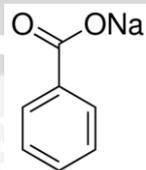


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Natrium Benzoat

Natrium benzoat dengan rumus kimia $C_7H_5O_2 - Na$ merupakan salah satu derivat garam asam benzoat yang termasuk ion monovalen sehingga dapat ditulis $C_7H_5O_2^-$. Menurut *Material Safety Data Sheet* (ScienceLab, 2013), natrium benzoat merupakan bahan padat dengan berat molekul 144,11 g/mol, berwarna putih, tidak memiliki bau, memiliki rasa agak manis dan astringen serta dapat meledak jika pada suhu tinggi. Natrium benzoat dapat larut dalam air dingin dan air panas. Selain itu, natrium benzoat memiliki reaktivitas dengan zat pengoksidasi dan juga bersifat higroskopik. Dalam MSDS terdapat label untuk mengetahui sifat bahan tersebut diantaranya dampak bagi kesehatan, reaktivitas dan kemudahan natrium benzoat untuk terbakar. Natrium benzoat memiliki nilai 2 pada kesehatan yang berarti bahwa cukup berbahaya bagi kesehatan, nilai 1 pada kemudahan terbakar yang berarti dapat menimbulkan ledakan jika dipicu dengan panas, dan bernilai 0 pada reaktivitas yang menunjukkan bahwa natrium benzoat stabil dan tidak reaktif dengan air. Struktur natrium benzoat dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Natrium Benzoat (ScienceLab, 2013)

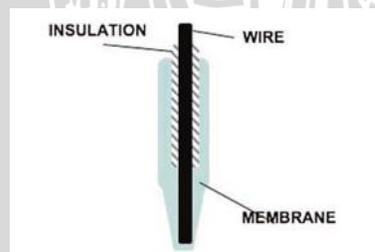
Natrium benzoat digunakan sebagai bahan tambahan pangan untuk mencegah terjadinya pembusukan dan menjaga ketahanan makanan dalam jangka waktu tertentu. Penggunaannya dapat ditemukan pada beberapa produk makanan diantaranya saus, kecap, margarin, selai, sirup, makanan berfermentasi (BPOM, 2013). Senyawa ini beresiko memiliki efek toksik cukup tinggi dengan melalui inhalasi dan pencernaan. Konsumsi harian natrium benzoat maksimal 5 mg/kg berat badan (BPOM, 2013) dengan *lethal dose* >1940 mg/kg berat badan di tikus pengerat (WHO, 2005). Toksisitas akut oral (LD_{50}) sebesar 1600 mg/kg pada tikus seperti iritasi kulit, iritasi saluran pernafasan. Senyawa ini bisa termasuk teratogenik pada manusia dengan merusak perkembangan sistem reproduksi perempuan/pria dan mungkin menyebabkan kerusakan beberapa organ seperti darah, liver, dan sistem saraf pusat (SSP) (ScienceLab, 2013). Gejala toksisitas seperti rasa tidak nyaman dan *malaise* (mual, sakit kepala, lemah, rasa terbakar, dan rasa iritasi pada esofagus) (WHO, 2005).

2.2. Elektroda Selektif Ion (ESI)

Elektroda selektif ion (ESI) merupakan salah satu sensor elektrokimia yang saat ini banyak digunakan karena memiliki selektivitas, sensitivitas, keakuratan, dan ketepatan yang relatif tinggi serta batas deteksinya yang relatif rendah. ESI dapat diaplikasikan dalam analisis klinis (serum darah, lasma, sel darah putih, saliva, urin), industri pangan (jus, makanan-minuman ringan, alkohol), pabrik (logam, pemutih), farmasi (obat-obatan, pencampuran obat), dan lingkungan (limbah pada air, tanah,

tanaman). Kelebihan peralatan ESI secara potensimeter adalah tidak mahal, dan mudah digunakan, operator tidak memerlukan keahlian tinggi (Mikhelson, 2013).

