BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan menjelaskan data hasil pengujian serta analisis data pengujian yang dilakukan pada Sistem Pengukur Tingkat Keasaman dan Kadar Oksigen Terlarut dengan Teknologi Film Tebal berbasis Arduino. Hasil pengujian ini meliputi pengujian perangkat keras, pengujian algoritma, dan pengujian keseluruhan sistem.

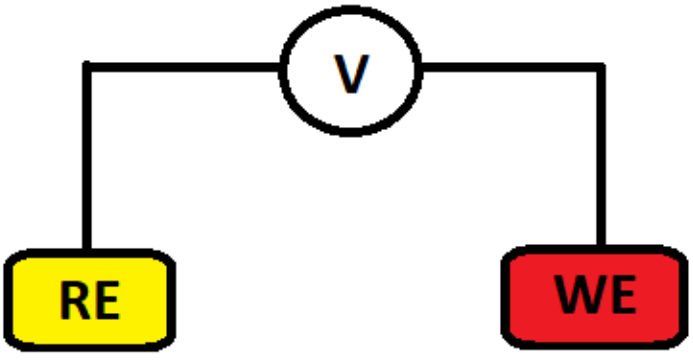
4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian Perangkat Keras untuk Sistem Pengukur Tingkat Keasaman dan Kadar Oksigen Terlarut dengan Teknologi Film Tebal berbasis Arduino meliputi bagian Sensor, Penguat, indikasi LED, dan Display. Data hasil pengujian yang ditampilkan berupa grafik keberhasilan sistem yang diukur dari kesamaan tujuannya dilakukan perancangan sistem itu sendiri. Data hasil pengukuran dapat di simpan ke memori mikrokontroler sehingga pengukuran dapat dilakukan lebih praktis. Dibawah ini adalah gambar dari Sistem Pengukur Tingkat Keasaman dan Kadar Oksigen terlarut dengan Teknologi Film Tebal berbasis Arduino. Sistem tersebut adalah hasil implementasi dari digunakannya Teknologi Film Tebal.



Gambar 4.1 Sistem Pengukur pH dan DO

4.1.1 Pengujian dan Analisis Sensor pH

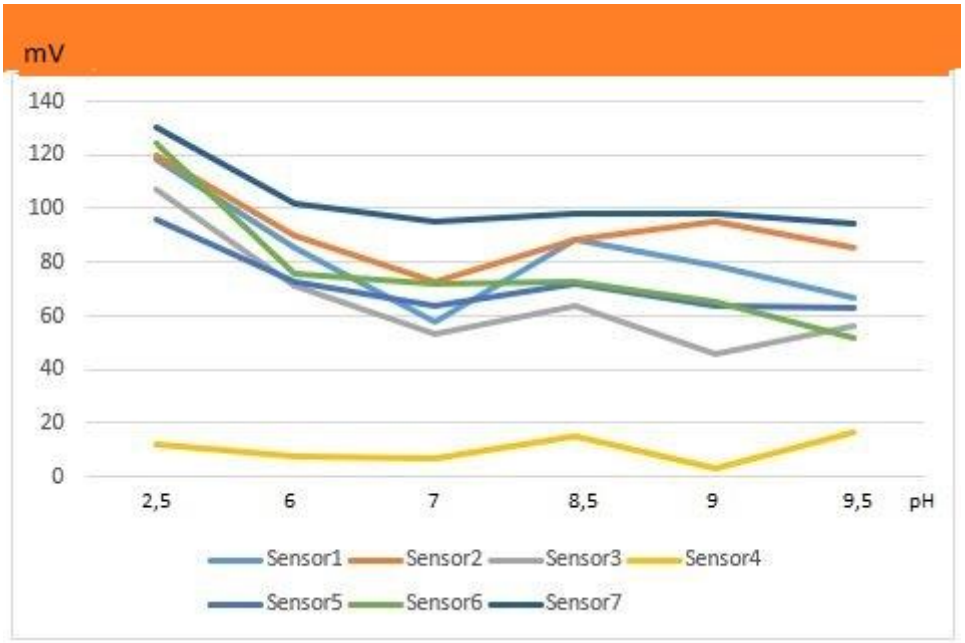


Gambar 4. 2 Pengukuran Sensor pH

Sensor pH dibuat melalui beberapa proses seperti yang telah dijelaskan pada bab III. Hasil pengukuran secara langsung dilakukan pada reference ectrode dan working electrode. Tujuan pengukuran antara kedua bagian elektroda terseut berfungsi untuk melihat perubahan tegangan yang terjadi pada masing-masing pH yang berbeda. Sensor yang akan diukur terdiri atas 7 buah sensor. Pentingnya pengukuran pada ke-7 buah sensor tersebut adalah untuk menilai keseragaman yang terjadi pada tiap-tiap sensor. Dengan banyaknya pengukuran pada beberapa sensor juga dapat menilai, memilah, dan menganailisis mana sensor yang paling baik hasil dari manufakturnya. Hasil dari pengukuran ke-7 buah sensor tersebut tertuang pada tabel 4.1 tentang pengujian sensor pH sebagia berikut:

Tabel 4. 1 Pengujian Sensor pH

Sensor	pH					
	2,5	6	7	8,5	9	9,5
Sensor1	118 mV	85 mV	58 mV	88 mV	79 mV	67 mV
Sensor2	120 mV	90 mV	73 mV	88 mV	95 mV	85 mV
Sensor3	107 mV	71 mV	53 mV	64 mV	46 mV	56 mV
Sensor4	12 mV	8 mV	7 mV	15 mV	3 mV	17 mV
Sensor5	96 mV	73 mV	64 mV	72 mV	64 mV	63 mV
Sensor6	124 mV	76 mV	72 mV	73 mV	65 mV	52 mV
Sensor7	130 mV	102 mV	95 mV	98 mV	98 mV	94 mV

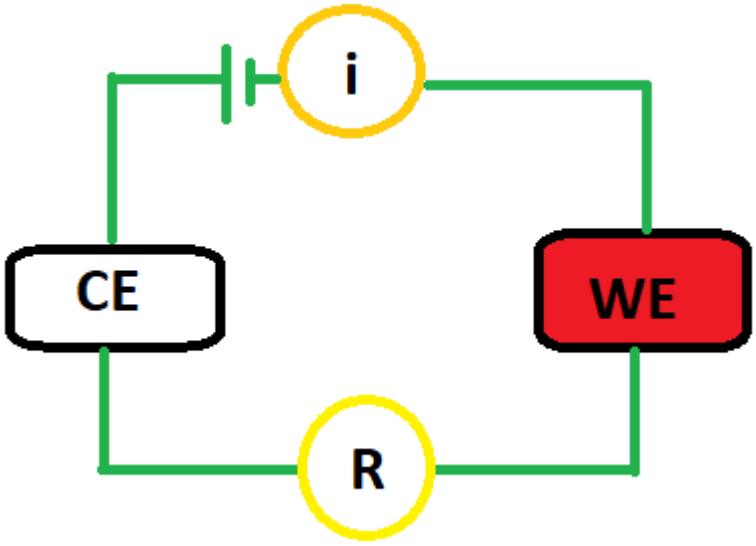


Gambar 4. 3 Grafik Pengujian Sensor pH

Grafik pengujian sensor pH pada Gambar 4.3 diatas adalah nilai rata-rata pengukuran yang dilakukan hanya sekali saja dari beberapa sensor hasil fabrikasi. Kelinieritasan yang ditunjukan grafik diatas menunjukan kurang ideal kemungkinan kesalahan terjadi pada pembuatan sensor. Karena grafik yang kelinieritasannya ideal memiliki kemiringan sudut sekitar 59^0 sedangkan Grafik diatas kurang daripada itu.

Beberapa hal yang mungkin mempengaruhi kurang idealnya hasil pengukuran adalah bahan yang digunakan, kesalahan pembuatan, ausnya sensor, dan media pengukuran yang digunakan. Dan kemungkinan-kemungkinan lain yang dapat merusak sistem kerja sensor seperti pengaruh umur sensor dari hasil jadi menuju pengukuran, kotoran udara yang menempel pada sensor, dan human eror memiliki kemungkinan yang relatif sangat kecil.

