MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i6.7589

PENGGUNAAN SILIKA GEL-GPTMS-DMA UNTUK ANALISIS ION BROMIDA (Br^-) SECARA KROMATOGRAFI ION

Use of Silica Gel-GPTMS-DMA for Bromide Ion (Br^-) Analysis by Ion Chromatography

Vitratul Wirza & Budhi Oktavia
Universitas Negeri Padang
vitratulw@gmail.com; budhioktavia@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Sep 3, 2025	Sep 23, 2025	Oct 5, 2025	Oct 10, 2025

Abstract

The limited research on the use of glycidoxypropyltrimethoxysilane–dimethylamine (GPTMS–DMA) modified silica gel as a stationary phase in ion chromatography serves as the background of this study, particularly in the context of bromide ion (Br^-) analysis, which poses health risks due to its potential to form carcinogenic bromate compounds upon reacting with disinfectants. This study aims to evaluate the effectiveness of GPTMS–DMA modified silica gel as a stationary phase in ion chromatography columns for bromide ion separation. A quantitative experimental laboratory method was employed using bromide solutions at concentrations of 100 ppm, 200 ppm, and 300 ppm. Analysis was conducted using High Performance Liquid Chromatography (HPLC) equipped with a UV detector and eluents consisting of Na_2CO_3 and $NaHCO_3$ at concentrations of 0.1 M, 0.05 M, and 0.01 M. The results showed that the 0.1 M Na_2CO_3 eluent delivered the best performance, producing sharp chromatographic peaks, high intensity, and a stable baseline. The obtained regression equation was $y = 0.0002x + 0.0807$ with a determination coefficient $R^2 > 0.9992$, indicating excellent linearity. The Limit of Detection (LOD) was 12.28 ppm, and the Limit of Quantification

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

(LOQ) was 40.93 ppm, demonstrating adequate sensitivity. The study concludes that GPTMS–DMA modified silica gel has high potential as an efficient and cost-effective alternative stationary phase for bromide ion separation. Its implications include theoretical contributions to the development of hybrid materials for ion separation and practical applications in producing more affordable ion chromatography columns. The research also opens opportunities for further studies on the separation of other inorganic ions using similar materials.

Keywords: GPTMS–DMA Silica Gel; Modification; Stationary Phase; Bromide Ion; Ion Chromatography.

Abstrak: Masih terbatasnya studi mengenai pemanfaatan silika gel termodifikasi *glycidoxypropyltrimethoxysilane–dimetilamina* (GPTMS–DMA) sebagai fase diam dalam kromatografi ion menjadi latar belakang penelitian ini, terutama dalam konteks analisis ion bromida (Br^-) yang berpotensi membentuk senyawa karsinogenik bromat ketika bereaksi dengan desinfektan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas silika gel termodifikasi GPTMS–DMA sebagai fase diam dalam kolom kromatografi untuk pemisahan ion bromida. Metode yang digunakan adalah kuantitatif eksperimental laboratorium dengan sampel berupa larutan bromida pada konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm. Analisis dilakukan menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dengan detektor UV dan eluen berupa Na_2CO_3 serta $NaHCO_3$ pada konsentrasi 0,1 M, 0,05 M, dan 0,01 M. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eluen Na_2CO_3 0,1 M memberikan performa terbaik dengan puncak kromatogram tajam, intensitas tinggi, dan *baseline* stabil. Persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = 0{,}0002x + 0{,}0807$ dengan koefisien determinasi $R^2 > 0{,}9992$, menunjukkan linearitas tinggi. Nilai *Limit of Detection* (LOD) sebesar 12,28 ppm dan *Limit of Quantification* (LOQ) sebesar 40,93 ppm mengindikasikan sensitivitas yang memadai. Simpulan penelitian ini menyatakan bahwa silika gel-GPTMS–DMA berpotensi tinggi sebagai fase diam alternatif yang efisien dan ekonomis untuk pemisahan ion bromida. Implikasi penelitian mencakup kontribusi teoretis terhadap pengembangan material hibrida dalam pemisahan ion, serta potensi praktis dalam pembuatan kolom kromatografi ion yang lebih terjangkau. Penelitian ini juga membuka peluang studi lanjutan terhadap pemisahan ion anorganik lainnya menggunakan material serupa.

Kata Kunci: Silika Gel–GPTMS–DMA; Modifikasi; Fase Diam; Ion Bromida; Kromatografi Ion.

PENDAHULUAN

Sumber daya alam yang terdapat di bumi sangat beragam, salah satunya adalah mineral silika. Silika (SiO_2) banyak ditemukan dalam bentuk pasir, kuarsa serta dalam bentuk sintesis seperti silika gel (Landi Pote et al., 2023). Silika gel memiliki sifat inert, stabilat baik serta luas permukaan yang besar. Silika gel banyak digunakan sebagai isolator, absorben, dan sebagai fasa diam dalam kolom kromatografi (Zhang et al., 2019). Akan tetapi, silika gel memiliki kekurangan dalam penyerapan ion. Oleh karena itu, silika gel perlu dilakukan

modifikasi pada permukaan silika gel dengan penambahan senyawa tertentu untuk meningkatkan aktivitas penyerapannya pada ion (Weni & Oktavia, 2021).