Elektroda Selektif Ion (ESI) mempunyai membran yang selektif terhadap ion-ion tertentu dan bagian terluarnya akan kontak dengan ion yang akan diukur kadarnya. Misalnya ESI untuk mendeteksi Cd^{2+} dan salisilat yang membrannya terbuat dari PVC. ESI merupakan suatu sensor kimia yang dapat mendeteksi ion-ion tertentu dalam analit yang dianalisis sehingga ESI mampu bekerja untuk mengukur secara selektif ion-ion tersebut. Potensial yang terukur dapat berubah sesuai dengan kereaktifan ion yang ditentukan. ESI mempunyai membran yang mana membran ini merupakan benda tipis pemisah antara kedua fasa cairan yang minimal memiliki satu komponen. ESI harus memiliki selektivitas dan sensitivitas yang baik terhadap kation dan anion yang akan dianalisis sehingga dapat menghantarkan arus listrik. Selain itu ESI harus tidak larut dalam air, dan bereaksi dengan analit melalui pertukaran ion, kristalisasi, ataupun kompleksasi (Laili, 2013). ESI tipe kawat terlapis dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 ESI tipe kawat terlapis (Janata, 2009).

Menurut Strobel & Heineman (1992), ESI terdiri atas sebuah membran dan satu elektroda pembanding yang tercelup pada larutan dalam membran. Elektroda

dicelupkan dalam larutan yang mengandung analit. Sedangkan elektroda pembanding luar adalah bagian membran yang langsung berinteraksi dengan larutan analit. Kedua elektroda ini merupakan penyusun setengah reaksi sel elektrokimia. Potensial yang terukur merupakan selisih potensial antara elektroda pembanding luar ($E_{ref\ ext}$) dengan elektrode pembanding dalam ($E_{ref\ int}$) ditambah potensial membran (E_{memb}). Hubungan tersebut dapat ditulis sebagai persamaan (1).

$$E_{sel} = E_{ref\ ext} - E_{ref\ int} + E_{memb} \quad (1)$$

Membran yang dipakai bersifat selektif terhadap ion tertentu sehingga potensial yang dihasilkan antara kedua sisi membran akan bergantung pada aktivitas pada kedua sisi.

$$E_{memb} = \frac{2,303 RT}{nF} \log a_x \quad (2)$$

n = muatan ion

Bila persamaan (2) di atas disubstitusikan ke persamaan (1) maka akan menghasilkan persamaan (3):

$$E_{sel} = E_{ref\ ext} - E_{ref\ int} + \frac{2,303 RT}{nF} \log a_x \quad (3)$$

Potensial setengah sel kedua elektroda pembanding bersifat konstan. Kondisi larutan contoh dapat dikontrol sehingga E_{1j} akan konstan demikian juga kondisi larutan di dalam membran. Persamaan di atas dapat disederhanakan lagi menjadi:

$$E_{\text{sel}} = E^0 \pm \frac{2,303 RT}{nF} \log a_x \quad (4)$$

Keterangan:

E^0 = Potensial elektroda pembanding

R = Konstanta molar gas (8.314 J/K mol)

T = Temperatur (K)

a_x = Aktifitas ion

n = Muatan ion

F = bilangan Faraday (96,485 Cmol⁻¹)

2.3. Membran ESI

Membran adalah bagian yang terpenting dari ESI. Berbagai definisi membran telah dikemukakan. Suatu lapisan yang memisahkan dua fasa dan mengatur perpindahan massa dari kedua fasa yang dipisahkan. Membran yang dipergunakan harus bersifat inert terhadap larutan uji, selektif terhadap ion tertentu, memiliki kepekaan yang baik, memenuhi harga faktor Nernst dan dapat dicetak sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Badan elektroda harus mempunyai tahanan yang tinggi sehingga tidak dialiri arus listrik, tidak bereaksi dengan larutan-dalam dan larutan yang diuji. Larutan-dalam juga tidak melarutkan membran serta menjadi penghubung yang baik antara elektroda pembanding dengan membran (Gea et al, 2005).

