA GEL TERMODIFIKASI DIMETILAMINA (DMA)