

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT PENGUKUR KADAR NATRIUM DALAM CAIRAN***DESIGN AND IMPLEMENTATION MEASURING DEVICE OF SODIUM LEVEL IN LIQUID*****Miftahul Fawaz¹, Raditiana Patmasari, S.T., M.T.², R Yunendah Nur Fu'adah, S.T., M.T.³**^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom¹miftahmudin@student.telkomuniversity.ac.id, ²raditiana@telkomuniversity.ac.id, ³yunendah@telkomuniversity.ac.id**Abstrak**

Elektrolit adalah senyawa yang sangat penting untuk mendukung proses metabolisme dalam tubuh. Alat untuk melakukan pengukuran kadar elektrolit dalam darah biasa disebut *Electrolyte Analyzer*. Alat yang tersedia saat ini memiliki harga yang relatif mahal dikarenakan harus di *import* dari luar negeri. Oleh karena itu, penulis mencoba membuat perangkat pendeteksi elektrolit yang sederhana. Komponen terpenting dari alat ini adalah *Ion Selective Electrode* untuk mengukur tegangan dalam cairan elektrolit. Selain itu, terdapat komponen pendukung seperti multimeter. Setelah mendapatkan data, data akan dibagi menjadi 2 yaitu data uji dan data latih untuk mengelompokkan kadar elektrolit. Pengelompokan menggunakan metode klasifikasi *k-Nearest Neighbour* (k-NN) ke dalam kondisi normal, hipoatremia, dan hiperatremia. Hasil akhir dari Penelitian ini adalah sebuah alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran kadar elektrolit dalam cairan dan dikelompokkan dengan Matlab. Data diambil dari cairan sampel dengan konsentrasi 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, dan 154 mmol/L. Pengujian yang dilakukan adalah penentuan nilai kadar elektrolit dan pengujian waktu kalibrasi yang memperoleh tingkat akurasi 99,7% dengan skema melakukan kalibrasi setiap satu kali pembacaan cairan sampel. Sedangkan untuk pengelompokan, nilai akurasi tertinggi adalah 75% dengan menggunakan metode k-NN dengan pengukuran jarak Euclidean, City-Block, Chebychev, dan Minkowski dengan nilai k=1 dan juga k=3.

Kata kunci : Elektrolit, *Ion Selective Electrode*, k-NN**Abstract**

Electrolytes are compounds that are very important to support metabolic processes in the body. A tool for measuring electrolyte levels in the blood is called an *Electrolyte Analyzer*. The tools available today are relatively expensive because they have to be imported from abroad. Therefore, the authors tried to make a simple electrolyte detection device. The most important component of this tool is the *Ion Selective Electrode* to measure the voltage in the electrolyte liquid. In addition, there are supporting components such as a multimeter. After getting the data, the data will be divided into 2, namely test data and training data to classify electrolyte levels. Grouping using the *k-Nearest Neighbor* (k-NN) classification method into normal conditions, hypoatremia, and hyperatremia. The final result of this final project is a tool used to measure electrolyte levels in liquids and is grouped with Matlab. Data were taken from fluid samples with concentrations of 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, and 154 mmol/L. The tests carried out were determining the value of electrolyte levels and testing the time of calibration which obtained an accuracy rate of 99.7% with the scheme of performing a calibration every one time the sample liquid was read. As for grouping, the highest accuracy value is 75% using the k-NN method with Euclidean, City-Block, Chebychev, and Minkowski distance measurements with k=1 and also k=3 values.

Keywords : Electrolytes, *Ion Selective Electrode*, k-NN**1. Pendahuluan**

Elektrolit adalah senyawa yang terdapat di dalam larutan yang berdisosiasi menjadi partikel bermuatan. Elektrolit sangat penting dalam tubuh karena berfungsi untuk mendukung proses metabolisme dalam tubuh [1]. Konsentrasi elektrolit yang tidak seimbang dapat menyebabkan beberapa gangguan dalam tubuh, seperti dehidrasi, diare, kram hingga kejang-kejang.