Pada saat pengukuran, sisi-sisi luar membran bersentuhan langsung dengan larutan analit, sehingga bahan aktif membran akan mengalami disosiasi menjadi ion-

ion bebas pada antarmuka membran larutan, reaksi pertukaran ion terjadi ketika gugus aktif dalam membran (RNH_3^+X^-) mula-mula terdisosiasi menjadi kation RNH_3^+ dan anion X^- pada antar muka membran larutan sampel, diikuti dengan reaksi pertukaran ion antara ion X^- dalam membran dengan X^- dalam larutan membentuk asosiasi garam RNH_3^+X^- , garam asosiasi yang terbentuk akan terekstraksi ke dalam membran. Hal ini berlangsung terus-menerus hingga tercapai kesetimbangan (Bailey,1976).

Menurut Gross et al (2008), jenis membran elektroda selektif ion ada empat macam, yaitu :

a. Elektroda Membran Kaca

Elektroda kaca yang paling banyak digunakan adalah untuk menentukan aktivitas H^+ atau pH. Membran terbuat dari kaca silikat. Elektroda kaca juga dapat dibuat yang sensitif terhadap kation lain seperti natrium.

b. Elektroda Membran Kristal/Padat

Membran ini terbuat dari garam yang tidak larut/anorganik. Proses pertukaran ion ditujukan untuk pembentukan potensial pada membran. Polikristalin atau membran dengan campuran beberapa Kristal seperti AgCl / Ag_2S dapat digunakan untuk menentukan Cl^- .

c. Elektroda Membran Cair

Penukar ion atau ionofor (pembawa ion netral makrosiklik) dapat terlarut pada membran cairan organik kental. Tanpa penukar atau ionofor ion tidak akan

dapat terjadi penetrasi membrane. Dengan adanya penukar atau ionofor, proses penukaran ion atau transport dapat terjadi ke dalam membran. Salah satu elektroda membran cair yang terkenal dan telah digunakan adalah untuk penentuan ion kalsium.

d. Elektroda Membran Polimer

Elektroda membran polimer dapat digunakan sebagai alternatif elektroda membran basah (cair). Elektroda ini menggunakan polimer seperti Polivinilklorida (PVC) sebagai plasticizer, dan sebagai penukar ion. Respon elektroda ini sangat tinggi selektifitasnya dan dapat digunakan sebagai pengganti elektroda membran cair. Elektroda polimer telah banyak digunakan untuk menentukan ion seperti K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , dan NO_3^- .

2.4. Elektroda Selektif Ion (ESI) Tipe Kawat Terlapis

Elektroda selektif ion (ESI) tipe kawat terlapis atau *coated wire electrodes* (CWE's) merupakan salah satu jenis elektroda selektif ion dimana komponen elektroaktifnya tergabung dalam film atau lapisan polimer tipis yang dilapiskan langsung pada logam konduktor. Elektroda berlapis kawat ion-selektif pertama kali dikembangkan pada tahun 1971, dan terdiri dari film *polyvinyl chloride* atau substrat matriks polimer lain yang cocok yang mengandung spesies elektroaktif terlarut, dilapisi pada substrat konduksi (umumnya logam, meskipun bahan dengan konduktivitas jauh lebih tinggi daripada film dapat digunakan). Elektroda semacam ini sederhana, murah, tahan lama dan mampu respon handal dalam kisaran

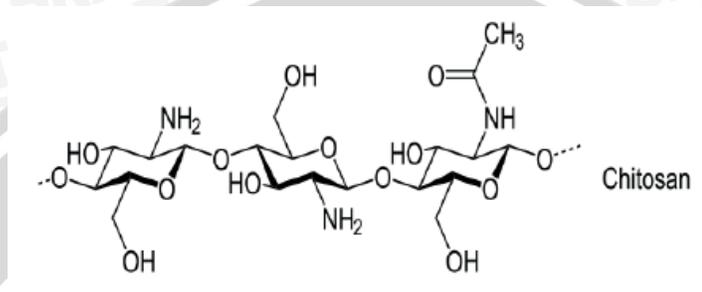
konsentrasi 10^{-1} untuk 10^{-6} M untuk berbagai macam baik kation organik dan anorganik dan anion (Chunningham and Henry, 1986).

