

PENGARUH WAKTU PERENDAMAN DAN WAKTU RESPON ELEKTRODA SELEKTIF ION (ESI) BORAT TIPE KAWAT TERLAPIS BERBAHAN AKTIF KURKUMIN SEBAGAI SENSOR BORAKS

Dewi Umaningrum^a, Radna Nurmasari^a, Anggi Muthia Dewi^a, Atik Septiana Putri^a, Ramlah^a

^aProdi Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat

Email korespondensi: dumaningrum@ulm.ac.id

ABSTRAK

Penelitian tentang pengaruh waktu perendaman dan waktu respon Elektroda Selektif Ion (ESI) borat tipe kawat terlapis berbahan aktif kurkumin sebagai sensor boraks telah dilakukan. ESI yang dibuat dengan perbandingan bahan aktif kurkumin:PVC:DOP 2:34:64(%berat) direndam dalam larutan boraks 0,5 M pada rentang waktu 10-70 menit dan diukur harga potensialnya pada rentang konsentrasi larutan boraks 1×10^{-1} - 1×10^{-8} M. Untuk pengujian waktu respon dari ESI yang dibuat dilakukan pengukuran harga potensial larutan boraks 1×10^{-1} - 1×10^{-8} M pada rentang waktu 10-180 detik. Hasil penelitian menunjukkan waktu perendaman optimum untuk ESI borat selama 20 menit dengan Harga Nernst sebesar 34,258mV/decade. Waktu respon ESI borat antara 40-80 detik dengan rata-rata 50 detik.

Kata Kunci: elektroda selektif ion (ESI) borat, boraks, waktu perendaman, waktu respon

PENDAHULUAN

Bahan Tambahan Pangan (BTP) adalah zat kimia (*food additive*) yang ditambahkan pada makanan dalam pembuatan, pengolahan, persiapan, pengobatan, pengepakan, pengemasan maupun penyimpanan untuk memperbaiki karakter pangan sesuai yang diinginkan (Muharrami, 2015). Salah satu peranan BTP yang banyak diperlukan adalah sebagai bahan pengawet. Boraks merupakan bahan sintetik yang disalahgunakan sebagai pengawet pada bahan makanan. Penambahan boraks pada makanan dapat meningkatkan daya simpan, memperbaiki tekstur menjadi lebih kenyal dan padat. Selain itu, penggunaan boraks sebagai bahan pengawet sintetik juga disebabkan harganya yang relatif murah (Hartati, 2017; Widayat, 2011).

Larangan penggunaan boraks dalam makanan telah ditegaskan dalam Permenkes RI Nomor 033 Tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan. Boraks dengan dosisi sebesar 15-20 gram dapat berakibat fatal pada orang dewasa dan dosis 3-6 gram akan berakibat fatal pada anak-anak (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2014; Santi, 2018). Makanan yang mengandung boraks dapat mengganggu kesehatan tubuh jika dikonsumsi (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2014; Fadilah *et al.*, 2019; Suseno, 2019; Tubagus *et al.*, 2013). Dampak yang ditimbulkan seperti radang kulit, iritasi ringan pada saluran pencernaan, radang tenggorokan, kulit ruam, dan dalam dosis tinggi menyebabkan kematian mendadak (Fadilah *et al.*, 2019). Boraks yang dikonsumsi dalam jangka lama akan menyebabkan gangguan kerja

syaraf, hati, otak, usus, ginjal, reproduksi, lambung hingga memicu kanker (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2014; Rismiarti, 2015; Widayat, 2011). Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan analisis keberadaan boraks pada produk pangan yang beredar di masyarakat.

Metode analisis kuantitatif boraks telah banyak dikembangkan di antaranya metode *Spectrofotometry UV-Vis* (Tubagus *et al.*, 2013; Sudjarwo *et al.*, 2021), *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS) (Hedrick *et al.*, 1997), *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS) (Wijaya *et al.*, 2020) dan *Atomic Emission/Absorption Spectroscopy* (AES/AAS) (Sah & Brown, 1997). Metode ini memiliki presisi dan akurasi yang tinggi, namun diperlukan instrumentasi khusus yang cukup canggih dan biaya yang relatif mahal (Bahar *et al.*, 2020; Rismiarti, *et al.*, 2015), memerlukan perlakuan awal sampel (Fadly, 2007), pengoperasiannya memerlukan tenaga profesional (Kurniasih *et al.*, 2016), sulit dibawa ke lapangan (Kusrini, *et al.*, 2013). Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang lebih sederhana, murah, cepat dan hasil pengukuran memiliki akurasi yang tinggi. Salah satu metode kuantitatif yang dapat digunakan untuk analisis boraks ini adalah potensiometri.