4.1.2 Pengujian dan Analisis Sensor DO



Gambar 4. 4 Pengukuran Sensor DO

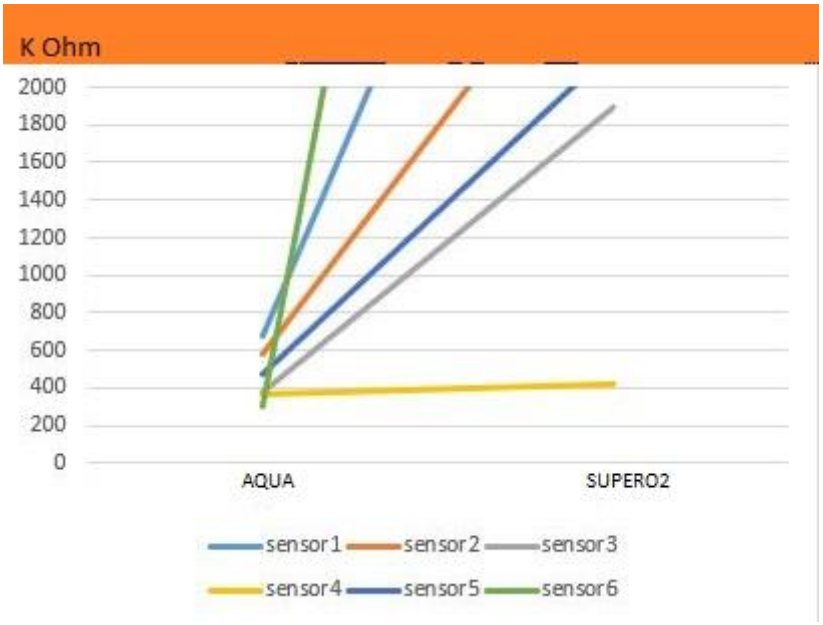
Dalam hal ini pengukuran dilakukan antara counter electrode dan working electrode. Arus dan resistansi dikukur pada kedua bilah batang tersebut. Pengukuran tersebut bertujuan untuk mendapatkan karakteristik dari masing-masing sensor yang di ukur. Seelain itu sensor yang di ukur dalam pengujian terdiri atas 7 buah sensor. Dengan banyaknya sensor yang digunakan dalam pengukuran ini di harapkan dapat mensimpulkan karakteristik dari proses fabrikasi dan menilai seberapa baik tingkat keseragaman hasil dari fabrikasi sensor dengan teknik screen printing. Adapun pada proses pengukuran arus tegangan yang di suplai adalah 5 V. Pengukuran akan dilakukan pada dua mediasi air minum AQUA dan air minum SUPERO$_2$. Yang mendasari penggunaan air ini adalah kandungan oksigen antara keduanya berbeda yakni pada AQUA 10 ppm dan pada SUPERO$_2$ 100 ppm.

a. Perubahan Resistansi

Dalam melakukan pengukuran untuk mengetahui perubahan resistansi yang terjadi pada sensor DO maka dapat digunakan multimeter analog atau digital. Input masukkan ke multimuter di pasang pada working electode dan counter electrode. Resistansi akan diukur pada saat sensor ada di dalam air yang diukur. Pengukuran tersebut tujuannya untuk mengetahui pengaruh oksigen terlarut dalam air terhadap hambatan yang terjadi antara counter elctrode dan working electrode. Pada tabel 4.2 ditunjukkan tentang hasil pengukuran rsistansi pada sensor DO sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Resistansi pada Sensor DO

Resistansi		
Sensor	AQUA (Kilo Ohm)	SUPERO2 (Kilo Ohm)
sensor1	673	>2000
sensor2	574	>2000
sensor3	377	1889
sensor4	371	415
sensor5	468	>2000
sensor6	301	>2000



Gambar 4. 5 Karakterisasi Sensor DO untuk Resistansi

Berdasarkan Grafik yang di tunjuukkan pada gambar 4.5 tentang karakterisasi sensor DO untuk resistansi dan Tabel 4.2 tentang hasil pengukuran resistansi pada sensor DO bahwa resistansi sensor pada air AQUA memiliki rentang antara 301 Kilo Ohm sampai 673 Kilo Ohm. Sedangkan hasil pengukuran pada air minum $SUPERO_2$ menunjukkan karakterisasi bahwa pada sensor1, sensor2, sensor5, dan sensor6 melebihi ukuran maximum yang dapat dilakukan oleh multimeter. Oleh karena itu sensor yang melebihi batas maximum yang dapat diukur oleh multimeter proses visualisasinya dibantu oleh pengukuran arus untuk menunjukan karakterisasi dari sensor tersebut.

b. Perubahan Arus

Untuk melakukan pengukuran arus yang pada sensor DO maka yang harus pertama kali dilakukan adalah memberikan tegangan input ke counter electrode. Tegangan yang diberikan dalam perancangan ini

sebesar 5 volt. Untuk melakukan pengukuran arus dengan menggunakan multimeter atau elektrometer dapat menempelkan 2 bilah input masukan ke sensor yang selanjutnya akan menjadi input masukan pada alat ukur. Data yang akan diambil adalah data pada saat sensor ada dalam air. Tujuannya dilakukan pengukuran arus pada sensor DO adalah untuk mengetahui pengruh kadar oksigen terlarut dalam air terhadap arus listrik yang dapat mengalir antara kedua elektroda tersebut. Selain dari pada itu pengukuran dalam penelitian ini sensor terdiri atas 7 buah sensor. Dengan banyaknya penggunaan sensor yang dilakukan pengukuran diharapkan penelitian ini dapat memeberikan kesimpulan dari proses fabrikasi sensor yang dilakukan dan jugaa untuk melihat keseragaman yang dihasilkan dari masing-masing sensor. Berikut ini adalah hasil dari pengukuran arus pada sensor DO yang tertuang dalam tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Arus pada Sensor DO

Arus		
Sensor	AQUA (mA)	SUPERO2 (mA)
sensor1	1	0,6
sensor2	2	1,5
sensor3	2,5	2
sensor4	1,9	1,5
sensor5	1,6	0,8
sensor6	3	0,3



Gambar 4. 6 Karakterisasi Arus pada Sensor DO

Berdasarkan Gambar 4.6 tentang karakterisasi arus pada sensor DO dan tabel 4.3 tentang hasil pengukuran arus pada sensor DO diatas memiliki karakterisasi yang beragam. Karakterisasi dari sensor1 sampai sensor6 memiliki kemiripan yaitu cenderung menunjukan arus yang lebih kecil pada proses pengukuran air minum SUPERO2. Dan sensor yang memiliki perubahan signifikan terhadap kedua air minum tersebut terjadi pada sensor6 yang mana sensor tersebut mampu melewati batas nilai minimum dan maksimum oleh sensor lainnya ketika berlangsunnya dilakukan pengukuran oleh multimeter.

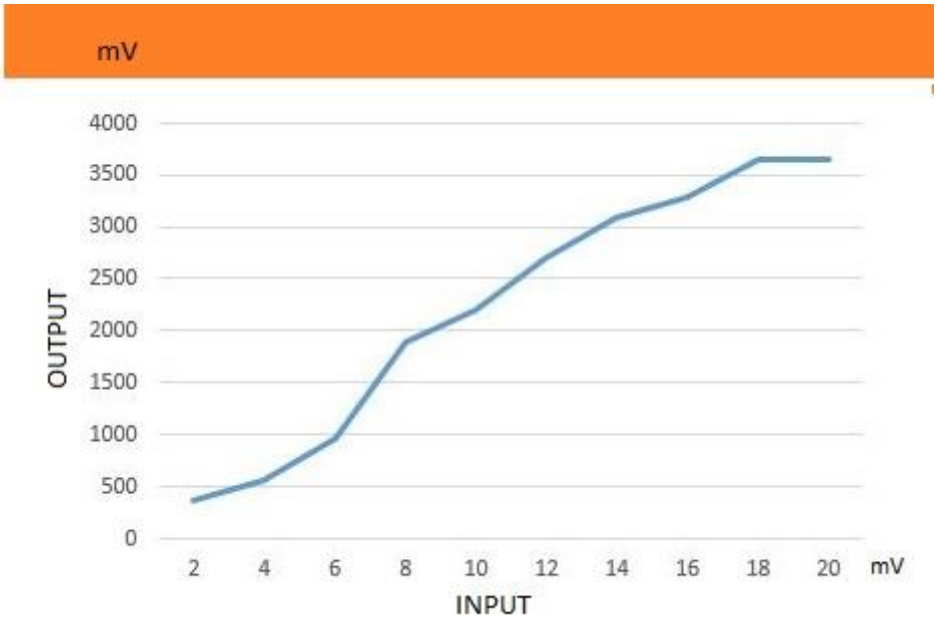
4.1.3 Pengujian Rangkaiaan Penguat Op-Amp