Modifikasi silika gel dapat dilakukan dengan penambahan senyawa organosilana seperti *Glycidoxypropyltrimethoxysilane* (GPTMS) yang dapat bereaksi dengan gugus silanol pada permukaan silika yang selanjutnya dimodifikasi dengan dimetilamin (DMA). GPTMS ini berfungsi sebagai jembatan penghubung antara silika dengan gugus organik aktif, sedangkan DMA bertindak sebagai gugus penukar anion (Delfitri et al., 2022). Silika gel termodifikasi GPTMS-DMA ini bertujuan untuk meningkatkan polaritas dan stabilitas kolom, sehingga dapat di aplikasikan pada kromatografi ion (Kardi et al., 2019).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengujian menggunakan silika gel termodifikasi DMA pada metode adsorpsi dan desorpsi, salah satunya diteliti oleh (Maulana & Oktavia, 2022) secara adsorpsi pada ion nitrit dan secara desorpsi pada ion kromat (Sati, 2023). Namun, penelitian ini khusus untuk analisis ion bromida menggunakan silika gel-GPTMS-DMA masih terbatas. Ion bromida menjadi focus pada penelitian ini karena ion bromida banyak terdapat dalam air, tanah dan organisme hidup. Bromida (Br^-) dapat berbahaya Ketika terpapar desinfektan atau senyawa tertentu membentuk senyawa karsinogenik yang dikenal bromate yang berisiko terhadap Kesehatan dan lingkungan (Tobing et al., 2019). Oleh karena itu, perlu mendeteksi keberadaan ion bromida (Br^-) menggunakan interaksi ionik. Fase diam dari silika gel GPTMS-DMA menawarkan Solusi deteksi ion dengan menggunakan kromatografi ion.

Metode kromatografi ion menjadi pilihan yang efektif untuk memisahkan dan mendeteksi ion anorganik termasuk bromida. Pada kromatografi ion sampel dipisahkan melalui interaksi dengan fase diam. Kromatografi ion memiliki kelebihan yaitu dapat mendeteksi analit dengan sensitivitas tinggi dan dapat mengukur ion secara simultan (Amin, 2016). Dalam analisis ion pemilihan eluen memiliki peranan penting untuk mencapai pemisahan yang optimal dan analisis yang tepat. Eluen Na_2CO_3 dan $NaHCO_3$ digunakan karena eluen karbonat-bikarbonat memiliki kestabilan pH, dan kemampuan pemisahan berbagai anion dengan resolusi yang baik (Amin & Oktavia, 2020).

Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan dan pemanfaatan silika gel GPTMS-DMA dalam sistem kromatografi ion untuk analisis ion bromida. Dimana pada kolom kromatografi ion penggunaan fase diam dibutuhkan dalam jumlah yang banyak serta harga resin fase diam yang mahal. Sehingga banyak peneliti mengembangkan resin fase diam

berbahan dasar polimer organic maupun anorganik yang diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut dan membuat Teknik pemisahan yang lebih efisien dan terjangkau di masa depan (Zainudin et al., 2015). Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam pengembangan metode pemisahan ion anorganik.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang. Penelitian ini berfokus pada penggunaan silika gel GPTMS-DMA sebagai fase diam untuk analisis ion bromida menggunakan kromatografi. Pada penelitia ini menggunakan instrument FTIR, HPLC, spektrofotometer UV DRS. Bahan yang digunakan yaitu silika gel komersil, GPTMS, DMA, aquades, toluene, HCl p.a, etanol, methanol, KBr p.a, Na_2CO_3 p.a, $NaHCO_3$ p.a.

Sintesis Pembuatan Silika gel GPTMS-DMA

Timbang 25 gram silika komersil, tambahkan 25 mL GPTMS dan 87,5 mL toluene, kemudian stirrer dengan suhu $90^{O}C$ selama 24 jam. Setelah itu bilas 12,5 mL metanol kemudian keringkan dengan oven pada suhu $65^{O}C$ selama 2 jam (Nahari et al., 2022). Hasil yang didapatkan dikarakterisasikan dengan FTIR dan titrasi potensiometri.

Timbang 23 gram silika yang telah disintesis dengan GPTMS kemudian tambahkan 11,5 mL DMA yang dilarutkan dalam 11,5 mL etanol. Setelah itu di oven selama 4 jam pada suhu $80^{O}C$ (Nahari et al., 2022). kemudian dibilas menggunakan metanol dan dikeringkan dalam desikator. Silika yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan FTIR.

Penentuan Panjang gelombang ion bromida

Larutan ion bromida dengan konsentrasi 100 ppm di uji menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Pembuatan kolom

Kolom yang digunakan adalah kolom stainles steel dengan panjang 15 cm dan berdiameter 0,25 cm. Kolom dibersihkan terlebih dahulu agar tidak ada kotorandi dalam kolom. Kemudian masukkan silika gel GPTMS-DMA ke dalam kolom. Pastikan kolom terisi penuh dan tidak terdapat rongga kosong di dalam kolom, agar tidak terjadinya *eddy difusion* dalam kolom yang dapat menganggu selama proses analisis setelah itu tutup rapat kolom.