ESI tipe kawat terlapis tersusun atas badan elektroda dengan penghubung kawat logam sebagai konduktor, dan membran yang terdiri dari *plastisizer*, bahan aktif atau ionofor, pelarut, dan bahan pendukung lainnya. Beberapa kawat logam yang akhir-akhir ini digunakan dalam pembuatan ESI tipe terlapis adalah kawat, platina, atau perak, yang terlapis dengan polivinilklorida (PVC) (Lakshminarayanaiah, 1976). Platina merupakan salah satu logam *inert* yang bekerja baik dalam mengambil atau melepaskan elektron dan tidak ikut serta secara nyata dalam reaksi redoks.

Kawat platina dilapisi oleh komponen penyusun membran bahan aktif alikuat-336 dan kitosan. Kitosan merupakan senyawa polimer linear $\alpha(1\rightarrow4)$ -linked 2-amino-2-deoksi- β -D-glukopironase dan juga termasuk polisakarida alami yang dapat diperoleh dari deasetilasi kitin, terdiri dari kopolimer glukosamin dan N – asetilglukosamin. Kitin dan kitosan mempunyai beberapa sifat yang unggul seperti *biodegradability*, *bio-compatibility*, tidak toksik, dan dapat mengadsorpsi. Kitosan hanya larut pada beberapa larutan asam, dan beberapa N-alkilidinasinasi dan N-alkilasi tertentu (Dutta *et al*, 2004). Kelarutan kedua senyawa tersebut tidak baik pada pH netral (pH = 7) dan pelarut organik pada umumnya, meskipun dapat larut dalam pelarut khusus seperti hexafluoro-2-propanol, *N,N*-dimetilasetamida atau hexafluoroaseton (Kumirska *et al*, 2011). Berat molekul rata-rata kitin $1,03 \times 10^6$ – $2,5 \times 10^6$ tetapi untuk berat molekul kitosan menurun menjadi 1×10^5 – 5×10^5 . Terdapat beberapa faktor penting dalam kelarutan kitosan. Faktor-faktor tersebut termasuk

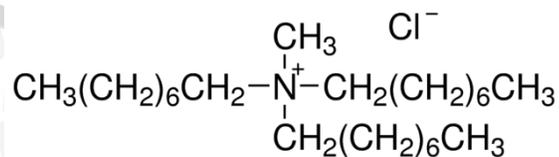
temperatur, konsentrasi alkali, ukuran partikel, berat molekul, dan lain-lain. Adanya peningkatan suhu dapat menyebabkan depolimerisasi kitosan (Zargar, 2015).

Berikut struktur kitosan ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur kimia kitosan (Zargar, 2015)

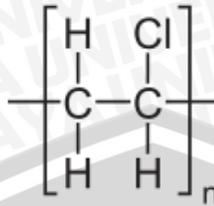
Sedangkan bahan aktif alquat-336 merupakan suatu garam amonium kuartener tidak larut air yang terbentuk dari metilasi campuran trioktil/dekil amin, yang mampu membentuk garam larut minyak jenis anionik pada pH asam atau sedikit basa. Aliquat 336 terdiri dari kation organik besar yang terkait dengan ion klorida. Karena struktur amonium Aliquat 336 ini memiliki muatan positif permanen yang dapat membentuk garam dengan anion pada rentang pH yang lebih luas daripada amina primer, sekunder atau tersier. Sehingga Aliquat 336 dapat diaplikasikan pada pH asam ke sedikit basa. Aliquat-336 berupa cairan *liquid* (kental) dan memiliki berat molekul 442 gr/mol dan berat jenis 0,88 g/cm³ dalam suhu 25°C (BASF, 2015). Struktur kimia alquat-336 ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur kimia alquat-336 (BASF, 2015)