Untuk melakukan pengujian terhadap rangkianaan Op-Amp maka digunakanlah multimeter sebagai alat ukur. Yang harus diperhatikan dalalam pengukuran ini adalah bagian output dari rangkaiaan yang di ukur

terletak di daerah mana tegangan yang diberikan sebagai catu daya sampai berapa. Setelah itu input masukkan yang akan diberikan dan berapa tegangan output maksimal yang akan di hasikan. Adapun cara melakukan pengukuran terhadap rangkaiaan Op-Amp adalah memberikan input masukan terlebih dahulu. Dalam penelitian ini input masukkan yang diberikan antara 2 mV sampai 20 mV dan tegangan yang masuk dalam rangkaiaan sebesar 5 volt. Dari setiap input akan dicatat hasil keluaran tegangannya yang tujuannya untuk mengetahui niilai output dan penguatan yang dihasilkan oleh rangkaiaan. Sehingga dengan melakukan pengukuran seperti itu dapat memberikan gambaran dan kinerja yang dihasilkan dari rangkaian oP-Amp. Dibawah ini adalah hasil dari pengujian rangkaian penguat Op-Amp yang dituangkan pada tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Pengujian Rangkaiaan Penguat Op-Amp

Tegangan Input	Tegangan Output	Penguatan
2 mV	370 mV	185,00
4 mV	550 mV	137,50
6 mV	960 mV	160,00
8 mV	1900 mV	237,50
10 mV	2200 mV	220,00
12 mV	2700 mV	225,00
14 mV	3080 mV	220,00
16 mV	3290 mV	205,62
18 mV	3640 mV	202,22
20 mV	3640 mV	182,00
Rata-rata Penguatan		197



Gambar 4. 7 Tegangan Output rangkaiaan Op-Amp



Gambar 4. 8 Penguatan Rangkaiaan Op-Amp

Seperti yang terlihat pada tabel 4.4 tentang pengujian rangkaiaan penguat Op-Amp, gambar 4.7 tentang tegangan output rangkaiaan Op-Amp, dan gambar 4.8 tentang penguatan rangkaiaan Op-Amp diatas bahwa rangkaian penguatan Op-Amp yang digunakan pada perancangan ini

memiliki karakterisasi yang baik. Hal tersebut ditunjukan dengan hasil penguatan dan output tegangan yang dihasilkan yang cenderung sesuai dengan rumus nya yaitu memiliki sifat berbanding lurus antara penguatan dengan input tegangan. Pengukuran sendiri dilakukan pada posisi rangkaiaan tersebut dapat bekerja optimal yaitu antara 2mV sampai dengan 20 mV. Rata-rata penguatan yang dapat di hasilkan oleh rangkaiaan dalam perancangan ini dengan melakukan pengukuran menggunakan multimeter digital berkisar 197 kali dari output tegangan yang di hasilkan dan cenderung stabil. Sedangkan hasil perhitungan seperti pada pembahasan dalam bab sebelumnya bahwa penguatan yang dihasilkan adalah 164,79 kali. Nilai myang ditunjukkan antara hasil perhitungan dan pengukuran tidak sama namun berdekatan. Penyebab terjadinya ketidaksamaan tersebut terjadi karena kinerja dari Ic Op-Amp yang berada pada batas kemampuan dan kesalahan dalam proses pengukuran. Hal-hal lain yang mungkin menjadi penyebab terjadinya ketidaksamaan adalah perubahan resistansi yang disebabkan oleh timah penyolderan dan kabel.

4.1.4 Pengujian LCD 16 x 2

Untuk memastikan bahwa LCD yang digunakan dalam menampilkan data hasil pengukuran ini baik maka dapat dilakukan dengan cara menampilkan data karakter sederhana. Caranya adalah melihat kesesuaiaan antara karakter yang akan di tampilkan dan karakter yang tertampil pada LCD. Karena dalam perancangan ini LCD dilengkapi dengan menggunakan I_2C maka untuk mengatur intensitas cahaya yang tertampil dalam LCD dapat diatur melalui I_2C tadi. Dengan memutar resistor variabel

yang terdapat pada I_2C maka cahaya dapat diatur. Kemampuan yang dimiliki LCD ini hanya mampu menampilkan karakter sebanyak 32 buah. Dari setiap baris karakter memiliki 16 buah. Dalam perancangan ini baris atas pada LCD akan digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dari sensor pH. Sedangkan pada baris bawah digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dari Sensor DO.

4.2 Pengujian Algoritma

Pengujian Algoritma dilakukan untuk mengetahui baik atau buruknya suatu program yang dipakai. Dengan adanya pengujian ini diharapakan algoritma yang paling cocok dan ideal dengan perancangan ini didapatkan. Adapun algoritma-algoritma yang akan dilakukan pengujian dan juga dilakukan analisis adalah Algoritma Sensor pH, Algoritma Sensor DO, Analisis menampilkan data ke LCD, analisis Algoritma Indikasi LED, dan Analisis Penyimpanan data ke Memori.

4.2.1 Analisis Algoritma dari Sensor pH

Untuk mendapatkan ketepatan dalam proses sensing maka perlu adanya pengambilan data berulang kali dalam periode terntentu. Selain pengambilan data yang berulang juga harus dilakukan pengambilan data pada jenis tertentu untuk itu dibawah ini adalah kombinasi dari kedua pengambilan data tersebut.

1. Hasil Output Sensor pH pada pH 2,5

Untuk mendapatkan karakteristik dari Sensor pH yang dibuat maka diambil beberapa kali pengambilan data. Hal tersebut dilakukan untuk

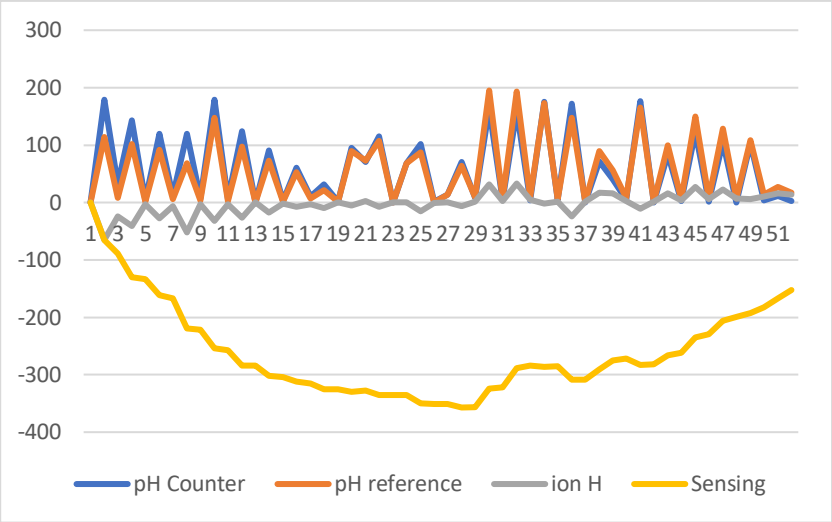
meningkatkan ketepatan pembacaan sensor yang diolah oleh mikrokontroler. 51 data diambil dengan menggunakan salah satu sensor setiap kali diberikan delay 300 ms. Hasil dari data-data yang diambil tersebut diubah kedalam bentuk integer, dibagi dengan banyaknya data yang digunakan, diakumulasikan dan diambil rata-rata nilai outputnya.