Pengujian analisis ion bromida menggunakan eluen Na_2CO_3 dan $NaHCO_3$

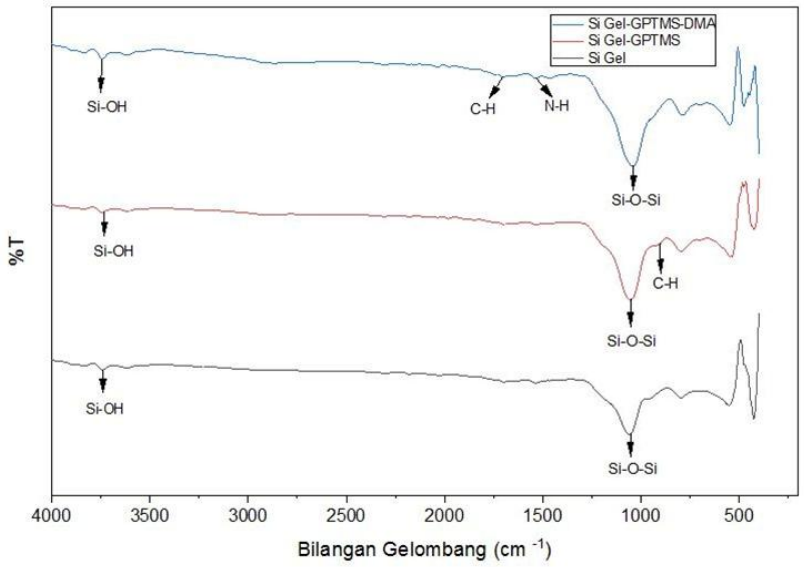
Persiapkan kolom kromatografi yang sudah terisi silika gel GPTMS-DMA untuk analisis ion bromida. Selanjutnya siapkan juga eluen Na_2CO_3 dan $NaHCO_3$ Dengan variasi konsentrasi masing-masing eluen 0,1 M, 0,05 dan 0,01 M. setelah itu sonifikasi eluen dan larutan ion bromida. Kemudian atur laju alir dengan kecepatan 0,5 ml/ menit. Kemudian aliri eluen Na_2CO_3 0,1M, selanjutnya injeksikan sampel ion bromida sebanyak 20 µL dengan masing- masing konsentrasi ion 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm. Penggujian dilakukan menggunakan HPLC amati waktu retensi dan puncak yang dihasilkan. Ulangi prosedur tersebut untuk eluen Na_2CO_3 konsentrasi 0,05 dan 0,01 M dan eluen $NaHCO_3$ konsentrasi 0,1 M, 0,05 dan 0,01 M.

Kurva regresi ion bromida

Kurva regresi dibuat berdasarkan luas puncak terhadap larutan ion bromida dengan konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm dengan masing-masing luas puncak yang diperoleh dari setiap konsentrasi.

HASIL

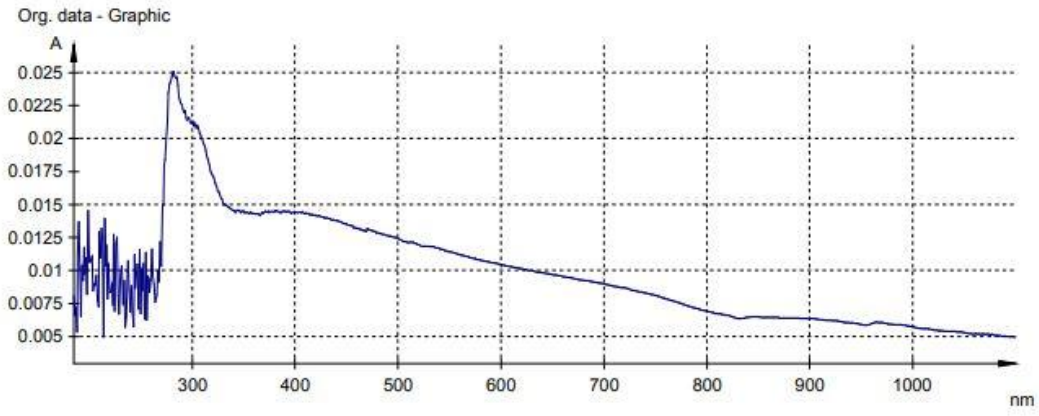
Karakterisasi FTIR



Gambar 1. Spektruk FTIR silika gel, silika gel-GPTMS, dan silika gel GPTMS-DMA

Gambar di atas menunjukkan spektrum FTIR dari silika gel, silika gel-GPTMS dan silika gel GPTMS-DMA. Berdasarkan spektrum yang diperoleh puncak khas dari silika gel murni ditandai oleh adanya vibrasi Si-O-Si pada pita serapan sekitar 1100 cm^{-1}. Kemudian setelah modifikasi dengan GPTMS muncul pita serapan sekitar 910-950 cm^{-1} pita tersebut menunjukkan adanya keberadaan gugus epoksi . hal ini menunjukkan GPTMS berhasil terikat pada silika gel (Hasibuan et al., 2023). Dan pada spektrum silika gel GPTMS-DMA pita serapan berkurang dan muncul serapan baru disekitar 1650 cm^{-1} dan 1450 cm^{-1} yang menunjukkan keberadaan gugus amina (Nandiyanto et al., 2019). Berdasarkan spektrum diperoleh membuktikan bahwa adanya ikatan kovalen antara GPTMS dan DMA berhasil terjadi .