Saat ini tersedia alat pengukur elektrolit sudah dapat ditemukan di rumah sakit, biasa disebut *electrolyte analyzer*. Alat ini masih di *import* dari luar negeri sehingga memiliki harga yang relatif lebih mahal. Oleh karena itu, diperlukan alat alternatif yang dapat digunakan untuk pengukuran kadar elektrolit dalam cairan sampel. Komponen terpenting pada alat ini adalah membran selektif yang di atasnya terdapat cairan tertentu dan terdapat elektroda di dalamnya. Prinsip kerja alat ini adalah elektrolit yang terkandung dalam cairan menyentuh membran selektif tertentu dan membran referensi, setelah itu diukur tegangan elektrolit tersebut dan diubah dalam bentuk mmol/L.

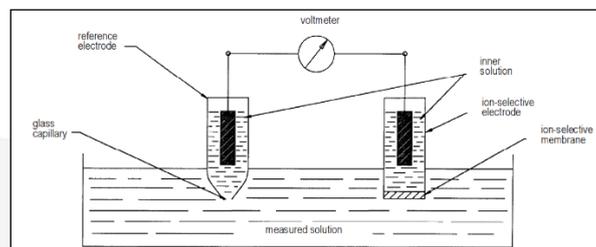
2. Dasar Teori

2.1 Elektrolit

Elektrolit merupakan unsur atau senyawa yang jika melebur atau larut dalam pelarut akan menjadi ion dan dapat membawa muatan listrik [2]. Elektrolit sangat berpengaruh terhadap proses metabolisme. Elektrolit yang mayoritas terdapat dalam tubuh adalah natrium (Na^+), kalium (K^+), klorida (Cl^-), dan bikarbonat (HCO_3^-) [1]. Kebutuhan elektrolit dalam tubuh berbeda-beda berdasarkan umur. Pada orang dewasa normalnya membutuhkan kandungan natrium sebesar 135 – 145 mmol/L. Konsentrasi elektrolit pun dapat dipengaruhi oleh aktivitas, usia, iklim, asupan makanan, stress dan penyakit [3]. Jika konsentrasi elektrolit tidak normal maka dapat menyebabkan beberapa gangguan. Gangguan pada elektrolit natrium salah satunya adalah Hipoatremia dimana gangguan ini akan timbul jika dibawah kadar normal yaitu 130 mmol/L. Gejala yang akan timbul adalah bengkak karena retensi air, kembung, kejang, sakit kepala yang parah dan kejang. Hipoatremia dapat timbul disebabkan karena diare, muntah atau keringat yang sangat banyak [4]. Selain hipoatremia, gangguan yang disebabkan elektrolit adalah hiperatremia. Gangguan ini disebabkan karena tingginya konsentrasi natrium dari batas normal. Jika konsentrasi natrium lebih dari 150 mmol/L maka akan timbul gejala perubahan mental, letargi, kejang, lemah dan koma.

2.2 Ion Selective Electrode

Ion Selective Electrode atau ISE tidak berfungsi untuk mengukur konsentrasi ion melainkan aktivitas ion tersebut. Aktivitas yang dimaksud adalah kriteria kemampuan ion untuk berinteraksi dengan ion lain. Konsentrasi ion dihitung berdasarkan aktivitas ion tersebut dan dipengaruhi oleh jumlah ion yang terdapat pada larutan tersebut [5].



Gambar 1. Prinsip kerja *Ion Selective Electrode*

Prinsip kerja dari *ion selective electrode* adalah elektroda selektif ion harus tersambung ke elektroda *reference* untuk dapat mengukur aktivitas ion, ditampilkan pada Gambar 1. Saat kedua elektroda tersebut menyentuh sampel (darah atau urin) berlaku Persamaan Nernst. Dari persamaan Nernst akan didapatkan beda potensial dari ion yang diukur.

