

Alat Pendeteksi Kadar Glukosa pada Urine dengan Metode Naive Bayes

Kemalasari, Maulida Alvisabrina Ifadah, dan Budi Nur Iman
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya 60111
e-mail: kemala@pens.ac.id

Abstrak—*Diabetes Mellitus (DM)* adalah penyakit kronis yang ditandai dengan kadar glukosa darah yang melebihi batas normal yang disebabkan oleh tidak berfungsinya pankreas dalam memproduksi insulin yang cukup. Ketika glukosa berlebih, gula akan dikeluarkan melalui urine yang disebut *Glucosuria*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat alat pendeteksi kadar glukosa dari urine menggunakan sensor warna dan sensor gas dengan metode Naive Bayes. Untuk mengetahui jumlah kadar glukosa melalui urine dapat menggunakan larutan *benedict*. Dari percampuran antara sample urine dan larutan *benedict* akan dihasilkan perubahan warna yang dapat diukur dengan sensor warna TCS3200. Selain menggunakan sensor warna, digunakan juga sensor gas yaitu MQ-135, dimana cara kerja dari sensor ini adalah mendeteksi bau / kadar amonia dalam sampel urine. Data dari kedua sensor akan diolah oleh metode Naive Bayes untuk mengetahui hasil klasifikasi dan juga menggunakan metode regresi linier untuk menghitung kadar glukosa darah. Hasil dari penelitian ini dengan menggunakan 16 sampel, untuk metode Naive Bayes diperoleh akurasi sebesar 93,75%.

Kata kunci: DM, kadar glukosa, TCS3200, MQ-135, naive bayes

Abstract—*Diabetes Mellitus (DM)* is a chronic disease characterized by blood glucose levels that exceed normal limits caused by the malfunctioning of the pancreas in producing sufficient insulin. If there is excess glucose, sugar will be excreted in the urine which is called *glucosuria*. So the purpose of this final project is to make a device to detect glucose levels from urine. To determine the amount of glucose in the urine can use Benedict's solution. From the mixing of the urine sample and Benedict's solution, a color change will be produced which can be measured with the TCS3200 color sensor. In addition to using a color sensor, a gas sensor is also used, namely MQ-135, where the workings of this sensor are to detect odors/ammonia levels in urine samples. The data from the two sensors will be processed by the naive Bayes method to determine the classification results and also use the linear regression method to calculate blood glucose levels. The results of this study using 16 samples, for the Naive Bayes method obtained an accuracy of 93.75%.

Keywords: DM, glucose level, TCS3200, MQ-135, naive bayes

I. PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus (DM) didefinisikan sebagai suatu penyakit atau gangguan metabolisme kronis dengan multi etiologi yang ditandai dengan tingginya kadar gula darah disertai dengan gangguan metabolisme karbohidrat, lipid, dan protein sebagai akibat insufisiensi fungsi insulin [1]. DM terbagi menjadi 3 macam: DM tipe 1, DM tipe 2 dan DM tipe *gestasional*. Diabetes tipe 1 adalah DM yang disebabkan oleh pankreas yang berhenti memproduksi insulin atau memproduksi terlalu sedikit insulin, dimana insulin adalah hormon yang berfungsi untuk memproses glukosa pada darah. DM tipe 2 adalah DM yang disebabkan oleh insulin yang diproduksi oleh pankreas sebagian atau seluruhnya tidak digunakan oleh darah atau proses sekresi insulin yang rendah oleh pankreas. Dan diabetes tipe *gestasional* adalah DM yang muncul pada saat kehamilan dan akan hilang setelah kehamilan selesai [2].

Organisasi *International Diabetes Federation (IDF)*

memperkirakan pada tahun 2019 terdapat 463 juta orang yang mengalami penyakit diabetes, dimana rata-rata penderita berusia 20-79 tahun dengan *prevelensi* 9% perempuan dan 9,65% pada laki – laki. Indonesia menduduki peringkat ke-7 dari seluruh dunia dengan jumlah penderita diabetes terbanyak, dengan jumlah sebesar 10,7 juta jiwa penderita diabetes. Angka penderita diabetes diprediksi akan mengalami peningkatan hingga mencapai 578 juta jiwa ditahun 2020 dan juga 700 juta ditahun 2045 [2]. DM dapat terjadi di semua umur, namun kelompok terbanyak berada pada kelompok umur 55-64 tahun. Selain kelompok umur 55-64 juga terdapat kelompok umur 45-54 dan 65-74 yang memiliki *prevelensi* penderita diabetes yang cukup tinggi [3].