Panjang gelombang ion bromida

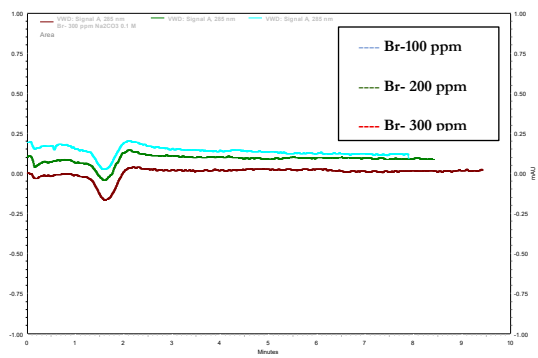


Gambar 2. Spektrum UV-Vis ion bromide

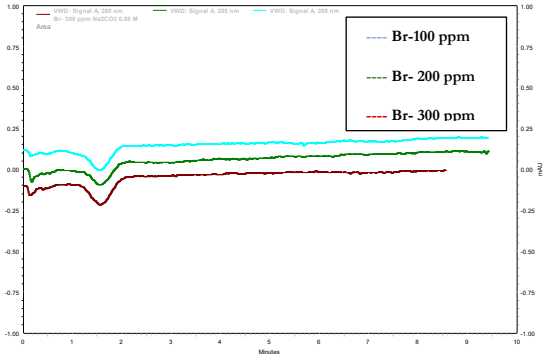
Berdasarkan gambar spektrum yang didapatkan Panjang gelombang ion bromida didapatkan sebesar 282nm dengan adsorbansi 0,0248A. Panjang gelombang ini digunakan untuk menganalisi ion bromida.

Panjang gelombang yang didapatkan digunakan untuk deteksi ion bromida menggunakan HPLC. Pada HPLC nanti menggunakan detetktor UV yang berfungsi untuk mendeteksi senyawa setelah proses pemisahan di dalam kolom kromatografi.

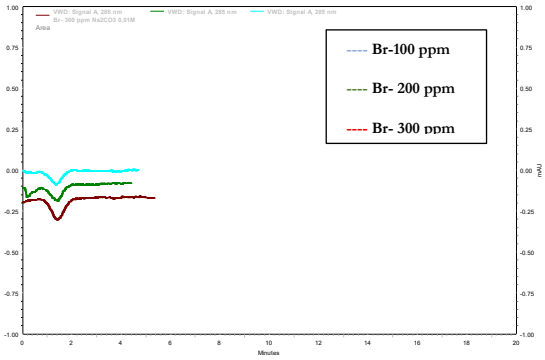
Pengaruh eluen Na_2CO_3 terhadap ion bromida



(a)



(b)



(c)

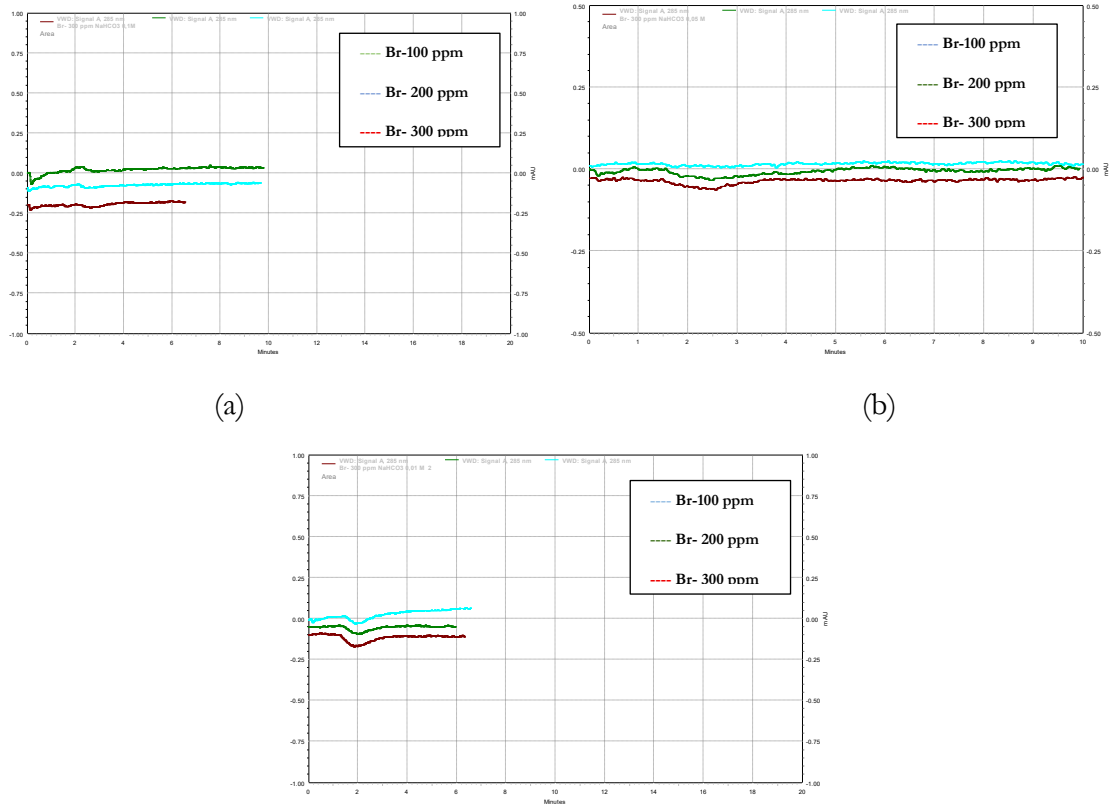
Gambar 3. Kromatogram ion bromida (a) Na_2CO_3 0,1M, (b) Na_2CO_3 0,05M, (C) Na_2CO_3 0,01M.