Potensiometri merupakan salah satu teknik analisis elektrokimia yang memanfaatkan arus listrik untuk menentukan potensial sel dengan aktivitas senyawa kimia (Agustiani, 2007). Metode analisis ini dirancang khusus dengan selektivitas terhadap ion tertentu yang disebut ESI (Elektroda Selektif Ion). Analisis menggunakan ESI tergolong cepat, akurat, dan memiliki tingkat selektivitas yang cukup tinggi, jangkauan pengukuran yang luas, mudah dibawa ke lapangan, biaya analisis yang lebih ekonomis (Caman, 1979; Bailey, 1976), menggunakan alat dan proses analisis yang sederhana, dapat digunakan untuk larutan berwarna maupun tidak berwarna (Rawat *et al.*, 2010).

ESI Borat yang dibuat pada penelitian ini adalah elektroda tipe kawat terlapis yang menggunakan kurkumin sebagai bahan aktif. Bahan pendukung yang digunakan adalah polivinil klorida (PVC) dan dioktilftalat (DOP) sebagai *plasticizer* dengan perbandingan komposisi 2:34:64 (% b/b), ketebalan membran 0,5 mm. Membran dan dioktil ftalat (DOP) sebagai pemlastis. Waktu perendaman membran diperlukan untuk menjenuhkan ESI dengan ion yang akan dianalisis sehingga diketahui waktu perendaman optimum yang menghasilkan kinerja optimal dari ESI (Noviana *et al.*, 2014). Waktu respon dilakukan pengukuran karena dapat mempengaruhi kelayakan suatu ESI, di mana semakin cepat waktu yang diperlukan untuk memperoleh harga potensial yang konstan maka semakin baik (sensitif) ESI tersebut (Kembaren & Panggabean, 2014). Menurut Shawish *et al.* (2013) waktu respon ESI dapat dikatakan baik apabila waktu yang diperlukan ESI untuk memperoleh harga potensial yang konstan pada rentang ± 1 menit dalam 5 menit pengukuran.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan April-Oktober 2023 di Laboratorium Kimia Instrumentasi, Laboratorium Dasar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu multimeter digital SANWA CD800A, elektroda pembanding Ag/AgCl Koslow, kawat perak (panjang 5 cm & diameter 0,6 mm), plastik polietilen, kabel koaksial RG-58, oven Memmert, neraca analitik O'haus, pengaduk magnetik Thunder PS10A, jangka sorong RoHS, dan peralatan gelas umum yang digunakan di laboratorium.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi serbuk $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (*Merck*), serbuk kurkumin p.a (*Merck*), larutan dioktil ftalat (DOP) (*Aldrich*), serbuk polivinilklorida (PVC) (*Aldrich*), pelarut tetrahidrofuran (THF) (*Merck*), dan akuades.

Pembuatan Badan Elektroda

Kawat perak (Ag) yang digunakan berukuran panjang 5 cm dan diameter 0,6 mm. Bagian ujung kawat dibiarkan terbuka sepanjang 1,5 cm dan bagian lainnya ditutup dengan plastik polietilen. Bagian ujung atas yang tertutup plastik polietilen disambungkan dengan kabel koaksial RG-58, sedangkan bagian yang terbuka digunakan untuk melapiskan membran.

Pembuatan Membran

Pembuatan membran dilakukan dengan mencampurkan bahan-bahan yang terdiri dari kurkumin : PVC : DOP dengan perbandingan 2:34:64 (% b/b). Langkah pertama yang dilakukan adalah mencampurkan sebanyak 0,34 gram PVC dengan 0,64 gram DOP dan 0,02 gram kurkumin kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnetik untuk proses homogenisasi. Langkah selanjutnya adalah penambahan larutan THF sebagai pelarut sebanyak 3 mL, kemudian diaduk selama 3 jam hingga tidak terdapat gelembung udara.