Pemeriksaan penyakit DM dapat dilakukan pemeriksaan kadar glukosa dalam darah yang berasal dari plasma darah vena atau metode ini bisa disebut metode *Invasive* [4]. Kemudian dari hasil tersebut, dapat digunakan sebagai acuan untuk mendiagnosis apakah pasien tersebut

mengalami diabetes atau tidak. Dimana kriteria diagnosis DM terbagi menjadi beberapa macam yaitu apabila pemeriksaan glukosa plasma puasa $\geq 126\text{mg/dl}$, apabila glukosa plasma $\geq 200\text{ mg/dl}$ dan apabila pemeriksaan *HbA1c* $\geq 6,5\%$ [2]. Namun pemeriksaan menggunakan cara tersebut dinilai kurang baik, dikarenakan membutuhkan biaya yang cukup mahal, durasi yang cukup lama untuk mendapatkan hasil pemeriksaan, dan rasa sakit pada badan dikarenakan rasa sakit yang ditimbulkan. Sehingga untuk menangani masalah tersebut penggunaan sampel diganti dari darah menjadi urine atau metode ini dapat disebut metode *Non-Invasive* [4], [5]. Selain menggunakan urine, metode *Non-Invasive* juga dapat menggunakan cairan biofluida seperti keringat, air mata, air liur [6] dan terdapat penelitian menggunakan senyawa volatil (metana) yang terkandung dalam gas buang pernapasan [7]. Namun pada penelitian ini menggunakan urine sebagai media yang akan diukur.

Urine adalah cairan sisa ekskresi dari ginjal, didalam urine terdapat banyak kandungan zat, dimana didominasi oleh air, sedangkan sisanya terdiri dari zat terlarut seperti limbah nitrogen, asam hipurat, elektrolit, hormon, dan berbagai racun atau bahan kimia asing. Beberapa contoh limbah nitrogen termasuk urea, asam urat, dan kreatinin. sedangkan elektrolit dalam urine terdiri dari natrium, klor, kalium, amonium, sulfat, ion fosfat, kalsium, dan magnesium [8]. Salah satu ciri penderita DM adalah terdapat peningkatan kandungan glukosa dalam urine atau dapat disebut glukosuria, apabila kandungan glukosa dalam urine melebihi batas normal maka dapat dikatakan bahwa orang yang memiliki urine tersebut mengalami penyakit diabetes [9]. Untuk melakukan pengujian kadar glukosa dalam urine dapat menggunakan larutan benedict. Dimana perbandingan jumlah urine dan larutan benedict adalah 10ml urin dan 5 ml larutan *benedict* [10]. Dari percampuran antara urine dengan larutan *benedict* maka akan didapatkan perubahan warna, dimana setiap perubahan warna memiliki arti yang berbeda-beda. Dan juga setiap perubahan warna mengartikan kandungan glukosa yang terkandung pada urine [11]. Untuk perubahan warna akan diukur dengan menggunakan sensor warna TCS3200, dimana cara kerja dari sensor warna adalah dengan mengubah warna yang terukur menjadi frekuensi dengan nilai 0-255 [12]. Selain menggunakan sensor warna juga dapat menggunakan sensor gas, sensor gas yang digunakan adalah sensor gas MQ-135. Fungsi dari sensor gas ini adalah mengukur kadar gas amonia dalam urine. Penelitian ini membahas tentang urine memiliki bau yang bermacam-macam, bau urine normal disebabkan oleh asam organik yang mudah menguap. Dan juga urine dapat berbau manis atau buah-buahan seperti pada ketonuria yang bisa disebut juga dengan gejala adanya penyakit diabetes [13]. Kemudian data dari kedua sensor tersebut akan diolah oleh mikrokontroler dan juga diklasifikasikan dengan metode Naive Bayes untuk menentukan sample urine tersebut positif atau negatif DM. Dan juga terdapat perhitungan besar kadar glukosa menggunakan persamaan Regresi Linier, sehingga output



Gambar 1. Sampel urine [11]

yang dihasilkan bukan hanya positif atau negatif diabetes namun juga terdapat besar kadar glukosa yang terkandung dalam urine. Selain menggunakan sensor warna dan gas, pada alat ini juga terdapat pemanas dan juga pengaduk otomatis. Untuk pengaduk menggunakan motor dc dan pemanas menggunakan *heater*. Pengaduk dan pemanas ini dapat bekerja secara otomatis dengan menggunakan *push button* dan *relay*.

II. STUDI PUSTAKA

A. Urine

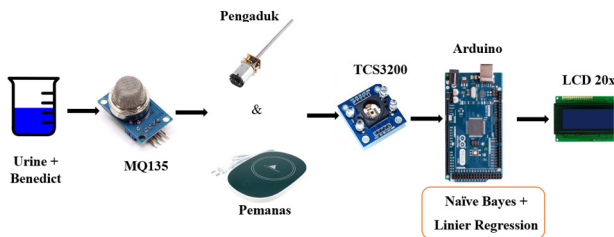
Urine adalah cairan sisa ekskresi dari ginjal, didalam urine terdapat banyak kandungan zat, dimana didominasi oleh air, sedangkan sisanya terdiri dari zat terlarut seperti limbah nitrogen, asam hipurat, elektrolit, hormon, dan berbagai racun atau bahan kimia asing. beberapa contoh limbah nitrogen termasuk urea, asam urat, dan kreatinin. sedangkan elektrolit dalam urine terdiri dari natrium, klor, kalium, amonium, sulfat, ion fosfat, kalsium, dan magnesium [8]. Untuk melakukan pengukuran kadar glukosa pada urine diperlukan urine yang diambil sewaktu (pada saat itu juga) atau urine Postprandial (urine yang diambil setelah berpuasa selama 1,5 jam - 3 jam). Urine yang akan dilakukan pemeriksaan kadar glukosa dianjurkan urine segar, dikarenakan apabila terlalu lama maka urine akan mengalami penurunan kualitas akibat adanya perubahan komposisi urine. Apabila urin disimpan pada ruang terbuka batas maksimal untuk melakukan pengukuran kadar glukosa adalah 2 jam setelah pengambilan sampel urine. Apabila ingin mengawetkan sampel urine sampai 24 jam yaitu dapat dengan cara menyimpan sampel urin pada lemari pendingin dengan suhu $2-8^{\circ}\text{C}$ atau dengan menambahkan bahan pengawet kimia seperti toluen, formaldehid, thymol atau asam Sulfat pekat [13].