Dibawah ini adalah data yang dihasilkan setelah melakukan pemerosesan oleh mikrokontroler untuk jumlah sebanyak 50 data pada potensial hidrogen 2,5 yang ditunjukkan pada tabel 4.5 tentang karakterisasi sensor pH pada pH 2.5 sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Karakterisasi Sensor pH pada pH 2,5

waktu	pH Counter	pH refernce	Ion H	Sensing
300	0	0	0	0
600	179	114	-65	-65
900	32	8	-24	-89
1200	143	102	-41	-130
1500	4	1	-3	-133
1800	120	92	-28	-161
2100	12	6	-6	-167
2400	120	68	-52	-219
2700	7	4	-3	-222
3000	179	147	-32	-254
3300	6	3	-3	-257
3600	124	97	-27	-284
3900	0	0	0	-284
4200	91	73	-18	-302
4500	3	1	-2	-304
4800	61	53	-8	-312
5100	10	7	-3	-315
5400	32	22	-10	-325
5700	1	1	0	-325
6000	95	90	-5	-330
6300	70	73	3	-327
6600	115	107	-8	-335

6900	0	0	0	-335
7200	68	68	0	-335
7500	102	87	-15	-350
7800	1	0	-1	-351
8100	14	14	0	-351
8400	70	64	-6	-357
8700	8	9	1	-356
9000	163	195	32	-324
9300	5	7	2	-322
9600	160	193	33	-289
9900	4	9	5	-284
10200	175	173	-2	-286
10500	5	6	1	-285
10800	172	148	-24	-309
11100	0	1	1	-308
11400	72	89	17	-291
11700	40	56	16	-275
12000	5	8	3	-272
12300	176	165	-11	-283
12600	0	1	1	-282
12900	84	100	16	-266
13200	2	6	4	-262
13500	123	150	27	-235
13800	1	7	6	-229
14100	105	128	23	-206
14400	0	7	7	-199
14700	103	109	6	-193
15000	4	14	10	-183
15300	11	27	16	-167



Gambar 4. 9 Hasil output Sensor pH pada pH 2,5

Dari data yang didapatkan terlihat jelas bahwa nilai perpindahan ion H terhadap waktu memiliki nilai yang berbeda-beda. Counter elektroda dan juga elektroda reference memiliki nilai fluktuasi yang berbeda-beda terhadap waktu tertentu. Nilai akumulasi perpindahan ion H dalam waktu 15300 ms sebanyak -167, itu artinya kandungan ioan H yang terdapat pada larutan terukur bersifat asam. Proses pertukaran ion H mengakibatkan penyetabilan terjadi antara larutan dengan sensing. Grafik sensing diatas menunjukan titik puncak akan terjadi setelah sensor melewati waktu antara 5100 ms sampai dengan 9900 ms.

2. Hasil Output Sensor pH pada pH 6

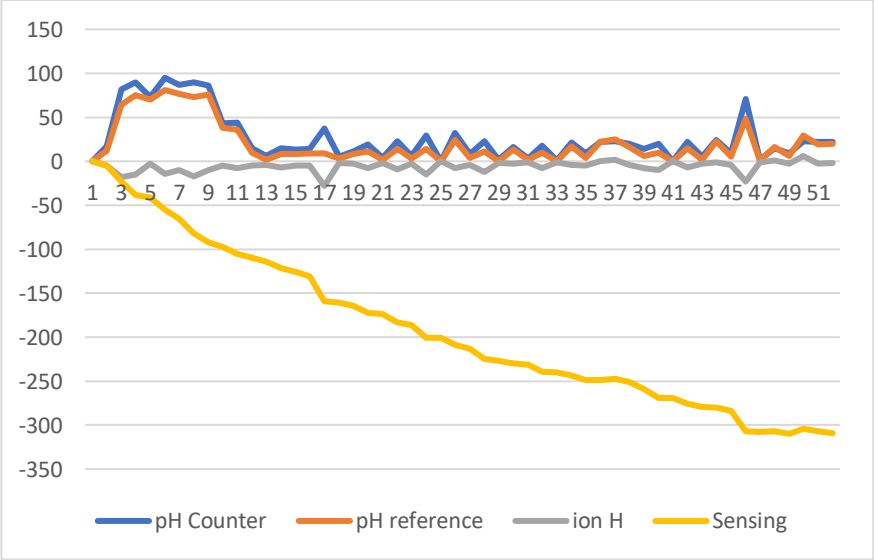
Untuk mengetahui kinerja dan karakteristik sensor pH maka dilakukan lah pengambilan data dari sensor pada pH 6. Sensor akan di masukkan kedalam larutan uji sampai data didapat sebanyak 50 buah. Setiap data akan di ambil dalam rentang waktu 300 ms. Dengan menggunakan serial monitor maka input data dari sensor akan tertampil.

Pengambilan data yang sampai 50 buah bertujuan untuk mendapatkan nilai data yang akurat. Dalam tabel 4.6 tentang hasil output sensor pH pada pH 6 data dimuat sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Hasil Output Sensor pH pada pH 6

waktu (ms)	pH Counter	pH reference	ion H	Sensing
300	0	0	0	0
600	17	12	-5	-5
900	82	64	-18	-23
1200	90	75	-15	-38
1500	73	70	-3	-41
1800	95	81	-14	-55
2100	87	77	-10	-65
2400	90	73	-17	-82
2700	86	76	-10	-92
3000	43	38	-5	-97
3300	44	36	-8	-105
3600	15	10	-5	-110
3900	6	2	-4	-114
4200	15	8	-7	-121
4500	13	8	-5	-126
4800	14	9	-5	-131
5100	37	9	-28	-159
5400	5	3	-2	-161
5700	11	8	-3	-164
6000	19	11	-8	-172
6300	4	2	-2	-174
6600	23	14	-9	-183
6900	6	3	-3	-186
7200	29	14	-15	-201
7500	0	0	0	-201
7800	32	24	-8	-209
8100	8	4	-4	-213
8400	23	11	-12	-225
8700	2	0	-2	-227
9000	16	13	-3	-230
9300	3	2	-1	-231
9600	18	10	-8	-239
9900	1	0	-1	-240
10200	21	17	-4	-244
10500	9	4	-5	-249

10800	22	22	0	-249
11100	23	25	2	-247
11400	20	16	-4	-251
11700	14	6	-8	-259
12000	20	10	-10	-269
12300	0	0	0	-269
12600	22	15	-7	-276
12900	5	2	-3	-279
13200	24	23	-1	-280
13500	9	5	-4	-284
13800	71	48	-23	-307
14100	2	1	-1	-308
14400	15	16	1	-307
14700	9	6	-3	-310
15000	23	29	6	-304
15300	22	19	-3	-307
15600	22	20	-2	-309



Gambar 4. 10 Hasil Output Sensor pH pada pH 6

Berdasarkan tabel 4.6 tentang hasil output sensor pH pada pH 6 dan gambar 4.10 tentang hasil output sensor pH maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data yang telah didapatkan karakterisasi sesor pH dengan menggunakan teknologi film tebal ini pada pH 6 ion H cenderung melakukan perpindahan yang bersifat negatif. Reaksi yang

terjadi antara sensor pH dan air pada pH 6 setiap waktu terus melakukan penyetabilan ion. Hal tersebut terjadi akbiat potensial hidrogen antara counter elektroda dan elektroda reference mengalami fluktuasi. Disisi lain hasil sensing menunjukan perbandingan waktu terhadap perpindahan ion H berbanding lurus. Itu artinya semakin lama proses sensing yang dilakukan maka semakin banyak ion yang melakukan perpindahan terhadap zat terukur.

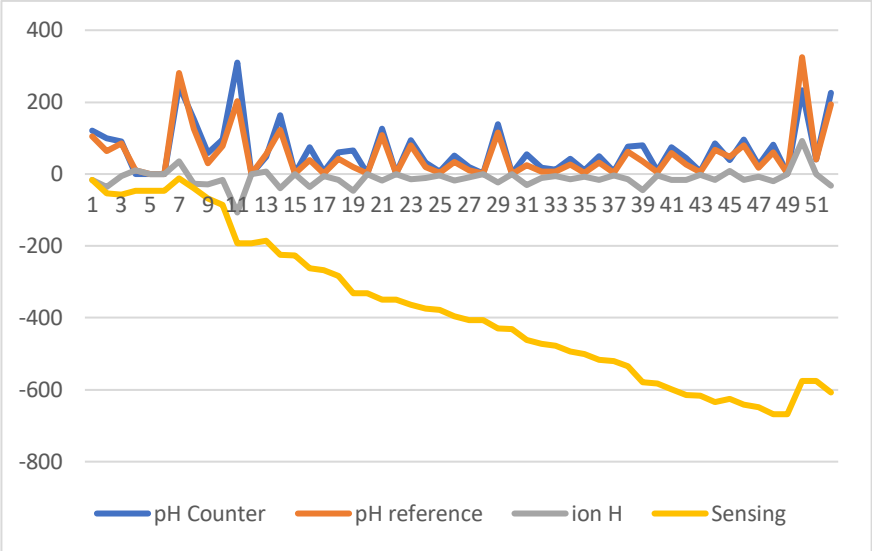
3. Hasil Output Sensor pH pada pH 7

Pengujian terhadap Air Kangen Water yang memiliki pH 7 dilakukan untuk mendapatkan kinerja dan karakteristik sensor pada pH ini. Sensor akan di masukkan kedalam larutan uji sampai data didapat sebanyak 50 buah. Setiap data akan di ambil dalam rentang waktu 300 ms. Dengan menggunakan serial monitor maka input data dari sensor akan tertampil. Pengambilan data yang sampai 50 buah bertujuan untuk mendapatkan nilai data yang akurat. Dalam tabel 4.7 tentang hasil output sensor pH pada pH 7 data dimuat sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Hasil Output Sensor pH pada pH 7

waktu (ms)	pH Counter	pH reference	ion H	Sensing
300	121	104	-17	-17
600	100	64	-36	-53
900	90	85	-5	-58
1200	0	11	11	-47
1500	0	0	0	-47
1800	0	0	0	-47
2100	246	281	35	-12
2400	153	126	-27	-39
2700	59	30	-29	-68
3000	95	78	-17	-85