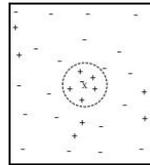
Jika satu larutan yang sedang diukur diketahui konsentrasinya, maka konsentrasi ion sampel dapat ditentukan atas dasar perbedaan dua potensial yang diukur dengan:

$$C_{i \text{ sample}} = C_{i \text{ standard}} \times 10^{\left(\frac{\Delta E}{S}\right)} \quad (1)$$

dimana ΔE adalah perbedaan antara potensial yang diukur dari sampel dan standar, S adalah beda potensial dari elektroda yang ditentukan dari beda potensial dari dua larutan standar yang diukur, $C_{i \text{ sample}}$ adalah konsentrasi ion yang diukur pada sampel, dan $C_{i \text{ standard}}$ adalah konsentrasi ion yang diukur dalam larutan standar. Persamaan 1 menyatakan konsentrasi ion yang tidak diketahui dalam sampel. Cairan standar merupakan larutan elektrolit yang memiliki macam-macam elektrolit di dalamnya. Cairan ini dibuat oleh pabrik dan di dalam cairan ini terdapat berbagai macam elektrolit yang sudah diketahui besarnya dan dibuat sedemikian rupa agar tidak dapat mudah berubah kandungan elektrolit yang ada. Dalam satu kemasan terdapat 2 jenis cairan standar yang memiliki kadar elektrolit yang berbeda.

2.3 k-Nearest Neighbour

Klasifikasi *k-nearest neighbour* adalah salah satu klasifikasi yang sederhana. Klasifikasi *k-nearest neighbour* merupakan algoritma *semi-supervised* karena membutuhkan data latih dan juga uji [6]. Jarak merupakan pendekatan yang digunakan untuk menentukan kesamaan dua vektor fitur. Algoritma k-NN memiliki langkah pengklasifikasian, pertama dengan mengumpulkan data latih yang merupakan kumpulan dari beberapa variabel. Setelah itu, data input akan dibandingkan dengan data referensi yang ada [7]. Selanjutnya akan melakukan pertimbangan pada titik yang terdekat menggunakan beberapa pengukuran jarak. Semakin kecil jarak yang di dapat, maka semakin besar kesamaannya. Pengukuran jarak dapat dilakukan dengan metode *Euclidean*, *City-Block*, *Chebyshev*, dan *Minkowski* [6].



Gambar 2. Klasifikasi k-NN

Pada Gambar 2 [8], merupakan ilustrasi klasifikasi k-NN, dimana (X) merupakan data baru, sedangkan (+) dan (-) adalah data latih. Di dalam lingkaran terdekat, terdapat 4 tipe (+) dan 1 tipe (-) sehingga data baru di klasifikasikan (+). Untuk melakukan pengukuran jarak, dapat menggunakan metode Euclidean menggunakan Persamaan 2 [7]. Sedangkan persamaan untuk menghitung jarak dengan metode City-Block adalah Persamaan 3. Persamaan 4 merupakan rumus untuk menghitung jarak dengan metode Chebyshev. Metode terakhir untuk mengukur jarak k-NN adalah minkowski dengan persamaan 5 [6]

$$d_{Euclidean} = \sqrt{\sum_i (x_i(k) - y_i(k))^2} \quad (2)$$

$$d_{City-Block} = \sum_{k=1}^n |x_i(k) - y_i(k)| \quad (3)$$

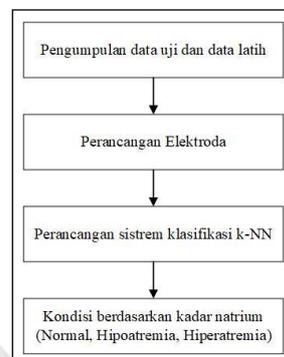
$$d_{Chebyshev} = \max_k \{|x_i(k) - y_i(k)|\} \quad (4)$$

$$d_{Minkowski} = \sqrt[p]{\sum_{k=1}^n |x_i(k) - y_i(k)|^p} \quad (5)$$

dimana, d merupakan jarak data uji ke data latih, $x_i(k)$ adalah data uji ke- k , dan $y_i(k)$ adalah data latih ke- k dengan $k=1,2,3,\dots,n$, serta pada perhitungan *Minkowski* p adalah *power* dengan nilai biasanya 1 atau 2.