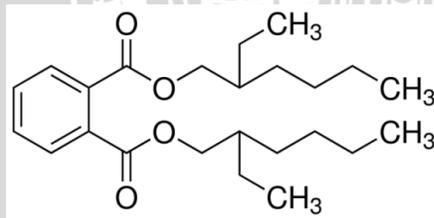
ESI valproat dan berbasis aliquat-336 menghasilkan rentang konsentrasi linier 10^{-5} – 10^{-2} M dengan batas deteksi $30 \mu\text{M}$ (Sava, *et al*, 2010). Telah dikembangkan sensor potensiometri berupa Elektroda Selektif Ion (ESI) sulfat tipe kawat terlapis berbasis aliquot 336-sulfat yang mampu memberikan respon potensial cukup baik. Sensor ion sulfat menunjukkan respon linier terhadap ion sulfat pada range 1.0×10^{-5} hingga 1.0×10^{-2} M dengan nilai faktor Nernst sebesar 28,46 mV/decade dan limit deteksi sebesar 10^{-5} M (Fardiyah dan Andayani, 2005). Dengan adanya penambahan aliquat-336 diharapkan dapat memperbaiki karakterisasi elektroda benzoat.

Bahan pendukung elektroda membran, PVC, untuk elektroda selektif ion sebenarnya kaku, memiliki parameter kelarutan PVC adalah $9,5 \text{ J/cm}^3$. Berbagai jenis plasticizer biasanya diterapkan untuk mempersiapkan elektroda membran. Banyak jenis plasticizer digunakan untuk membran plastik sebagai aditif. fthalat dianggap sebagai platisizer yang paling umum menghasilkan fleksibilitas dan daya tahan yang diinginkan. Semakin banyak plasticizer yang ditambahkan, semakin tinggi fleksibel dan daya tahan (Zareh, 2012). Komponen ini digunakan untuk menjaga stabilitas mekanik dan homogenitas membran. Bahan pendukung yang baik harus bersifat inert dan tidak bereaksi atau berinteraksi dengan ion yang disensor (Ceresa, 2001). Beberapa polimer yang dapat digunakan sebagai bahan pendukung diantaranya: polyvinyl chloride (PVC), polyvinyl alcohol (PVA), poliamida, polyester, polisiklosan, dan polymethyl methacrylate (PMMA). Bahan pendukung yang dipilih adalah PVC dimana polimer ini paling umum atau paling banyak digunakan dalam konstruksi elektroda selektif ion (Ceresa, 2001). Struktur kimia PVC ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur kimia PVC

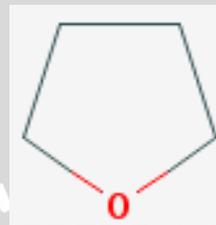
Plasticizer harus menunjukkan lipofilisitas yang cukup, tidak mengristalisasi dalam membran dan tidak teroksidasi. Selain itu, harus memenuhi sifat selektivitas. Bahan pemlastis yang digunakan adalah dioktil-phthalate (DOP). DOP berupa cairan (berminyak), berwarna pucat kekuningan, sedikit berbau, dan tidak berasa. Berat molekul zat ini 390,54 g/mol dan tidak larut pada air dingin, larut pada minyak, hexan, sedikit larut dalam karbon tetraklorida (ScienceLab, 2013). Tujuan penggunaan DOP adalah untuk mengurangi kekakuan dari membran dan memberikan sifat elastis akibat adanya polimer matrix membran PVC sehingga perlu digunakan DOP sebanyak dua kali jumlah PVC. Struktur kimia DOP ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur Kimia di-octyl phthalate (DOP) (SceinceLab, 2013)

Pelarut bahan aktif yang digunakan untuk melarutkan komponen membran adalah Tetrahidrofuran (THF) dengan rumus kimia C_4H_8O . Senyawa ini berupa cairan tidak berwarna dengan bau seperti ether dengan berat molekul 72,11 g/mol.

Berat jenis tetrahidrofuran 0,883 g/cm³ pada suhu 25°C dan memiliki pKa -2,08. Titik didih dan leleh senyawa ini adalah 66°C (151°F) dan -108,5°C (-163°F). Tetrahidrofuran sangat larut dalam aseton, benzen, eter, etanol, kloroform, dan 30% dalam air 25°C (Anonim, 2015). Fungsi THF dalam pembuatan membran elektroda selektif ion adalah untuk menghomogenkan komponen penyusun membran. Struktur kimia THF ditunjukkan pada Gambar 2.7.