Table 1. Variasi Konsentrasi Ion Nitrit dengan Eluen Na_2CO_3

NO	Konsentrasi Ion bromida (ppm)	Na_2CO_3 0,1 M			Na_2CO_3 0,05 M			Na_2CO_3 0,01M		
		Tinggi Puncak (mAU)	Lebar Puncak (menit)	Luas Puncak (mAU x menit)	Tinggi Puncak (mAU)	Lebar Puncak (menit)	Luas Puncak (mAU x menit)	Tinggi Puncak (mAU)	Lebar Puncak (menit)	Luas Puncak (mAU x menit)
1.	100	0,125	1,6168	0,101	0,075	1,49	0,055	0,075	1,39	0,052
2.	200	0,15	1,6133	0,12	0,1	1,56	0,078	0,075	1,43	0,053
3.	300	0,175	1,6183	0,141	0,125	1,55	0,096	0,1	1,44	0,072

Gambar 3 menunjukkan kromatogram ion nitrit pada konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm menggunakan eluen Na_2CO_3 dengan variasi konsentrasi eluen 0,1M, 0,05M dan 0,01M. berdasarkan tabel menunjukkan hasil tinggi puncak, lebar puncak, dan luas puncak. Dimana eluen Na_2CO_3 dengan konsentrasi 0,1M. didapatkan puncak yang jelas dan lebih tajam dengan waktu retensi sekitar 1,61 serta intensitas nya tertinggi dengan luas puncak sebesar 0,41 mAU. Sementara eleun Na_2CO_3 0,05M puncak terdeteksi pada waktu retensi sekitar 1,5 menit dan pada eluen Na_2CO_3 0,01m. Puncak terdeteksi pada waktu retensi sekitar 1,4 menit.

Pengaruh eluen $NaHCO_3$ terhadap ion bromida



(a) (b)

(c)

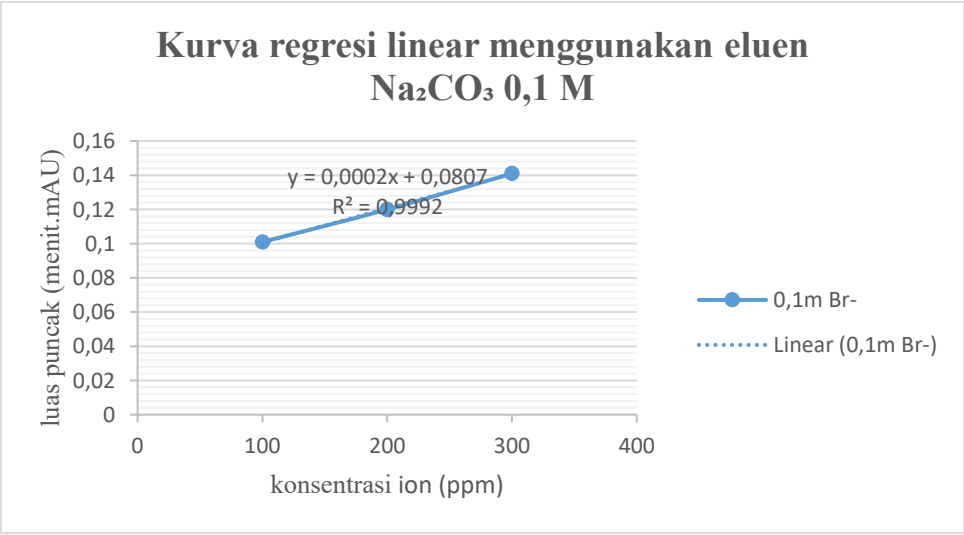
Gambar 4. Kromatogram ion bromida (a) $NaHCO_3$ 0,1M, (b) $NaHCO_3$ 0,05M, (C) $NaHCO_3$ 0,01M.

Table 2. Variasi Konsentrasi Ion Nitrit dengan Eluen NaHCO3

NO	Konsentrasi Ion bromida (ppm)	$NaHCO_3$ 0,1 M			$NaHCO_3$ 0,05 M			$NaHCO_3$ 0,01M		
		Tinggi Puncak (mAU)	Lebar Puncak (menit)	Luas Puncak (mAU x menit)	Tinggi Puncak (mAU)	Lebar Puncak (menit)	Luas Puncak (mAU x menit)	Tinggi Puncak (mAU)	Lebar Puncak (menit)	Luas Puncak (mAU x menit)
1.	100	0	0	0	0	2,05	0	0,02	2,02	0,02
2.	200	0	0	0	0,025	2,05	0,025	0,03	2,03	0,03
3.	300	0	0	0	0,03	2,05	0,03	0,06	2,03	0,06