3. Perancangan Sistem

Pada Tugas Akhir ini, sistem yang digunakan adalah menguji dari cairan sampel yang sudah diketahui kadar elektrolitnya menggunakan multimeter dan dikelompokkan dengan klasifikasi *k-nearest neighbor*. Langkah-langkah yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah pertama, sampel-sampel dari cairan akan melewati *ion selective electrode*. *Ion selective electrode* terhubung dengan multimeter untuk mengukur potensial listrik yang dihasilkan dari sampel tersebut dan dikonversikan menggunakan Persamaan 2.7. Selanjutnya, data akan diolah dengan aplikasi Matlab untuk melakukan pengklasifikasian menggunakan *k-nearest neighbor* yang akan menghasilkan kondisi normal, hiponatremia, dan hipernatremia.

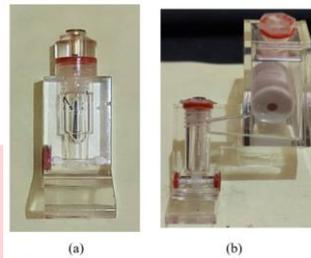


Gambar 3. Perancangan sistem

Elektroda selektif akan menghasilkan tegangan yang diakibatkan karena larutan pada elektroda bereaksi dengan ion-ion yang ada dalam sampel. Cairan akan didiamkan di dalam elektroda selama 35 detik agar mendapat nilai yang stabil. Setelah mendapatkan nilai tegangan, data akan dibagi menjadi 2, yaitu data uji dan data latih. Hasil dari perancangan sistem adalah sebuah *database* fitur kondisi normal, hiponatremia, dan hipernatremia.

3.1 Perancangan Perangkat Keras

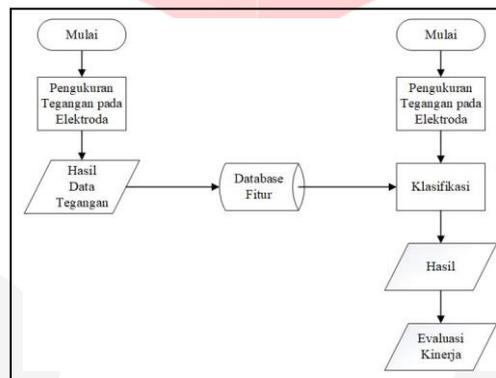
Elektroda yang digunakan adalah *Ion Selective Electrode* (ISE). Berfungsi untuk mengukur aktivitas ion tertentu dan mengubahnya ke dalam bentuk tegangan listrik. Di dalam ISE terdapat membran yang memisahkan ion tertentu dari beberapa macam kandungan yang terdapat dalam sampel.



Gambar 4. (a) Elektroda Natrium, (b) Elektroda *Reference*

Elektroda natrium (Gambar 4 (a)) merupakan komponen yang sangat penting dikarenakan di dalam elektroda tersebut terdapat membran yang dapat memisahkan kandungan natrium dari cairan sampel. Sedangkan elektroda reference (Gambar 4 (b)) merupakan elektroda yang berfungsi sebagai ground dari rangkaian elektroda agar menghasilkan tegangan. Kedua elektroda harus terhubung dengan cairan yang sama agar dapat menghasilkan tegangan yang ditimbulkan dengan aktifitas ion.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 5. Diagram alir sistem

Pada Tugas Akhir ini perencanaan perangkat lunak dilakukan menggunakan perangkat Matlab R2018a dengan menggunakan metode klasifikasi k-NN. Blok bagian kiri pada Gambar 5 merupakan tahap pelatihan sistem dan bagian kanan merupakan tahap pengujian sistem. Setelah memulai sistem, dilakukan pengukuran tegangan yang dihasilkan oleh elektroda. Pengukuran tegangan dilakukan dengan cairan sampel masuk kedalam elektroda dan mengenai kedua elektroda (Na dan Referensi). Setelah itu, tegangan yang dihasilkan akan dibaca menggunakan multimeter dengan waktu pengukuran 35 detik.