3300	310	203	-107	-192
3600	0	0	0	-192
3900	48	55	7	-185
4200	163	123	-40	-225
4500	2	1	-1	-226
4800	74	38	-36	-262
5100	7	2	-5	-267
5400	60	43	-17	-284
5700	66	19	-47	-331
6000	2	2	0	-331
6300	127	108	-19	-350
6600	1	1	0	-350
6900	94	80	-14	-364
7200	31	20	-11	-375
7500	6	3	-3	-378
7800	51	33	-18	-396
8100	20	10	-10	-406
8400	2	2	0	-406
8700	139	115	-24	-430
9000	1	0	-1	-431
9300	55	24	-31	-462
9600	17	6	-11	-473
9900	12	7	-5	-478
10200	42	27	-15	-493
10500	11	4	-7	-500
10800	49	32	-17	-517
11100	7	4	-3	-520
11400	77	62	-15	-535
11700	80	36	-44	-579
12000	8	5	-3	-582
12300	74	58	-16	-598
12600	44	27	-17	-615
12900	7	5	-2	-617
13200	85	68	-17	-634
13500	38	47	9	-625
13800	95	79	-16	-641
14100	24	17	-7	-648
14400	81	61	-20	-668
14700	2	2	0	-668
15000	233	325	92	-576
15300	41	41	0	-576
15600	225	193	-32	-608



Gambar 4. 11 Hasil Output Sensor pH pada pH 7

Berdasarkan tabel 4.7 tentang hasil output sensor pH pada pH 7 dan gambar 4. 11 tentang hasil output sensor pH maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data yang telah didapatkan karakterisasi sesor pH dengan menggunakan teknologi film tebal ini pada pH 7 ion H cenderung melakukan perpindahan yang bersifat negatif. Reaksi yang terjadi antara sensor pH dan Air Kangen Water pada pH 7 setiap waktu terus melakukan penyetabilan ion. Hal tersebut terjadi akbiat potensial hidrogen antara counter elektroda dan elektroda reference mengalami fluktuasi. Disisi lain hasil sensing menunjukan perbandingan waktu terhadap perpindahan ion H berbanding lurus. Itu artinya semakin lama proses sensing yang dilakukan maka semakin banyak ion yang melakukan perpindahan terhadap zat terukur. Namun saat proses sensing yang ke 49 terjadi lonjakan kenaikan dari proses sensing sebelumnya.

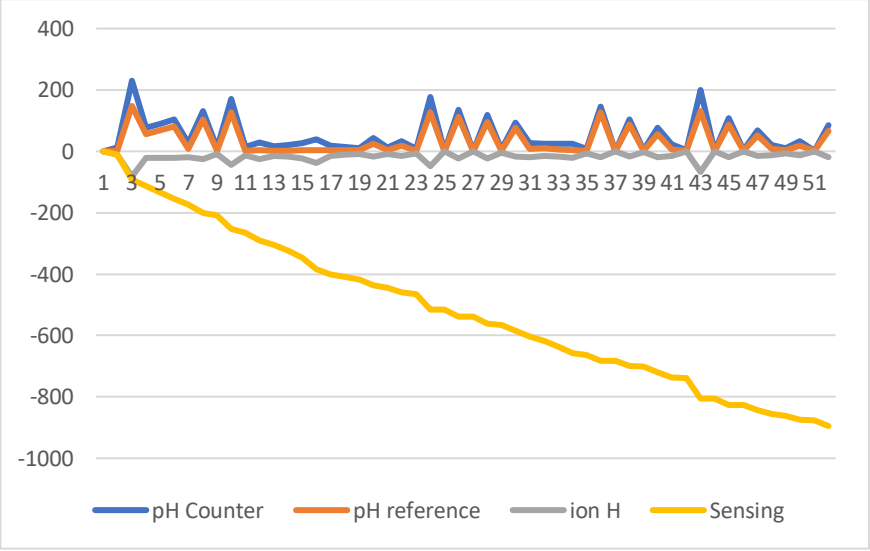
4. Hasil Output Sensor pH pada pH 8.5

Pengujian terhadap Air Kangen Water yang memiliki pH 8.5 dilakukan untuk mendapatkan kinerja dan karakteristik sensor pada pH ini. Sensor akan di masukkan kedalam larutan uji sampai data didapat sebanyak 50 buah. Setiap data akan di ambil dalam rentang waktu 300 ms. Dengan menggunakan serial monitor dan bantuan mikrokontroler sebagai pemeroses data maka input data dari sensor akan tertampil. Pengambilan data yang sampai 50 buah bertujuan untuk mendapatkan nilai data yang akurat. Dalam tabel 4.8 tentang hasil output sensor pH pada pH 8.5 data dimuat sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Hasil Output Sensor pH pada pH 8,5

waktu (ms)	pH Counter	pH reference	ion H	Sensing
300	0	0	0	0
600	12	2	-10	-10
900	230	148	-82	-92
1200	76	55	-21	-113
1500	90	69	-21	-134
1800	103	82	-21	-155
2100	26	7	-19	-174
2400	130	104	-26	-200
2700	10	1	-9	-209
3000	171	127	-44	-253
3300	14	2	-12	-265
3600	29	3	-26	-291
3900	16	2	-14	-305
4200	20	2	-18	-323
4500	27	3	-24	-347
4800	40	3	-37	-384
5100	19	3	-16	-400
5400	14	4	-10	-410
5700	11	3	-8	-418
6000	43	25	-18	-436
6300	12	3	-9	-445
6600	34	19	-15	-460
6900	8	2	-6	-466
7200	176	127	-49	-515

7500	0	0	0	-515
7800	135	112	-23	-538
8100	0	0	0	-538
8400	119	95	-24	-562
8700	5	1	-4	-566
9000	94	76	-18	-584
9300	27	8	-19	-603
9600	24	9	-15	-618
9900	24	6	-18	-636
10200	25	4	-21	-657
10500	8	2	-6	-663
10800	146	127	-19	-682
11100	0	0	0	-682
11400	104	87	-17	-699
11700	3	1	-2	-701
12000	76	56	-20	-721
12300	22	6	-16	-737
12600	3	2	-1	-738
12900	200	132	-68	-806
13200	0	0	0	-806
13500	108	88	-20	-826
13800	3	2	-1	-827
14100	68	52	-16	-843
14400	21	8	-13	-856
14700	10	4	-6	-862
15000	32	19	-13	-875
15300	2	1	-1	-876
15600	86	67	-19	-895



Gambar 4. 12 Hasil Output Sensor pada pH 8,5

Berdasarkan tabel 4.8 tentang hasil output sensor pH pada pH 8.5 dan gambar 4.12 tentang hasil output sensor pH maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data yang telah didapatkan karakterisasi sesor pH dengan menggunakan teknologi film tebal ini pada pH 8.5 ion H cenderung melakukan perpindahan yang bersifat negatif. Reaksi yang terjadi antara sensor pH dan Air Kangen Water pada pH 8.5 setiap waktu terus melakukan penyetabilan ion. Hal tersebut terjadi akbiat potensial hidrogen antara counter elektroda dan elektroda reference mengalami fluktuasi. Disisi lain hasil sensing menunjukan perbandingan waktu terhadap perpindahan ion H berbanding lurus. Itu artinya semakin lama proses sensing yang dilakukan maka semakin banyak ion yang melakukan perpindahan terhadap zat terukur. Data nilai akumulasi yang didapatkan dalam pengujian ini stabil mengecil.