Gambar 4 menunjukkan kromatogram ion nitrit pada konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm menggunakan eluen NaHCO3 dengan variasi konsentrasi eluen 0,1M, 0,05M dan 0,01M. berdasarkan tabel menunjukkan hasil tinggi puncak, lebar puncak, dan luas puncak. Dimana eluen NaHCO3 dengan konsentrasi 0,01M. didapatkan puncak yang jelas dengan waktu retensi sekitar 2,03 serta intensitas nya tertinggi dengan luas puncak sebesar 0,06 mAU. Sementara eleun NaHCO3 0,05 puncak terdeteksi pada waktu retensi sekitar 2,05 menit dan pada eluen NaHCO3 0,1m. Puncak tidak terdeteksi. Kromatogram yang diperoleh berupa garis baseline yang relative datar.

Kurva regresi eluen optimum



Gambar 5. Kurva regresi

Tabel 3. Analisis LOD &LOQ

Konsentrasi (ppm)	Luas puncak (Yi)	Y	(Y-Yi) kuadrat
100 ppm	0,101	0,1007	9E-08
200 ppm	0,12	0,1207	4,9E-07
300 ppm	0,141	0,1407	9E-08
Σ			6,7E-07
S(y/x)kuadrat			6,7E-07
s(y/x)			0,000818535
LOD (ppm)			12,2780292
LOQ (ppm)			40,92676386

Pada gambar 5. Diperoleh kurva regresi eluen optimum berdasarkan luas puncak dengan konsentrasi ion bromide 100ppm, 200 ppm, dan 300 ppm. Menggunakan eluen Na_2CO_3 0,1M. hasil regresi yang diperoleh yaitu $R^2 = 0,9992$, yang menunjukkan linearitas yang sangat baik. Pada table 3 menunjukkan hasil analisis LOD sebesar 12,28 ppm dan LOQ sebesar 40,93 ppm, yang menandakan metode ini cukup sensitive untuk analisis ion bromide pada konsentrasi rendah hingga tinggi.

PEMBAHASAN

Analisis ion bromida menggunakan eluen Na_2CO_3

Berdasarkan kromatogram gambar 3 dan tabel 1yang di peroleh menunjukkan kemunculan ion bromida pada menit awal. Pada kromatogram menggunakan eluen Na_2CO_3 0,1 M, puncak terdeteksi pada waktu retensi sekitar 1,6 menit, Sedangakan pada eluen Na_2CO_3 0,05 M puncak terdeteksi pada waktu retensi sekitar 1,5 menit dan pada eluen Na_2CO_3 0,01 M puncak terdeteksi pada waktu retensi sekitar 1,4 menit.

Perbedaan waktu retensi dan luas puncak pada tabel 1 ini menunjukkan bahwa konsentrasi eluen Na_2CO_3 memberikan pengaruh yang signifikan terhadap deteksi ion bromida pada Panjang gelombang 285 nm. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi ionik mempengaruhi kestabilan serta mekanisme deteksi ion bromida dalam kromatografi ion. Selain itu, konsentrasi ion bromida mempengaruhi tinggi dan luas puncak. Dimana konsentrasi ion 300 ppm menghasilkan puncak yang jelas dengan sinyal yang lebih kuat dari

pada puncak ion 100 ppm dan 200 ppm yang relative kecil. Hal ini menunjukkan bahwa respon sinyal meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion bromida. Hal ini menunjukkan adanya hubungan linear antara konsentrasi ion bromida dalam sampel dengan respon.

Kemunculan puncak bromida pada menit awal kromatogram menunjukkan bahwa interaksi antara bromida dengan fase diam relative lemah. Dalam kromatografi ion, laju elusi analit tidak hanya ditentukan oleh ukuran atau polaritas ion, tetapi juga oleh keberadaan situs pertukaran ion atau interaksi elektrostatik dengan fase diam yang dapat memperlambat retensi. Waktu retensi ion bromida tetap konstan pada setiap variasi konsentrasi eluen, meskipun konsentrasi ion meningkat (Rosydiati, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi bromida tidak mempengaruhi interaksi antara ion dengan fase diam, melainkan hanya berpengaruh pada besarnya jumlah ion yang ditangkap oleh detektor.

Analisis ion bromida menggunakan eluen $NaHCO_3$

Analisis kromatografi ion terhadap ion bromida dengan konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, dan 300 ppm menggunakan eluen $NaHCO_3$. Berdasarkan gambar kromatogram yang di peroleh dan **table 2** menunjukkan kemunculan ion bromida pada menit awal kromatogram. Pada kromatogram menggunakan eluen $NaHCO_3$ 0,01 M, puncak terlihat pada waktu retensi 2 menit, Dimana konsentrasi ion 300 ppm menghasilkan puncak yang bagus dari pada puncak ion 100 ppm dan 200 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa respon sinyal meningkat seiring dengan meningkatnya konsnetrasi ion bromida. Sedangakn pada eluen $NaHCO_3$0,05 M. puncak terlihat pada waktu retensi 2 akan tetapi puncak yang dihasilkan puncak kecil. Dan pada eluen $NaHCO_3$ 0,1 M. kromatogram yang diperoleh berupa garis baseline yang relative datar dan stabil tanpa adanya puncak (peak) elusi yang teridentifikasi.