Setelah diperoleh nilai tegangan cairan sampel, dilakukan pembagian data menjadi 2, yaitu data latih sebanyak 30 data dan data uji sebanyak 20 data. Data tersebut akan dimasukkan ke dalam *database* fitur, dimana *database* tersebut akan digunakan pada tahap klasifikasi. Hasilnya kadar elektrolit akan dikategorikan menjadi normal, hiponatremia, dan hipernatremia. Setelah itu, dilakukan evaluasi kinerja untuk mengetahui kinerja dari sistem yang dibuat menggunakan Persamaan 6.

$$Akurasi = \frac{\sum Data\ benar}{\sum Data\ keseluruhan} \times 100\% \quad (6)$$

Pengklasifikasian dilakukan dengan menggunakan k-NN dan menggunakan 2 fitur serta dibandingkan dengan 1 fitur, dimana 2 fitur adalah konsentrasi yang diperoleh dari 2 referensi (110 & 140 mmol/L), dan 1 fitur adalah konsentrasi terpilih dari cairan sampel. Selain itu, dilakukan juga pengujian menggunakan metode perhitungan jarak *Euclidean*, *City-Block*, *Chebyshev*, dan *Minkowski*.

3.3 Akuisisi data

Akuisisi data merupakan hal terpenting yang bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang dihasilkan elektroda. Adapun parameter pengujian yang dilakukan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pengujian nilai kadar elektrolit dan pengujian performa. Data yang akan diambil untuk dilakukan pengklasifikasian adalah data yang memiliki tingkat akurasi di atas 75% dan diambil sebanyak 50 data. Kemudian data tersebut akan dibagi menjadi 30 data latih, 20 data uji. Pada data latih terdiri dari 15 data hiponatremia, 9 data normal, dan 6 data hipernatremia. Sedangkan untuk data uji terdiri dari 10 data hiponatremia, 6 data normal, dan 4 data hipernatremia.

4. Hasil dan Analisis

4.1 Hasil Pengujian Nilai Kadar Elektrolit

Pengujian nilai kadar elektrolit merupakan pengujian untuk menilai hasil yang dikeluarkan dari *ion selective electrode* (ISE). Pengujian ini dilakukan dengan cara menguji beberapa macam sampel cairan NaCl yang sudah diketahui nilai kadarnya. Setelah itu, hasil tegangan yang dihasilkan oleh ISE dikonversikan menjadi besar

nilai kadar elektrolit sampel menggunakan Persamaan 1. Sampel yang digunakan terdiri dari kadar 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, dan 154 mmol/L.

Untuk memperoleh hasil nilai kadar elektrolit, diperlukan pengukuran tegangan cairan standar dimana cairan ini akan dijadikan referensi dalam perhitungan untuk mendapatkan nilai kadar elektrolit yang dicari. Pengukuran tegangan cairan standar dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan dengan nilai konsentrasi 110 dan 140 mmol/L. Pada setiap percobaan tegangan diukur setiap 5 detik dari mulai detik ke 15 hingga detik ke 35, kemudian hasil dari tegangan tersebut dirata-ratakan untuk mendapat nilai rata-rata setiap konsentrasi pada setiap percobaan. Dari hasil rata rata pada setiap percobaan kemudian dihitung nilai rata-rata dari setiap konsentrasi untuk keseluruhan. Tabel 1 merupakan hasil nilai rata-rata pada keseluruhan percobaan.

Tabel 1. Hasil rata-rata tegangan cairan standard

Percobaan Ke	Hasil (mV)	
	110 mmol/L	140 mmol/L
1	78,68	86,18
2	92,04	107,72
3	90,1	104,52
4	92,5	104,8
5	95,84	103,32
6	97,98	106
7	99,48	104,92
8	102,52	103,54
9	104,36	106,06
10	97,82	105,96
Rata-rata	95,132	103,302