Konstruksi Pembuatan ESI Borat

Konstruksi pembuatan ESI borat dilakukan dengan melapiskan larutan membran pada kawat Ag. Pelapisan kawat Ag dilakukan dengan cara mencelupkannya ke dalam larutan membran selama beberapa saat lalu diangkat dan dikeringanginkan di udara terbuka selama 30 menit. Prosedur yang sama diulangi hingga ketebalannya menjadi 1,1 mm (0,6 mm kawat Ag^+ dan 0,5 mm membran ESI). Membran dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 12 jam. Alat ESI dirangkai dengan elektroda pembanding Ag/AgCl yang dihubungkan pada alat multimeter digital. Elektroda kemudian direndam dalam larutan boraks 0,5 M selama 20 menit lalu dibersihkan kristal boraks yang menempel menggunakan tisu.

Penentuan Waktu Perendaman

ESI yang telah dibuat direndam dalam larutan boraks 0,5 M dalam waktu 10-70 menit dengan selang setiap 10 menit, dikeringkan di udara terbuka selama 5 menit sebelum dilakukan pengukuran. Pengukuran harga potensial dilakukan pada larutan boraks 10^{-1} – 10^{-8} M dan dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak 3 kali.

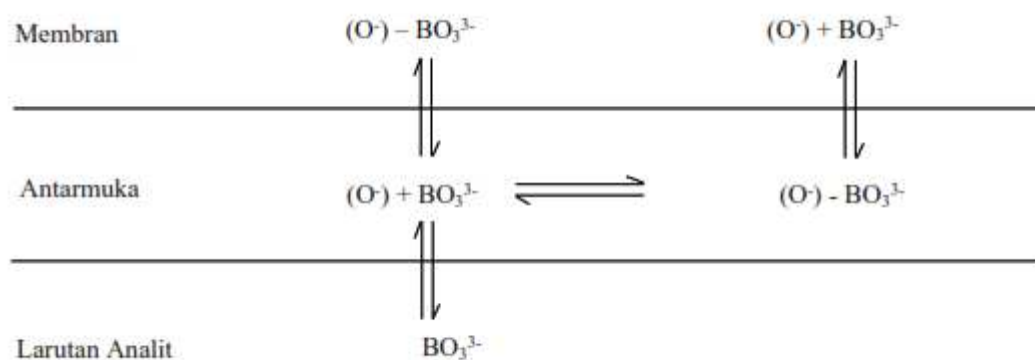
Penentuan Waktu Respon

Masing-masing larutan boraks dengan konsentrasi 10^{-1} – 10^{-8} M diambil sebanyak 10 mL dan dilakukan pengukuran potensial E (mV) larutan boraks pada selang pengukuran 10-180 detik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Waktu Perendaman ESI Borat

Menurut Gea (2000), terdapat dua jenis cara pendopanan membran yang biasa dilakukan yang pertama adalah menambahkan analit atau ion yang akan disensor pada saat pembuatan membran dan yang kedua adalah merendam membran dalam analit dengan konsentrasi tinggi. Salah satu metode yang paling banyak digunakan adalah merendam membran dalam analit dengan konsentrasi tinggi. Cara ini memiliki efektivitas karena dengan adanya proses perendaman maka membran akan terjenuhkan dengan ion yang akan disensor sehingga menyebabkan konduktifitas membran menjadi seragam dan menyeluruh sehingga akan diperoleh reproducibilitas dan *life time* yang baik pada membran ESI yang dihasilkan (Vlasov *et al.*, 2007). Mekanisme pertukaran ion pada pengukuran ESI borat tipe kawat terlapis yang terjadi pada antarmuka membran kurkumin (gugus aktif O^-) – ion analit borat (BO_3^{3-}) menjadi ion-ion bebas O^- dan BO_3^{3-} pada antarmuka membran–larutan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Mekanisme pertukaran ion pada antarmuka membran ESI Borat