Ketiadaan puncak yang signifikan pada eluen $NaHCO_3$ 0,1 M hanya menghasilkan baseline menunjukkan bahwa tidak ada sampel yang terdeteksi. Ketiadaan puncak ini dapat disebabkan oleh beberapa factor, yaitu yang berhubungan dengan kondisi eluen dan konsentrasi analit. Berdasarkan penelitian (Azhari, 2012), beberapa anion seperti nitrit (NO_2^-) dan bromida (Br^-) tidak terdeteksi pada kromatogram. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi ion yang sangat rendah sehingga berada di bawah batas deteksi metode yang digunakan. Selain itu, komposisi eluen bikarbonat, pH eluen, suhu kolom, serta laju alir juga berpengaruh besar terhadap retensi dan resolusi ion. Kondisi eluen yang tidak optimal dapat menyebabkan puncak tumpang tindih atau melemah, sehingga pada konsentrasi rendah

puncak analit tidak lagi terdeteksi. Dengan demikian, ketiadaan puncak dalam kromatogram tidak serta-merta menunjukkan ketidakhadiran ion, melainkan bisa dipengaruhi oleh keterbatasan sensitivitas instrumen maupun parameter pemisahan yang digunakan.

Analisis pengaruh variasi eluen dan konsentrasi eluen

Berdasarkan hasil analisis menggunakan eluen natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium bikarbonat ($NaHCO_3$), diperoleh perbedaan waktu retensi ion bromida (Br^-) yang cukup signifikan. Pada konsentrasi eluen yang sama, $NaHCO_3$ menghasilkan waktu retensi lebih panjang, yaitu sekitar 2 menit, sedangkan Na_2CO_3 hanya sekitar 1 menit. Perbedaan ini menunjukkan bahwa jenis eluen berpengaruh terhadap interaksi ion dengan fasa diam sehingga memengaruhi mobilitas ion dalam kolom kromatografi (Patel, 2021). Pemilihan Na_2CO_3 sebagai eluen lebih optimal karena mampu memberikan waktu analisis yang lebih cepat dan puncak kromatogram yang lebih jelas dibandingkan $NaHCO_3$.

Keunggulan karbonat dibandingkan bikarbonat disebabkan adanya ion divalen (CO_3^{2-}) dalam campurannya, yang meningkatkan kekuatan elusi serta memungkinkan pengaturan rasio antara HCO_3^- dan CO_3^{2-} untuk mengoptimalkan retensi dan selektivitas pemisahan, sedangkan bikarbonat hanya menghasilkan ion monovalen sehingga daya elusinya relatif lebih lemah (Moura et al., 2022).

Kurva standar ion bromida

Pada penelitian ini diperoleh nilai koefisien korelasi $r^2 > 0{,}9992$ yang menunjukkan adanya hubungan linier yang sangat baik antara konsentrasi ion bromida dan respon instrumen. Berdasarkan penelitian ini, menunjukkan bahwa eluen Na_2CO_3 0,1M eluen yang optimal digunakan dalam analisis ion bromida dengan metode HPLC.

Limit of Detection (LOD) dan *Limit of Quantification* (LOQ) merupakan parameter penting dalam validasi metode analisis. LOD adalah konsentrasi terendah analit yang masih dapat dideteksi keberadaannya namun belum dapat dikuantifikasi secara akurat, sedangkan LOQ merupakan konsentrasi terendah analit yang dapat ditentukan secara kuantitatif dengan presisi dan akurasi yang dapat diterima (Simaremare, 2019).

Keberadaan LOD dan LOQ sangat penting karena menunjukkan sensitivitas metode yang digunakan, sehingga dapat memastikan bahwa metode tersebut mampu mendeteksi serta mengukur analit pada konsentrasi rendah (Kurniawan et al., 2024). Dengan demikian,

nilai LOD dan LOQ yang diperoleh pada penelitian ini dapat digunakan sebagai indikator validitas serta jangkauan sensitivitas metode kromatografi ion dalam penentuan ion bromida.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa Silika gel GPTMS termodifikasi DMA dapat digunakan sebagai fase diam untuk menganalisis ion bromida pada pengujian ion menggunakan HPLC. Eluen yang efektif dan optimum adalah eluen Na_2CO_3 0,1M dengan nilai koefisien korelasi $r^2 > 0{,}9992$. Sedangkan pada eluen $NaHCO_3$ kurang efektif untuk menganalisis ion bromida.

Berdasarkan penelitian ini penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut untuk Selalu Ganti silika dalam kolom dengan yang baru setelah beberapa kali di aliri eluen untuk mendapatkan hasil yang baik serta melakukan pengujian terhadap ion lain, guna mengevaluasi selektivitas kolom silika-GPTMS-DMA sebagai fasa diam untuk aplikasi kromatografi ion yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, M. (2016). Analisis Unsur Minor Kation Dalam Sampel Air Alam Dengan Menggunakan Teknik Kromatografi Ion. *Jurnal Techno*, *05*(1), 1–7.