Setelah mendapatkan nilai standar untuk 110 mmol/L yaitu 95,135 mV dan untuk 140 mmol/L yaitu 103,302 mV, dilakukan pengukuran tegangan cairan sampel yang telah disebutkan pada poin 4.1.1 dengan cara yang sama, yaitu mengukur tegangan yang terbaca dengan jarak waktu 5 detik dimulai dari 15 hingga 35 detik. Kemudian dihitung nilai rata-rata setiap percobaan pada setiap sampel. Setiap sampel dilakukan percobaan sebanyak 10 kali, kemudian diukur nilai tegangan cairan sampel per konsentrasi untuk keseluruhan percobaan. Setelah mendapatkan nilai rata-rata cairan sampel, dilakukan konversi menggunakan Persamaan 1 untuk mendapatkan nilai kadar elektrolit. Jika nilai rata-rata tegangan sampel dibawah nilai tegangan cairan standar 140 mmol/L maka nilai referensi yang dipakai adalah nilai tegangan cairan standar 110 mmol/L. Jika nilai tegangan cairan sampel diatas nilai tegangan cairan standar 140 mmol/L maka tetap digunakan nilai referensi tegangan cairan standar 140 mmol/L. Tabel 2 dan Tabel 3 merupakan hasil nilai tegangan rata-rata pada cairan sampel dan hasil konversi ke nilai kadar elektrolit.

Tabel 2. Hasil nilai tegangan rata-rata pada cairan sampel dan hasil konversi (1)

		Cairan 110 mmol/L	Cairan 115 mmol/L	Cairan 120 mmol/L	Cairan 125 mmol/L	Cairan 130 mmol/L
Rata-rata Tegangan Cairan Sampel (mV)		95,166	97,972	97,604	99,424	100,466
ΔE (mV)	110 mmol/L	0,034	2,84	2,472	4,292	5,334
	140 mmol/L	-8,136	-5,33	-5,698	-3,878	-2,836
Hasil Konversi (mmol/L)	110 mmol/L	110,0906	117,8273	116,7825	122,0419	125,159
	140 mmol/L	167,8369	157,661	158,9596	152,64	149,1357

Tabel 3 Hasil nilai tegangan rata-rata pada cairan sampel dan hasil konversi (2)

		Cairan 135 mmol/L	Cairan 140 mmol/L	Cairan 145 mmol/L	Cairan 150 mmol/L	Cairan 154 mmol/L
Rata-rata Tegangan Cairan Sampel (mV)		102,082	103,364	104,022	105,156	105,898
ΔE (mV)	110 mmol/L	6,95	8,232	8,89	10,024	10,766
	140 mmol/L	-1,22	0,062	0,72	1,854	2,596
		110mmol/L	130,1515	134,2533	136,4086	140,2045
						142,7453

Hasil Konversi (mmol/L)	140 mmol/L	143,8593	140,1936	142,2649	145,9068	148,34
-------------------------	------------	----------	----------	----------	----------	--------

Sebagai contoh, pada Tabel 2 nilai rata-rata tegangan cairan sampel 110 mmol/L adalah 95.166 mV. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai rata-rata cairan standar 140 mmol/L yaitu 103.302, maka hasil konversi yang digunakan adalah 110,0906 mmol/L dimana nilai kadar elektrolit tersebut menggunakan tegangan standar 110 mmol/L sebagai referensi. Untuk nilai rata-rata tegangan sampel 150 mmol/L (Tabel 3) diperoleh nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai rata-rata tegangan cairan standar 140 mmol/L, maka nilai konversi yang digunakan adalah 145,9068 mmol/L.

4.2 Hasil Pengujian Waktu Kalibrasi

Untuk mengetahui keakuratan dari alat ini, dilakukan pengujian performa. Pengujian performa dilakukan dengan uji waktu kalibrasi. Untuk menentukan akurasi performa sistem digunakan Persamaan 7 [9]

$$Akurasi = \left(1 - \frac{error}{konsentrasi\ cairan\ yang\ diketahui}\right) \times 100\% \quad (7)$$

dimana nilai *error* adalah konsentrasi sampel dikurang data konsentrasi cairan diketahui. Uji waktu kalibrasi dilakukan dengan cara melakukan pengujian dengan waktu yang berbeda saat kalibrasi. Jarak waktu pengujian dengan kalibrasi terakhir dan perawatan berkala (*deproteinizing & conditioning*) termasuk parameter penting untuk menguji performa dari alat ini. *Deproteinizing* merupakan cara menghilangkan protein dan lemak pada saluran ISE menggunakan cairan pembersih atau dengan cairan aquades. *Conditioning* adalah cara untuk melakukan rekondisi dengan cara mengganti cairan pada ISE.