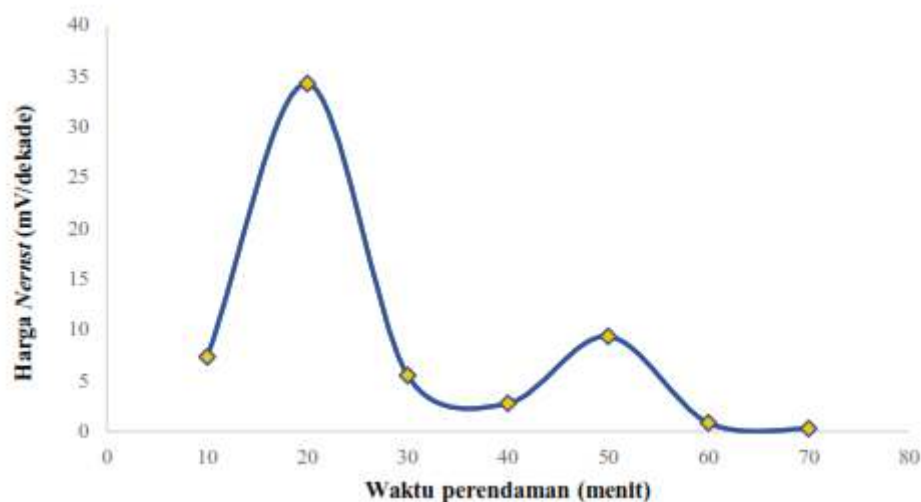
Berdasarkan Gambar 1 pada saat pengukuran larutan analit dengan ESI borat, sisi-sisi luar membran akan terjadi kontak langsung dengan larutan analit sedangkan bagian dalam membran mengadakan kontak dengan elektroda pembanding Ag/AgCl yang memiliki potensial yang konstan. Hal

tersebut membuat sisi luar membran, gugus aktif membran $O^- - BO_3^{3-}$ akan terdisosiasi menjadi ion-ion bebas O^- dan BO_3^{3-} pada antarmuka membran dengan analit. Ion borat pada larutan analit menembus batas antarmuka membran untuk berikatan dengan gugus tetap membran O^- dan akan terjadi reaksi pertukaran ion borat BO_3^{3-} pada larutan analit dengan ion bebas aktif pada membran. Proses ini akan berlangsung secara terus-menerus hingga mencapai kesetimbangan elektrokimia yang menimbulkan beda potensial pada antarmuka membran dengan larutan analit.

Pada penelitian ini dilakukan proses perendaman ESI pada larutan boraks 0,5 M dengan waktu 10-70 menit. Data hasil pengukuran harga potensial larutan boraks pada variasi waktu perendaman terhadap Harga Nernst ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1 Data pengukuran harga potensial pada rentang waktu 10-70 menit

Waktu perendaman membran	Harga potensial terukur (mV)								Harga Nernst (mV/dekade)
	10^{-1} (M)	10^{-2} (M)	10^{-3} (M)	10^{-4} (M)	10^{-5} (M)	10^{-6} (M)	10^{-7} (M)	10^{-8} (M)	
10	245,5	222,3	264,1	230,0	250,8	280,6	259,6	233,6	7,344
20	306,5	331,2	307,1	216,3	158,6	136,6	127,0	124,0	34,258
30	73,7	90,2	163,7	168,3	83,4	120,3	171,8	113,5	5,503
40	169,1	177,9	259,8	160,0	250,0	220,2	164,4	216,3	2,754
50	236,3	296,5	358,7	175,5	311,7	390,9	315,4	322,2	9,359
60	190,5	219,7	248,4	203,8	220,9	186,1	247,8	235,6	0,833
70	139,5	298,0	164,8	125,0	378,7	230,1	210,0	83,6	0,272



Gambar 2 Grafik hubungan antara waktu perendaman (menit) terhadap harga Nernst (mV/dekade)

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 2 waktu perendaman yang memenuhi kriteria harga Nernst ialah pada 20 menit dengan harga Nernst yang dihasilkan sebesar 34,258 mV/dekade. Waktu perendaman 20 menit menunjukkan kebutuhan larutan boraks dalam membran untuk proses disosiasi telah terpenuhi. Jumlah air menyebabkan interaksi secara elektrostatis pada pertukaran ion menjadi spesifik sehingga