5. Hasil Output Sensor pH pada pH 9

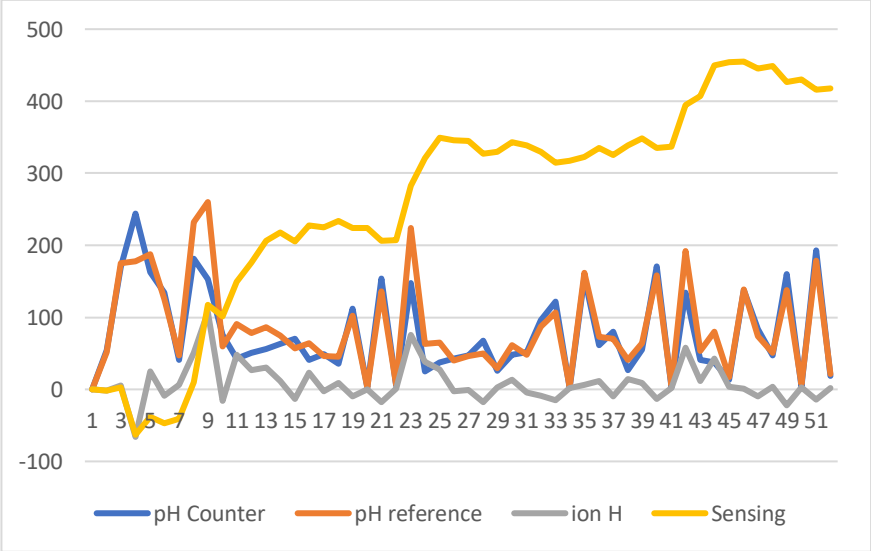
Pengujian terhadap Air Kangen Water yang memiliki pH 9 dilakukan untuk mendapatkan kinerja dan karakteristik sensor pada pH ini. Sensor akan di masukkan kedalam larutan uji sampai data didapat sebanyak 50 buah. Setiap data akan di ambil dalam rentang waktu 300 ms. Dengan menggunakan serial monitor dan bantuan mikrokontroler sebagai pemeroses data maka input data dari sensor akan tertampil. Pengambilan data yang sampai 50 buah bertujuan untuk mendapatkan

nilai data yang akurat. Dalam tabel 4.9 tentang hasil output sensor pH pada pH 9 data dimuat sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Hasil Output Sensor pH pada pH 9

waktu (ms)	pH Counter	pH reference	ion H	Sensing
300	0	0	0	0
600	54	52	-2	-2
900	170	175	5	3
1200	244	178	-66	-63
1500	163	188	25	-38
1800	134	125	-9	-47
2100	41	47	6	-41
2400	181	232	51	10
2700	153	260	107	117
3000	76	60	-16	101
3300	43	91	48	149
3600	51	78	27	176
3900	56	86	30	206
4200	63	75	12	218
4500	70	57	-13	205
4800	41	64	23	228
5100	49	46	-3	225
5400	36	45	9	234
5700	112	102	-10	224
6000	3	3	0	224
6300	154	136	-18	206
6600	5	6	1	207
6900	148	224	76	283
7200	25	63	38	321
7500	37	65	28	349
7800	43	40	-3	346
8100	47	46	-1	345
8400	68	50	-18	327
8700	26	29	3	330
9000	48	61	13	343
9300	52	48	-4	339
9600	96	87	-9	330
9900	122	107	-15	315
10200	2	4	2	317
10500	156	162	6	323
10800	61	73	12	335
11100	80	70	-10	325

11400	27	41	14	339
11700	55	64	9	348
12000	171	158	-13	335
12300	3	5	2	337
12600	134	192	58	395
12900	41	53	12	407
13200	37	80	43	450
13500	13	17	4	454
13800	138	139	1	455
14100	84	74	-10	445
14400	47	51	4	449
14700	160	138	-22	427
15000	4	7	3	430
15300	193	179	-14	416
15600	19	21	2	418



Gambar 4. 13 Hasil Output Sensor pH pada pH 9

Berdasarkan tabel 4.9 tentang hasil output sensor pH pada pH 9 dan gambar 4.13 tentang hasil output sensor pH pada pH 9 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data yang telah didapatkan karakterisasi sesor pH dengan menggunakan teknologi film tebal ini pada pH 9 ion H cenderung melakukan perpindahan yang bersifat positif. Reaksi yang terjadi antara sensor pH dan Air Kangen Water pada pH 9 setiap waktu

terus melakukan penyetabilan ion. Hal tersebut terjadi akbiat potensial hidrogen antara counter elektroda dan elektroda reference mengalami fluktuasi. Disisi lain hasil sensing menunjukan perbandingan waktu terhadap perpindahan ion H berbanding lurus. Itu artinya semakin lama proses sensing yang dilakukan maka semakin banyak ion yang melakukan perpindahan terhadap zat terukur. Selain itu ketidakteraturan data yang didapatkan pada proses pengujian kemungkinan terjadi dari noise informasi yang terbaca oleh mikrokontroler. Noise tersebut bisa bersal dari buruknya sensor, rangkaiaan penguat, atau mikrokontroler itu sendiri.

6. Hasil Output Sensor pH pada pH 9,5

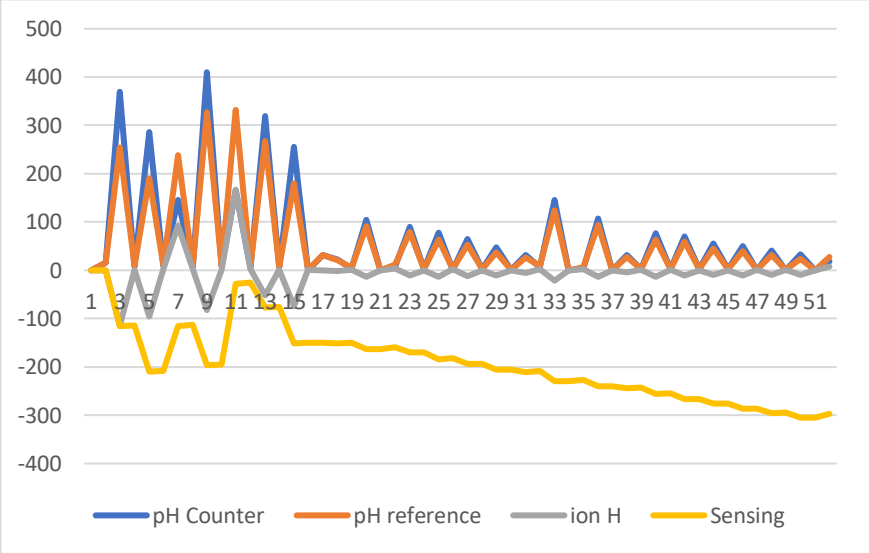
Pengujian terhadap Air Kangen Water yang memiliki pH 9.5 dilakukan untuk mendapatkan kinerja dan karakteristik sensor pada pH ini. Sensor akan di masukkan kedalam larutan uji sampai data didapat sebanyak 50 buah. Setiap data akan di ambil dalam rentang waktu 300 ms. Dengan menggunakan serial monitor dan bantuan mikrokontroler sebagai pemeroses data maka input data dari sensor akan tertampil. Pengambilan data yang sampai 50 buah bertujuan untuk mendapatkan nilai data yang akurat. Dalam tabel 4.10 tentang hasil output sensor pH pada pH 9.5 data dimuat sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Hasil Output Sensor pH pada pH 9,5

waktu (ms)	pH Counter	pH reference	ion H	Sensing
300	0	0	0	0
600	16	16	0	0
900	369	254	-115	-115

1200	8	9	1	-114
1500	286	190	-96	-210
1800	9	11	2	-208
2100	145	238	93	-115
2400	7	9	2	-113
2700	410	327	-83	-196
3000	8	9	1	-195
3300	165	332	167	-28
3600	5	8	3	-25
3900	319	267	-52	-77
4200	6	7	1	-76
4500	255	180	-75	-151
4800	0	1	1	-150
5100	32	32	0	-150
5400	22	21	-1	-151
5700	4	5	1	-150
6000	104	91	-13	-163
6300	0	0	0	-163
6600	8	12	4	-159
6900	90	79	-11	-170
7200	2	2	0	-170
7500	78	64	-14	-184
7800	1	3	2	-182
8100	65	53	-12	-194
8400	2	2	0	-194
8700	48	37	-11	-205
9000	1	1	0	-205
9300	32	26	-6	-211
9600	6	9	3	-208
9900	146	125	-21	-229
10200	0	0	0	-229
10500	4	6	2	-227
10800	107	94	-13	-240
11100	0	0	0	-240
11400	31	27	-4	-244
11700	2	3	1	-243
12000	77	64	-13	-256
12300	2	3	1	-255
12600	70	59	-11	-266
12900	2	2	0	-266
13200	55	45	-10	-276
13500	2	2	0	-276
13800	50	39	-11	-287
14100	0	1	1	-286

14400	41	31	-10	-296
14700	0	1	1	-295
15000	33	23	-10	-305
15300	0	0	0	-305
15600	19	27	8	-297