Setelah mendapatkan nilai kadar elektrolit pada poin 4.1, dilakukan pengujian waktu kalibrasi untuk mengetahui berapa kali dilakukan kalibrasi agar mendapatkan nilai yang maksimal. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran tegangan cairan standar diantara pengukuran tegangan cairan sampel. Sebagai contoh, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu, lalu dilakukan pengukuran 2 cairan sampel yang berbeda, dan kemudian dilakukan pengukuran tegangan cairan standar kembali. Dengan harapan, tingkat akurasi akan semakin tinggi karena nilai tegangan cairan standar yang terus berubah.

Pada pengujian ini dilakukan 5 skema pengujian, dimana skema 1 dilakukan kalibrasi setiap selesai melakukan satu kali percobaan cairan sampel. Skema 2 dilakukan kalibrasi setelah selesai melakukan dua kali percobaan cairan sampel, sedangkan skema 3 dilakukan setelah melakukan tiga kali percobaan cairan sampel. Skema 4 dilakukan 2 kali kalibrasi, masing masing dilakukan setelah lima kali percobaan cairan sampel. Skema 5 dilakukan hanya satu kali kalibrasi diawal percobaan untuk 10 cairan sampel. Pada Tabel 4, merupakan hasil konversi nilai kadar elektrolit yang dilakukan dengan cara yang sama pada poin 4.1 dan juga berdasarkan Persamaan 1 serta mendapatkan tingkat akurasinya menggunakan Persamaan 7.

Tabel 4. Tabel Akurasi Kalibrasi

Konsentrasi (mmol/L)	Hasil Konsentrasi (mmol/L)					
	Skema 1	Akurasi Skema 1	Skema 2	Akurasi Skema 2	Skema 3	Akurasi Skema 3
110	110,259	99,76%	110,452	99,59%	112,259	97,95%
115	115,067	99,94%	115,483	99,58%	115,113	99,90%
120	120,468	99,61%	120,133	99,89%	120,103	99,91%
125	125,988	99,21%	126,961	98,43%	125,419	99,66%
130	130,741	99,43%	130,2	99,85%	129,262	99,43%
135	135,085	99,94%	141,884	94,90%	135,484	99,64%
140	140,234	99,83%	140,748	99,47%	140,657	99,53%
145	145,225	99,84%	145,01	99,99%	146,712	98,82%
150	150,242	99,84%	148,376	98,92%	152,234	98,51%
154	154,482	99,69%	154,046	99,97%	154,212	99,86%
Akurasi Rata-Rata	99,71%		99,06%		99,32%	
Konsentrasi (mmol/L)	Skema 4	Akurasi Skema 4	Skema 5	Akurasi Skema 5		
110	110,059	99,95%	110,127	99,88%		
115	115,109	99,91%	115,729	99,37%		
120	120,778	99,35%	121,126	99,06%		
125	141,272	86,98%	140,93	87,26%		
130	147,656	86,42%	147,045	86,89%		
135	120,683	89,39%	142,336	94,57%		
140	140,434	99,69%	141,163	99,17%		

145	145,45	99,69%	145,753	99,48%
150	147,948	98,63%	148,431	98,95%
154	152,837	99,24%	185,897	79,29%
Akurasi Rata-Rata	95,93%		94,39%	

4.3 Hasil Klasifikasi Elektrolit

Klasifikasi elektrolit adalah tahapan untuk mengklasifikasikan kadar elektrolit kedalam kondisi normal, hipoatremia, dan hiperatremia. Proses pengklasifikasian diawali dengan pengukuran tegangan cairan uji yang dihasilkan oleh *ion selective electrode* dibandingkan dengan tegangan cairan latih yang sudah ada. Pada Penelitian ini, digunakan metode k-NN sebagai metode pengklasifikasian dengan menggunakan nilai $K = 1, 2, 5, 7$ dan perhitungan jarak menggunakan metode *Euclidean*, *City-Block*, *Chebyshev*, dan *Minkowski*. Setelah itu, dilakukan evaluasi kerja dengan menggunakan Persamaan 6.