Amin, M., & Oktavia, B. (2020). Aplikasi Teknik Kromatografi Ion pada Penentuan Kadar Mineral Mikro Kation (Na+, NH4+, K+, Mg2+, Ca2+, Ba2+, dan Sr2+) dan Anion (F-, Cl-, Br-, NO2-, NO3-, SO42–, dan PO43-) dalam Sampel Air Panas Bumi untuk Tujuan Balneoterapi. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, *16*(2), 171. https://doi.org/10.20961/alchemy.16.2.36210.171-178

Azhari, S. J. (2012). Improved method for the determination of inorganic Anions in Roselle (Hibiscus Sabdariffa L.) by suppressed ion chromatography. *Oriental Journal of Chemistry*, *28*(1), 479–489. https://doi.org/10.13005/ojc/280160

Delfitri, D., Oktavia, B., Kurniawati, D., & Nizar, U. K. (2022). Silika Gel Termodifikasi Dimetilamin Sebagai Penyerap Anion Fosfat. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, *11*(3), 14. https://doi.org/10.24036/p.v11i3.116103

Hasibuan, N. H., Oktavia, B., Nasra, E., & Kurniawati, D. (2023). Optimasi Penyerapan Anion Klorida Menggunakan Silika Gel (SiO2) GPTMS Dimodifikasi dengan Dimetilamina. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, *12*(1), 1. https://doi.org/10.24036/p.v12i1.116185

Kardi, R. P., Etika, B., Sanjaya, H., & Oktavia, B. (2019). Characterization Of Monolithic Column Methacrylate Polymer Based Modified by Dietylamine and Dimetylamine. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, *2*(4), 386–391. www.ijsred.com

Kurniawan, H., Nugraha, F., & Raya, B. A. (2024). Analisis Kadar Kalsium pada Minuman Susu Kedelai di Kota Pontianak Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, *6*(1), 138–146. https://doi.org/10.37311/jsscr.v6i1.25692

Landi Pote, L., Sanam, P. R. R., & Latumakulita, G. (2023). Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel Dari Limbah Batu Akik Asal Desa Nian Kabupaten Timor Tengah Utara Menggunakan Metode Sol Gel. *Indonesian Journal of Chemical Research*, *7*(2), 9–17. https://doi.org/10.20885/ijcr.vol7.iss2.art2

Maulana, F., & Oktavia, B. (2022). Kondisi Optimum Desorpsi Anion Nitrit Dari Silika Gel Termodifikasi Dimetilamina Menggunakan Hcl Dan H2So4. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, *6*(2), 104–112. https://doi.org/10.30743/cheds.v6i2.6074

Moura, A. V., da Silva, J. D. S., & Gubert, P. (2022). Ion Chromatography: Principles and Instrumentation. *Orbital*, *14*(2), 110–115. https://doi.org/10.17807/orbital.v14i2.15871

Nahari, A., Oktavia, B., Khair, M., Putra, A., Negeri Padang Jln Hamka, U., & Tawar Padang, A. (2022). Adsorpsi Anion Nitrat Menggunakan Silika Gel (SiO 2) GPTMS Dimodifikasi dengan Dimetilamina. *Chemistry Journal of Universitas Negeri*, *11*. https://doi.org/10.1016/0927

Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret ftir spectroscope of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, *4*(1), 97–118. https://doi.org/10.17509/ijost.v4i1.15806

Patel, H. (2021). Review on solvent desorption study from exhausted adsorbent. *Journal of Saudi Chemical Society*, *25*(8), 101302. https://doi.org/10.1016/j.jscs.2021.101302

Rosydiati. (2019). Karakterisasi puncak kromatogram dalam High Performance Liquid Chromatography (HPLC) terhadap perbedaan fase gerak, laju alir, dan penambahan asam dalam analisis Indole Acetic Acid (IAA). *Kandaga*, *1*(2), 65–73.

Sati, B. N. (2023). Desorpsi Anion Kromat Dari Silika Gel Termodifikasi Dimetilamin (Dma). *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, *7*(1), 35–39. https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.6604

Simaremare, E. S. (2019). Analisis Merkuri Dan Hidrokuinon Pada Krim Pemutih Yang Beredar Di Jayapura. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, *8*(1), 1–11. https://doi.org/10.23887/jst-undiksha.v8i1.11813

Tobing, F. M. L., Sidauruk Suandi, & Meiliawati Ruli. (2019). Kesulitan Memahami Konsep Kimia Unsur Golongan VII A (Halogen) Pada Mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Palangka Raya Tahun Akademik 2018/2019. *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang* , *10*(1), 77–78.

Weni, N. K., & Oktavia, B. (2021). Optimization of hexavalent chromium ion adsorption using natural silica modified with DMA (Dimethylamine) by batch method. *Journal of Physics: Conference Series*, *1788*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1788/1/012014

Zainudin, A., Anggraeni, A., Sofyatin, T., & Bahti, H. H. (2015). Pembuatan Resin Penukar Ion Polistiren Sulfonat. *Chimica et Natura Acta*, *3*(1), 1–4. https://doi.org/10.24198/cna.v3.n1.9172

Zhang, Y., Xia, K., Liu, X., Chen, Z., Du, H., & Zhang, X. (2019). Synthesis of cationic-modified silica gel and its adsorption properties for anionic dyes. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, *102*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.jtice.2019.05.005