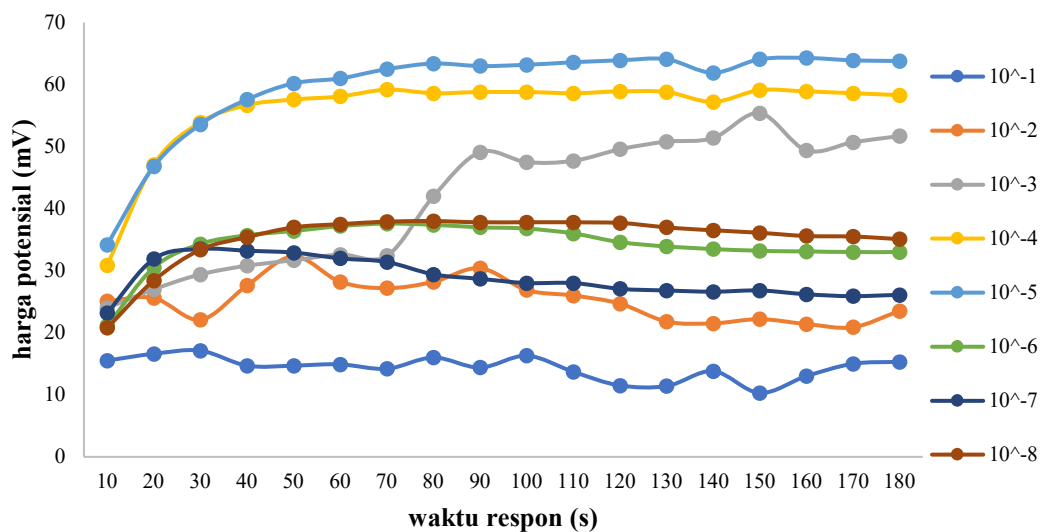
dihasilkan respon yang bersifat Nernstian. Waktu perendaman di bawah 20 menit belum mendekati harga Nernst teoritis. Hal ini disebabkan oleh jumlah ion borat yang dibutuhkan membran belum mencukupi untuk melakukan proses disosiasi, sehingga membran belum mampu mengadakan kontak dengan ion borat untuk mencapai kesetimbangan. Waktu perendaman di atas 20 menit menyebabkan air dalam larutan melebihi kebutuhan membran untuk proses disosiasi sehingga dapat menyebabkan pori-pori membran menjadi membesar sehingga terjadi penggembungan membran dan menyebabkan sensitivitas membran berkurang. Selain itu, juga dapat menyebabkan sulitnya pertukaran ion karena terhalang oleh adanya air sehingga mempengaruhi respon harga potensial yang terukur yang memberikan harga Nernst yang tidak Nernstian.

Penentuan Waktu Respon ESI Borat

Waktu respon merupakan waktu di mana titik kesetimbangan reaksi pada saat pengukuran larutan analit diperoleh. Titik kesetimbangan akan tercapai apabila harga potensial yang diperoleh bernilai tetap. Apabila waktu respon yang diperoleh semakin cepat maka kinerja ESI semakin baik dan semakin sensitif (Umaningrum *et al.*, 2021; Riskah 2018). Data penentuan waktu respon ESI borat tipe kawat terlapis dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2 Data hasil pengamatan waktu respon untuk setiap konsentrasi

Log[borat]	Waktu respon (detik)	Harga potensial ESI Borat (mV)			
		1	2	3	rata-rata
-1	40	14,7	14,7	14,9	14,76
-2	60	28,2	27,2	28,7	28,03
-3	50	31,7	32,6	32,4	32,23
-4	40	56,7	57,6	58,1	57,46
-5	40	57,6	60,2	61	59,6
-6	40	35,7	36,4	37,2	36,43
-7	80	29,4	28,7	28	28,7
-8	50	37	37,5	37,5	37,33
rata-rata	50				



Gambar 3 Grafik hubungan antara waktu respon terhadap harga potensial yang terukur