Gambar 4. 14 Hasil Output Sensor pH pada pH 9,5

Berdasarkan tabel 4.10 tentang hasil output sensor pH pada pH 9.5 dan gambar 4.14 tentang hasil output sensor pH pada pH 9.5 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa data yang telah didapatkan karakterisasi sesor pH dengan menggunakan teknologi film tebal ini pada pH 9.5 ion H cenderung melakukan perpindahan yang bersifat negatif. Reaksi yang terjadi antara sensor pH dan Air Kangen Water pada pH 9.5 setiap waktu terus melakukan penyetabilan ion. Hal tersebut terjadi akbiat potensial hidrogen antara counter elektroda dan elektroda reference mengalami fluktuasi. Disisi lain hasil sensing menunjukan perbandingan waktu terhadap perpindahan ion H berbanding lurus. Itu artinya semakin lama proses sensing yang dilakukan maka semakin banyak ion yang melakukan perpindahan terhadap zat terukur. Yang unik dari hasil data

ini adalah data tidak dapat didefinisakan pada proses sensing yang pertama sampai ke-15. Namun untuk proses sensing selanjutnya sensor cenderung memberikan nilai negatif pada proses pembacaan. Selain itu ketidakteraturan data yang didapatkan pada proses pengujian kemungkinan terjadi dari noise informasi yang terbaca oleh mikrokontroler. Noise tersebut bisa bersal dari buruknya sensor, rangkaiaan penguat, atau mikrokontroler itu sendiri.

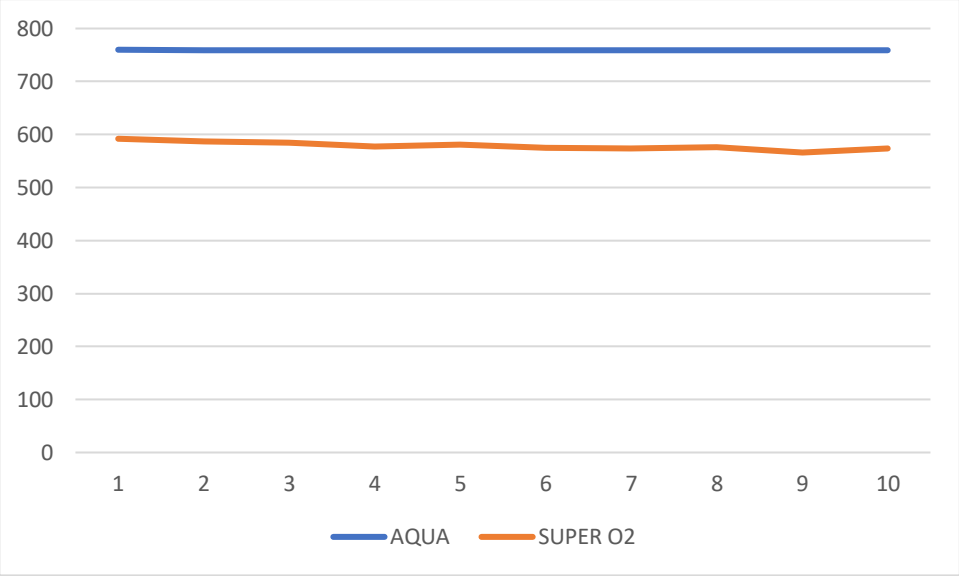
4.2.2 Analisis Algoritma dari Sensor DO

Analisa algoritma program untuk sensor DO bertujuan untuk mendapatkan algoritma yang cocok dengan sensor dalam perancangan ini. Tegangan yang disupali kedalam sensor tersebut adalah 5 V DC. Mikrokontroler menerima input dari sensor setelah masuk pada rangkaiaan pembagi tegangan. Hal ini bertujuan untuk memperkecil eror proses yang dilakukan oleh mikrokontroler. Dengan menggunakan tahanan sebesar 96, 9 Kilo Ohm diharapkan mampu memberikan perubahan tegangan yang terbaca oleh mikrokontroler. Dengan menggunakan bilangan integer skala 0 -1023 dan diley time 300 ms dibawah ini didapatkan karakteristik sensor DO setelah dilakukan pengukuran.

Tabel 4. 11 Hasil Output Sensor DO setelah di Program

No	AQUA		SUPER O2	
	Integer	Volt	Integer	Volt
1	760	3,71	592	2,89
2	759	3,70	587	2,86
3	759	3,70	584	2,85
4	759	3,70	577	2,82
5	759	3,70	581	2,83

6	759	3,70	575	2,81
7	759	3,70	574	2,80
8	759	3,70	576	2,81
9	759	3,70	566	2,76
10	759	3,70	574	2,80



Gambar 4. 15 Hasil Output Sensor DO setelah di program

Dengan melakukan identifikasi pada tabel 4.11 tentang hasil output sensor DO setelah di program, maka data-data tersebut selanjutnya dapat di olah secara manual agar persamaan yang mendekati ideal untuk sensor ini didapatkan. Jika diketahui oksigen yang terdapat pada AQUA adalah 12 kali lebih kecil dari SUPERO2 dan oksigen yang terdapat pada SUPERO2 adalah 100 ppm dalam input tegangan 5 Volt maka didapatkan persamaan untuk mecari ppm sendiri yaitu $ppm = a^5 \times k \times 2,04687 \times 10^{-7}$. Dengan k adalah konstanta yang didapatkan dari perubahan yang terjadi antara kandungan oksigen dalam AQUA dan oksigen dalam SUPERO2 yaitu 6,102088. Dan a adalah nilai 1023 dikurangi nilai sensor yang terbaca dalam tipe data integer.

4.2.3 Analalisis menampilkan ke LCD

Untuk mengetahui program yang digunakan untuk menampilkan data sensor ke LCD maka diperlukan tabel kesesuaaiaan antara hasil input sensor pada serial monitor komputer terhadap data yang ditampilkan oleh LCD. Hasil output yang ditunjukan pada serial monitor adalah hasil perhitungan dari pengukuran. Dimana untuk sensor pH setiap hasil pengukuran yang dilakukan selama 50 kali pengukuran akan di jumlahkan kemudian di bagi 50 sehingga menghasilkan nilai rata-rata dari setiap sensor. Nilai rata-rata pada serial monitor akan tertampil angka yang paling mendekati. Sedangkan pada sensor DO pengukuran hanya dilakukan sekali saja dengan menggunakan bilangan integer. Sehingga angka yang tertampil pada serial monitor hanya akan tertampil angka 0 – 1023 dan begitu pula pada LCD.

Tabel 4. 12 Kesesuaiaan Sensor pH untuk LCD

Sensor pH		
pH	Serial Monitor	LCD
2,5	0	0
6	0	0
8,5	0	0
9	8	8
9,5	0	0

Tabel 4. 13 Kesesuaiaan Sensor DO untuk LCD

Sensor DO

AIR	Serial Monitor	LCD
SUPERO2	592	592
AQUA	760	760

Pada kedua tabel 4.12 dan tabel 4.13 menunjukan bahwa kesamaan data yang ditampilkan oleh serial monitor dan juga LCD memilki eror yang sangat kecil.

4.2.4 Analisis Algoritma Indikasi LED

Dalam menganalisis program yang digunakan dalam indikasi LED maka diperlukan tabel kesesuaain. Untuk memperkecil kemungkinan eror maka data yang akan disesuaikan dengan indikasi LED adalah data langsung dari serial monitor. LED akan menyala ketika program berlogika HIGH dan begitu sebaliknya. Untuk kedua sensor ini digunakan masing-masing 3 buah LED dari nomor 1 sampai dengan 3.

Pada sensor pH LED pertama akan menyala jika nilai senyawa yang di ukur memiliki rentang nilai antara 0 – 4. LED kedua akan menyala jika nilai pH memiliki rentang nilai antara 5 – 9. Dan LED ketiga akan menyala jika nilai pH memiliki rentang nilai antara 10 -14. Pengecekan algoritma dilakukan dengan menggunakan potensimeter untuk lebih memudahkan. Hasil pengukuran pada air AQUA memiliki nilai rata-rata 759 dalam bilangan integer dan pada air SUPERO2 memiliki rata-rata 578. Hasil pengurangan antara kedua hasil pengukuran tersebut adalah 180. Dengan demikian tingkatan kadar oksigen rendah kurang dari 639. Tingkat kadar

oksigen sedang berada pada rentang 640 – 699. Dan tingkat kadar oksigen dalam senyawa dikatakan maksimal memiliki rentang nilai lebih dari 700.