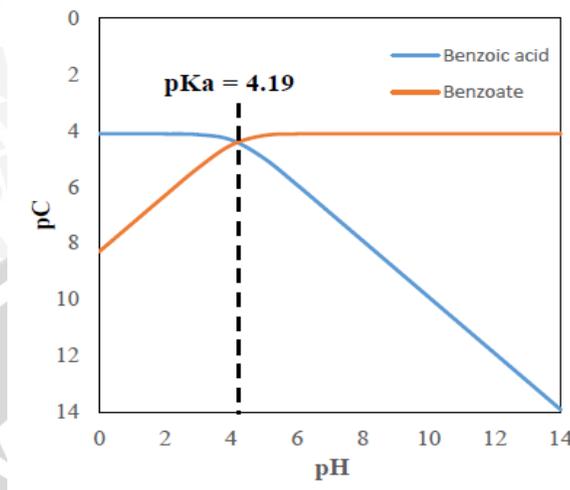
Gambar 2.7 Struktur kimia Tetrahidrofuran

2.5. Pengaruh pH

Bahan aktif yang digunakan pada membran ESI benzoat adalah kitosan dan alifatik 336. Pada pH di bawah pKa kitosan (< 6,5) kebanyakan molekul kitosan bermuatan positif karena terprotonasi dari gugus NH₂ menjadi NH₃⁺ yang diperlukan agar bersifat sebagai penukar anion, sedangkan pada pH di atas pKa kitosan (> 6,5), ion NH₃⁺ yang terbentuk lebih sedikit. Hal tersebut dipengaruhi perubahan pH pula dapat dilihat adanya perubahan harga faktor Nernst dari ESI benzoat. pKa efektif kitosan adalah 6,5 dan untuk gugus asam karboksilat 4,7. Kitosan terdiri dari gugus amina dengan derajat maksimum *swelling* hidrogel tercapai pada pH 3 karena terjadi protonasi yang sempurna dari gugus amina kitosan. Perubahan *swelling* disebabkan karena adanya interaksi yang terlibat tergantung pada pH medium

swelling. Berdasarkan pKa kitosan, Interaksi yang terlibat diantaranya NH_3^+ dan COOH (pada pH 1-3), NH_2 dan COO^- (pada pH 7-13), dan NH_3^+ dan COO^- atau NH_2 dan COOH (pada pH 4-7). Di bawah kondisi asam, *swelling* terjadi karena kontrol utama gugus amina (NH_2) pada karbon C-2 komponen kitosan. NH_2 termasuk basa lemah dengan pKa 6,5, sehingga akan terprotonasi dan meningkatkan densitas muatan pada polimer yang seharusnya meningkatkan tekanan osmotik dalam partikel gel karena tolak menolak elektrostatis $\text{NH}_3^+ - \text{NH}_3^+$ (Pourjavadi, 2006). Selain kitosan, alikuat 336 juga ditambahkan sebagai bahan aktif membran. Penambahan alikuat 336 sebagai bahan aktif karena alikuat 336 ini memiliki muatan positif permanen yang dapat membentuk garam dengan anion pada rentang pH yang lebih luas sehingga alikuat 336 dapat diaplikasikan pada pH asam ke sedikit basa (BASF, 2015).

Pengaruh perubahan pH dapat mempengaruhi pembentukan analit ion benzoat. Spesi ion benzoat monovalen dapat terbentuk pada pH di atas pKa benzoat, yaitu 4,19 dan di bawah pKa tersebut senyawa asam benzoat lebih banyak terbentuk (Li, 2014). Pengaruh pH terhadap pembentukan jenis spesi dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Diagram Log Konsentrasi-pH untuk Larutan Natrium Benzoat
Konsentrasi 10 mg/L (Li, 2014)

Pengaruh pH terhadap kinerja ESI CdCl_3^- tipe kawat terlapis berbasis D2EHPA telah diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH berpengaruh terhadap kinerja ESI CdCl_3^- dengan hasil pH optimum untuk ESI CdCl_3^- adalah pH 4-6 dengan faktor Nernst yang mendekati nilai teoritis, yaitu 29,43 mV/dekade konsentrasi. pH optimum didapatkan karena bahan aktif D2EHPA dapat membentuk kompleks dengan ion Cd^{2+} sehingga memungkinkan ion Cd^{2+} dapat terikat dengan membran (Maulidyawati *et al*, 2013).