Berdasarkan data Tabel 2 dan Gambar 3, Waktu respon ESI borat tipe kawat terlapis menunjukkan waktu respon pada rentang 40-80 detik. Waktu respon optimum yang diperoleh yaitu 40 detik, sedangkan rata-rata yang diperoleh adalah 50 detik. Penentuan waktu respon suatu ESI dipengaruhi oleh konsentrasi analit (Rahmawati & Fardiyah, 2013). Konsentrasi larutan akan berbanding lurus dengan kecepatan reaksi sehingga semakin tinggi konsentrasi suatu larutan analit maka reaksi kesetimbangan yang terbentuk akan semakin cepat (Riskah, 2018).

Waktu respon juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain di antaranya yaitu kelenturan membran (Iyabu, 2014), adanya ion pengganggu dan pengadukan. Adanya ion pengganggu dalam larutan analit dapat mengakibatkan lambatnya waktu respon. Proses pengadukan larutan pada saat pengukuran dapat membantu penyebaran ion secara merata pada larutan sehingga dapat mempercepat waktu respon (Riskah, 2018).

Hasil pengukuran harga potensial konstan yang diperoleh menunjukkan bahwa ESI borat yang dibuat dalam penelitian ini terhitung cukup cepat karena sebagian besar variasi konsentrasi dapat mencapai kesetimbangan pada waktu kurang dari 1 menit (60 detik). Hal ini menunjukkan bahwa ESI borat yang dibuat cukup bagus. ESI akan memiliki karakteristik dan kinerja yang baik apabila waktu yang diperlukan. Sensitivitas dan responsibel suatu ESI tergolong cepat jika waktu respon yang diperlukan kurang dari 1 menit (60 detik) (Rismiarti, 2015). Berdasarkan data hasil pengukuran (Tabel 1 dan Gambar 2) dapat ditarik kesimpulan bahwa ESI borat tipe kawat terlapis berbahan aktif kurkumin telah memenuhi salah satu syarat karakteristik ESI yang ideal, dimana waktu respon yang dicapai selama ± 1 menit dalam ± 3 menit pengukuran (Shawish *et al.*, 2013).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa waktu perendaman ESI Borat adalah selama 20 menit dan waktu respon pengukurannya yang relatif cepa antara 40-80 detik dengan rata-rata waktu respon sebesar 50 detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lambung Mangkurat (LPPM ULM) yang telah mendukung penelitian ini melalui Program Dosen Wajib Meneliti Tahun 2023 (PDWM 2023) dengan Nomor Kontrak SP DIPA-023.17.2.677518/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiani, W., 2007. *Modifikasi Membran Elektrode Selektif Ion Nitrat Tipe Kawat Platina Terlapis Dengan Polietilena Glikol Sebagai Porogen*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas IPB. Bogor.
- Bahar, D.U., C. Topcu, D. Ozcimen, & I. Isildak., 2020. A Novel Borate Ion Selective Electrode Based on Carbon Nanotube-Silver Borate. *International Journal of Electrochemical Science*, 15, p.899-914.
- Bailey, P.L., 1976. *Analysis with Ion Selective Electrodes*. Heyden and Sons.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2014. *Bahan Bahan Berbahaya yang Dilarang untuk Pangan*. <https://www.pom.go.id>. Diakses 16 Januari 2022.
- Camman, K., 1979. *Working with Ion Selective Electrode*. Springer Verlag.
- Fadilah, A.N., R. Djatmika, & A. Muadifah, 2019. Analisis Boraks Dalam Sempol Di Tulungagung Dengan Preparasi Sentrifugasi Secara Spektrofotometri Visible. *Jurnal Kesehatan Karya Putra Bangsa*, 1, p.18-24.
- Fadly, M., 2007. *Penentuan Ion Kadium melalui Kaedah ISE Menggunakan Kurkumin Sebagai Ionofor*. Disertasi. Sekolah Sains dan Teknologi. Universitas Malaysia Sabah.
- Hartati, F.K., 2017. Analisis Boraks Secara Cepat, Mudah Dan Murah Pada Kerupuk. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, 2, p.33-37.
- Hedrick, J., A. Gutierrez, & D. Potter, 1997. *The Analysis of Trace Elements in Boric Acid by ICP-MS*. Hewlett-Packard Company.
- Iyabu, H., 2014. *Pengantar Elektroda Selektif Ion (ESI)*. UNG Press Gorontalo.
- Kembaren, A. & R.T. Panggabean, 2014. Pembuatan Elektroda Selektif Ion Cr (VI) dengan Menggunakan Membran Kitosan. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 6, p.69-78.