Tabel 4. 14 kesesuaiaan Algoritma LED pada sSensor pH

Sensor pH			
	LED 1	LED 2	LED 3
200	NYALA	MATI	MATI
660	MATI	NYALA	MATI
700	MATI	MATI	NYALA

Berdasarkan Hasil dari tabel 4. 14 menunjukan bahwa algoritma dari program yang digunakan dapat dikatakan berhasil karena memiliki kesesuain yang baika dengan eror yang sangat kecil.

4.2.5 Analisis Penyimpanan Data ke Memory

Data yang telah di ukur dari sensor pH selanjutnya akan di simpan ke dalam memori. Untuk mengetahui nilai yang tersimpan pada memori maka dilakukan pengecekan pada tampilan LCD saat melakukan pengukuran dan setelah sistem dimatikan.

Tabel 4. 15 Pengecekan Program *EEPROM*

Tampilan LCD Saat Pengukuran		Tampilan LCD Setelah Sistem di Matikan	
Sensor pH	Sensor DO	Sensor Ph	Sensor DO
6	0	6	0
0	450	0	448
7	0	7	0
8	6	8	4

8	1	8	0

Berdasarkan tabel 4.15 pada bilangan tertentu data yang ditampilkan pada LCD saat pengukuran dilakukan dan setelah sitem dimatikan mengalami perbedaan. Hal ini terjadi karena kemampuan mermori yang hanya mampu menyimpan 8 bit, sehingga agar data yang diukur dapat disimpan kedalam memori diperlukan perubahan bilangan. Karena sistem ini mengukur dalam bilangan integer maka untuk mengubah data yang diukur menjadi 8 bit harus dibagi empat. Setelah data dibagi empat baru data dapat disimpan dan dibaca. Setelah dibaca maka di kalikan lagi empat baru setelah itu ditampilkan ke LCD. Proses pengubahan data tersebut yang menjadikan informasi yang yang disimpan eror.

4.3 Pengujian dan Analisis Keseluruhan Sistem

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data serta meneliti ketepatan, kecepatan dan kehandalan Sistem Pengukur Tingkat Keasaman dan Kadar Oksigen Terlarut dalam melakukan pengukuran. Pengujian pengukuran untuk kedua sensor masing-masing dilakukan 10 kali. Metode pengujian sistem dilakukan dengan cara mengukur ulang cairan yang di ukur baik dari tingkat keasamannya maupun kadar oksigen terlarut. Data hasil pengujian sistem seperti tampak pada Gambar 4.16 dan Tabel 4.16. Dalam perancangan sistem ini digunakan Skala 0 sampai 14 untuk mengetahui tingkat keasaman. Data yang di ambil untuk sensor pH dalam perancangan ini sebanyak 50 data dengan jeda waktu 300 ms. Sedangkan untuk mengetahui kadar oksigen terlarut dalam air digunakan parameter antara 0 sampai 200.

Tabel 4. 16 Pengukuran pH Air Kangen Water

Pengukuran pH Air Kangen Water						
NO	pH = 2. 5	pH = 6	pH = 7	pH = 8.5	pH = 9	pH = 9.5
1	4	7	7	7	9	9
2	6	7	7	7	9	9
3	6	7	7	7	8	8
4	7	7	7	7	8	8
5	6	7	7	7	8	8
6	7	7	7	7	8	8
7	7	7	7	7	8	8
8	7	7	7	7	8	8
9	7	7	7	7	8	8
10	7	7	7	7	8	8
Rata-rata	6.4	7	7	7	8.2	7.3



Gambar 4. 16 Pengukuran pH Air Kangen Water

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada Air Kangen Water yang memiliki pH adalah 2.5, 6, 7, 8.5, 9, dan 9 nilai yang tertampil pada LCD tidak menunjukan kesesuaan. Itu artinya sistem pengukur ini memiliki kelemahan untuk menunjukan rentang pH yang di ukur. Dan jika dilihat dari Gambar 4.16 tentang pengukuran pH Air kangen Water, perbandingan hasil

output yang terukur menggunakan hasil perancangan memiliki kecendrungan untuk menampilkan nilai pH yang konstan di angka 7. Dan dari Gambar 4. 16 tentang pengukuran pH air kangen water, juga terlihat bahwa perubahan yang terjadi antara pH yang tertinggi dan terendah menunjukan hasil perubahan yang kecil. Perubahan yang terjadi dari pH 9 ke 9.5 tidak dapat teridentifikasi. Kemungkinannya adalah sistem pengukuran yang memiliki tingkat akurasi yang kurang baik atau dari Air Kangen Water yang digunakan.

Hasil pengukuran yang di tunjukan dari tabel 4. 16 adalah hasil dari persamaan algoritma (14-(((eH/50)/10)+7)). Angka 14 adalah batas atas adalah nilai tertinggi dari tingkat keasaman suatu larutan. Angka 7 adalah untuk memberikan nilai keluaran yang netral, karena netral yang di hasilkan dari sensor secara langsung bernilai 0. Angka yang bernilai 50 menunjukan jumlah pengukuran yang dilakukan dalam 1 kali pengambilan data oleh sistem. dan eH adalah selisih antara reference elktrode dan counter elektrode. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka tegangan yang di hasilkan dari pH 6.4 adalah -1.4 Volt. Nilai -1.4 volt tersebut setelah di konversi dari integer ke dalam skala tegangan 0 Volt sampai 5 Volt. Karena penguatan dalam perancangan ini adalah 197 kali dari nilai output maka tegangan asli yang keluar dari sensor adalah -7.4 mili Volt. Sedangkan untuk nilai pH yang dihasilkannya adalah 8.2 menghasilkan tegangan 14.8 mili Volt. Jika merujuk dari hasil pengukuran yang di tunjukan oleh tabel 4. 1, hasilnya sangat jauh. Kemungkinan terbesar yang menyebabkan angka hasil pengukuran tersebut di dapat adalah hambatan yang di lalui oleh tegangan sehingga informasi yang dihasilkan tidak sama. Selain dari hambatan yang di lalui oleh tegangan

persamaan algoritma yang di masukan ke dalam program kurang baik digunakan untuk sensor pH berbahan teknologi Film Tebal. Tegangan yang menunjukan mines menunjukan tingkat keasaman suatu larutan. Dengan menggunakan sistem ini semakin asam suatu zat yang di ukur maka nilai tegangan yang di hasilkan akan semakin minus. Karena nilai netral yang dihasilkan oleh sistem ini adalah nol.

Tabel 4. 17 Pengukuran Kadar Oksigen

NO	SUPER O2	Air Minum Biasa
1	107	10
2	116	10
3	123	12
4	128	14
5	132	15
6	131	16
7	136	16
8	132	16
9	138	15
10	107	10
Rata-rata	127	13.7

Tabel 4.17 tentang pengukuran kadar oksigen adalah tabel yang menunjukkan hasil pengukuran oleh sistem setelah program di masukan persamaan: (((((1023-(analogRead(A2)))/102.3)*((1023-(analogRead(A2)))/102.3)*((1023-(analogRead(A2)))/102.3))/100)*((((1023-(analogRead(A2)))/102.3)*((1023-(analogRead(A2)))/102.3)*((1023-(analogRead(A2)))/102.3))/100))*2. Dalam persamaan tersebut input masuk melalui pin analog A2. Nilai maksimal dari pengukuran yaitu 1023 akan di kurangi nilai input, setelah itu akan di bagi 102.3 yang kemudian akan di

pangkatkan 3. Hasil dari persamaan tersebut selanjutnya akan dipangkatkan 2, yang kemudian akan di kalikan 2.

Persamaan yang digunakan untuk mengukur kadar oksigen terlarut tersebut adalah untuk menghasilkan nilai yang tertampil sesuai dengan data dari sumber air yang di dapatkan. Karena perbandingan air yang terkandung antara air minum biasa dengan air SUPERO2 adalah 11 kali maka digunakanlah persamaan untuk mendapatkan pendekatan yang ideal. Jika di bandingkan hasil dari persamaan yang di hasilkan oleh pemerosesan data oleh arduino dengan sumber data yang didapatkan hampir mendekati. Karena sistem menghasilkan rata-rata nilai output untuk SUPERO2 9.2 kali lipat lebih besar di bandingkan dengan nilai output dari Air Mineral Biasa. Nilai keluaran yang didapat dari pemerosesan tersebut adalah dengan memberikan air SUPERO2 menutupi setengah bagian dari sensor. Dan pada pengukuran air mineral biasa air hampir menutupi seluruh bagian sensor.