Klasifikasi elektrolit dilakukan dengan menggunakan k-NN dengan menggunakan 1 fitur dan juga 2 fitur disetiap perhitungan jarak. Selain itu, dilakukan penghitungan *threshold* dengan manual dari hasil yang dikeluarkan dari *ion selective electrode* dan dikonversikan menggunakan Persamaan 1. Untuk data 1 fitur, digunakan data hasil konsentrasi terpilih dari *ion selective electrode*, sedangkan untuk data 2 fitur digunakan data yang berasal dari 2 konsentrasi cairan standar (110 & 140 mmol/L).

Nilai akurasi tertinggi yang diperoleh dari 2 tipe data adalah 75% dengan menggunakan metode k-NN dengan pengukuran jarak *Euclidean*, *City-Block*, *Chebyshev*, dan *Minkowski* dengan nilai $k=1$ dan juga $k=3$. Sedangkan perhitungan menggunakan *threshold* secara manual mendapatkan nilai akurasi pada setiap kelompok diperoleh nilai akurasi untuk hipoatremia 60%, normal 50%, dan hiperatremia 100%.

5. Kesimpulan

Pengukuran kadar elektrolit Natrium membutuhkan *Ion Selective Electrode* dikarenakan terdapat membran yang dapat memisahkan kandungan natrium dalam cairan sampel. Dari tegangan yang dihasilkan ISE dapat dikonversikan menjadi kadar elektrolit, namun membutuhkan cairan standar, yaitu 110 mmol/L dan 140 mmol/L. Selain itu, nilai kadar elektrolit sangat dipengaruhi dari kondisi ISE yang digunakan. Parameter yang berpengaruh adalah pengukuran kalibrasi dan melakukan pembersihan menggunakan aquades secara teratur. Pengujian ini dilakukan dengan larutan sampel 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, dan 154 mmol/L. Hasil dari pengujian kalibrasi adalah diperoleh tingkat akurasi yang tinggi, yaitu 99,7% dengan melakukan kalibrasi setiap satu kali pembacaan cairan sampel. Sedangkan untuk pengelompokan, nilai akurasi tertinggi adalah 75% dengan menggunakan metode k-NN 1 fitur dengan pengukuran jarak *Euclidean*, *City-Block*, *Chebyshev*, dan *Minkowski* dengan nilai $k=1$ dan juga $k=3$. Dimana nilai untuk hipoatremia adalah 60%, sedangkan untuk hiperatremia adalah 100% dan untuk normal adalah 83,33%.

Daftar Pustaka:

- [1] R. Yaswir and I. Ferawati, "Tinjauan Pustaka Fisiologi dan Gangguan Keseimbangan Natrium, Kalium dan Klorida serta Pemeriksaan Laboratorium," vol. 1, no. 2, pp. 80–85, 2012.
- [2] M. M. Horne and P. L. Swearingen, *Keseimbangan Cairan, Elektrolit dan Asam basa*, 2nd ed. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, 2001.
- [3] A. Tamsuri, *Klien gangguan keseimbangan cairan dan elektrolit*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, 2008.
- [4] A. Intakes and N. Board, "Understanding Nutrition, Fourteenth Edition," *Nutr. Rev.*, vol. 62, no. 10, pp. 400–401, 2004.
- [5] G. Priest, B. Smith, and B. Heitz., *9180 Electrolyte Analyzer Operator 's Manual*. 1996.
- [6] K. Chomboon, P. Chujai, P. Teerarassamdee, K. Kerdprasop, and N. Kerdprasop, "An Empirical Study of Distance Metrics for k-Nearest Neighbor Algorithm," no. January 2015, pp. 280–285, 2015.
- [7] D. T. Larose and C. D. Larose, *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining: Second Edition*, vol. 9780470908. 2014.
- [8] A. R. L. Francisco, *The Top Ten Algorithms in Data Mining, Chapman & Hall/CRC Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 53, no. 9. 2013.
- [9] M. Nishom, "Perbandingan Akurasi Euclidean Distance, Minkowski Distance, dan Manhattan Distance pada Algoritma K-Means Clustering berbasis Chi-Square," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 4, no. 1, pp. 20–24, 2019.