- Kurniasih, D., A. Atikah, & H. Sulistyarti, 2016. Karakterisasi Elektroda Selektif Ion (ESI) Kromat Tipe Kawat Terlapis Berbasis Kitosan. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 7, p.10-19.
- Kusrini, E., A. Atikah, & H. Sulisyarti, 2013. Karakterisasi Elektroda Selektif Ion (ESI) Kadmium Tipe Kawat Terlapis bermembran D2EHPA. *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, 2, p.560-566.
- Muharrami, L.K., 2015. Analisis kualitatif kandungan boraks pada krupuk puli di Kecamatan Kamal. *Jurnal Pena Sains*, 2, p.120-124.
- Rawat, A., S. Chandra, & A. Sarkar. 2010. Highly selective potentiometric oxalate ion sensors based on Ni(II) bis-(m-minoacetophenone)ethylenediamine. *Chinese Journal Chemistry*, 28, p.1140-1146.
- Rismiarti, Z., C. Bisri, & Y. Irnawati, 2015. Elektroda Selektif Ion (ESI) Tetraborat Tipe Kawat Terlapis Berbasis Zeolit. *Chemistry Progress*, 8, p.6-11.
- Sah, R.N. & P.H. Brown, 1997. Boron determination-a Reaview of Analytical Methods. *Microchemical Journal*, 56, p.285-304.
- Santi, A.U.P., 2018. Analisis kandungan zat pengawet boraks pada jajanan sekolah di Sdn Serua Indah 1 Kota Ciputat. *Jurnal Holistika*, 1, p.57-62.
- Shawish, H.M.A., N.A. Ghalwa, S.M. Saadeh, & H. El Harazeen, 2013. Development of Novel Potentiometric Sensors for Determination of Tartrazine Dye Concentration in Foodstuff Products. *Food Chemistry*, 138, p.126-132.
- Sudjarwo, S. Poejiarti, & N. Angerina, 2021. Validasi Metode Spektrofotometri-Visibel Pada Penetapan Kadar Boraks Di Dalam Bakso. *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi*. 8, p.41-47.
- Suseno, D., 2019. Analisis Kualitatif Dan Kuantitatif Kandungan Boraks Pada Bakso Menggunakan Kertas Turmerik, Ft – Ir Spektrometer Dan Spektrofotometer Uv -Vis. *Indonesian Journal of Halal*, 2, p.1-19.
- Tubagus, I., Citraningtiyas, G., & Fatimawati, 2103. Identifikasi dan Penetapan Kadar Boraks Dalam Bakso Jajanan di Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Farmasi UNSRAT*, 2, p.142-148.
- Umaningrum, D., R. Nurmasari, K.A. Wardhani, S. Qalby, T.E. Tampubolon, 2021. Karakterisasi Sensor Potensiometri Methanil Yellow Berbasis Kitosan Menggunakan Dioktil Sebakat (DOS) sebagai Plasticizer. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 6, p.1-7.
- Wahab, A.W., 2006. *Studi Kinerja Sensor Potensiometrik: Elektroda Selektif Ion Zn(II), Cd(II), Hg(II)dengan Ionofor DBDA 18C6 Terhadap Analisis Pencemaran Sedimen Laut Kawasan Pesisir Pantai Makassar*. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Widayat, D., 2011. *Kandungan Boraks Pada Bakso (Studi pada Warung Bakso di Kecamatan Summersari Kabupaten Jember)*. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Jember.
- Wijaya, C., M.A. Marpaung, & I. Karnadi, 2020. Identifikasi Unsur Boron Mengguakan Teknik *Laser Induced Breacdown Spectroscopy* (LIBS) untuk Mendeteksi Kandungan Boraks pada Makanan. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)NSF2020*, 9, p.47-52