2.6. Pengaruh Temperatur

Elektroda potensial dipengaruhi oleh perubahan suhu, sampel dan standar solusi harus berada dalam $\pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{F}$) satu sama lain. Pada fluorida 10^{-3} M, perbedaan 1°C dalam hasil suhu dalam kesalahan 2%. Itu potensial mutlak perubahan referensi elektroda perlahan dengan suhu karena kesetimbangan

kelarutan yang tergantung pada elektroda. Besarnya pengaruh perubahan suhu pada slope dapat dihitung dari bentuk modifikasi dari persamaan Nernst ($\text{Slope} = 2.303RT / nF = T \times \text{Constant}$) menjadi sekitar 3,4% per 10°C , yaitu: jika kemiringan sekitar 55 mV / dekade dari kenaikan 10°C akan meningkatkan ini untuk sekitar 57 mV / dekade. Perubahan 10°C pada temperatur sampel dapat merubah nilai Nernst sebesar 1 mV/decade. Dengan demikian, untuk menghindari kesalahan karena perubahan suhu disarankan untuk mengkalibrasi dengan standar pada suhu yang sama sebagai larutan sampel jika suhu sampel menyimpang oleh lebih dari sekitar 2°C dari suhu kalibrasi asli (Rundle, 2013). Pada pengukuran elektroda pH ideal, pengaruh perubahan temperatur dapat mempengaruhi elektroda yaitu faktor Nernst elektroda, titik kalibrasi isothermal, kesetimbangan temperatur, kesetimbangan kimia, dan ketahanan membran. Semakin meningkatnya temperatur, semakin tinggi faktor Nernst pada elektroda ideal. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Variasi Faktor Nernst Dengan Temperatur Untuk Elektroda Yang Ideal

Temperature $^\circ\text{C}$	Nernst slope (mV/pH)
0	54.20
10	56.18
20	58.17
25	59.16
30	60.15
40	62.14
50	64.12
60	66.10
70	68.09
80	70.07
90	72.06

Pada tabel 2.1, dapat dijelaskan bahwa pada temperatur 25°C didapatkan faktor Nernst teoritis, yaitu 59,16 mV/pH. Batas rentang faktor Nernst yang diperbolehkan adalah $59,16 \pm 5$ mV/dekade. Pada temperatur di bawah temperatur 25°C, faktor Nernst yang dihasilkan masih dalam rentang teoritis yaitu 54,20 mV/pH dan dengan meningkatnya temperatur faktor Nernst yang dihasilkan juga semakin meningkat. Setiap kenaikan temperatur 10°C, dapat meningkatkan nilai faktor Nernst sebesar 2 mV/dekade konsentrasi. Pada tabel di atas, rentang temperatur yang masih menghasilkan rentang faktor Nernst teoritis adalah pada temperatur 0-50°C (Barron, Ashton, and Geary, 2006). Selain itu, pengaruh temperatur juga diteliti untuk ESI CdCl_3^- tipe kawat terlapis berbasis D2EHPA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya peningkatan temperatur dapat mempengaruhi kinerja ESI. Temperatur optimum untuk ESI CdCl_3^- tipe kawat terlapis berbasis D2EHPA yang dihasilkan adalah 20 – 50°C. Peningkatan temperatur dapat meningkatkan faktor Nernst karena adanya peningkatan energi kinetik dari ion-ion utama, sedangkan penurunan faktor Nernst dapat disebabkan karena ketahanan dan fleksibilitas membran menurun (Maulidyawati *et al*, 2013).