B. Pengukuran Kadar Glukosa Menggunakan Warna dan Bau pada Urine

Cara pengukuran dengan metode *Benedict* adalah pencampuran larutan *Benedict* dengan urine kemudian dipanaskan selama beberapa menit sampai terjadi perubahan warna. Perubahan warna tersebut menandakan banyaknya kandungan glukosa dalam urine tersebut.

Gambar 1 menunjukkan beberapa contoh warna sampel urine. Adapun arti warna urine tersebut adalah sebagai berikut:

- Negatif: berwarna biru atau sedikit kehijauan dan agak keruh.
- Positif 1: berwarna hijau kekuningan dan keruh



Gambar 2. Diagram sistem

dengan kadar glukosa 0,5%-1%.

- Positif 2: berwarna kuning kehijauan atau kuning keruh, dengan kadar glukosa 1-1,5%.
- Positif 3: berwarna jingga atau warna lumpur keruh, dengan kadar glukosa 2 -3,5%.
- Positif 4: berwarna merah atau merah bata, dengan kadar glukosa > 3,5% [11].

Selain pengukuran menggunakan warna, untuk mendeteksi sampel urine tersebut positif atau negatif DM juga dapat menggunakan bau urine. Urine memiliki bau yang bermacam-macam, bau urine normal disebabkan oleh asam organik yang mudah menguap. Bau yang berlainan dapat disebabkan oleh makanan seperti jengkol, petai, obat-obatan seperti mentol, dan juga urine dapat berbau manis atau buah-buahan seperti pada ketonuria yang bisa disebut juga dengan gejala adanya penyakit diabetes [13].

C. Metode Naive Bayes

Naive Bayes merupakan sebuah pengklasifikasian probabilitas sederhana yang menghitung sekumpulan probabilitas dengan menjumlahkan frekuensi dan kombinasi nilai dari dataset yang diberikan. Naive Bayes juga didefinisikan sebagai pengklasifikasian dengan metode Probabilitas dan Statistik yang dikemukakan oleh ilmuwan inggris Thomas Bayes, yaitu memprediksi peluang di masa depan berdasarkan pengalaman di masa sebelumnya [14]. Penggunaan metode Naive Bayes pada sistem ini dikarenakan dalam melakukan klasifikasi, sudah diketahui terlebih dahulu jenis klasifikasi yang akan ditentukan yakni negatif, positif 1, positif 2, positif 3, dan positif 4. Selain itu metode Naive Bayes menjadi metode yang tepat karena dapat menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi sesuai dengan jumlah peluang fakta yang dianggap benar berdasarkan informasi yang sebenarnya atau yang disebut dengan data latih. Dimana untuk melakukan perhitungan dengan metode Naive Bayes diperlukan rumus, dimana rumus tersebut terdapat pada Persamaan (1),

$$Prob\ Prior = \frac{Jumlah\ Data\ Benar}{Jumlah\ Keseluruhan\ data} \quad (1)$$

Pada metode Naive Bayes, proses klasifikasi data terdapat beberapa tahapan yaitu untuk tahan pertama setelah pengambilan data dilakukan maka akan dilakukan perhitungan nilai *prior* dari masing masing kelas. Nilai *prior* merupakan nilai peluang terjadinya suatu kelas, dimana untuk mendapat nilai *prior* adalah dengan cara membagi data dalam suatu kelas dengan jumlah

keseluruhan data. Tahap kedua adalah menghitung nilai peluang *posterior*, peluang *posterior* yaitu peluang untuk menentukan besarnya peluang masing-masing kelas yang akan terjadi ketika adanya masukan dari tiap fitur. Dan tahap terakhir adalah menentukan peluang *posterior* yang tertinggi dengan cara membandingkan satu sama lain antar peluang *posterior* [15].

D. Metode Regresi Linier

Analisis regresi atau *curve fitting* digunakan untuk memprediksi atau meramalkan suatu permasalahan. Persamaan Regresi Linier sederhana merupakan suatu model persamaan yang menggambarkan hubungan satu variabel bebas/ *predictor* (X) dengan satu variabel tak bebas/ *response* (Y), yang biasanya digambarkan dengan garis lurus.

Persamaan Regresi Linier sederhana secara matematik diekspresikan oleh:

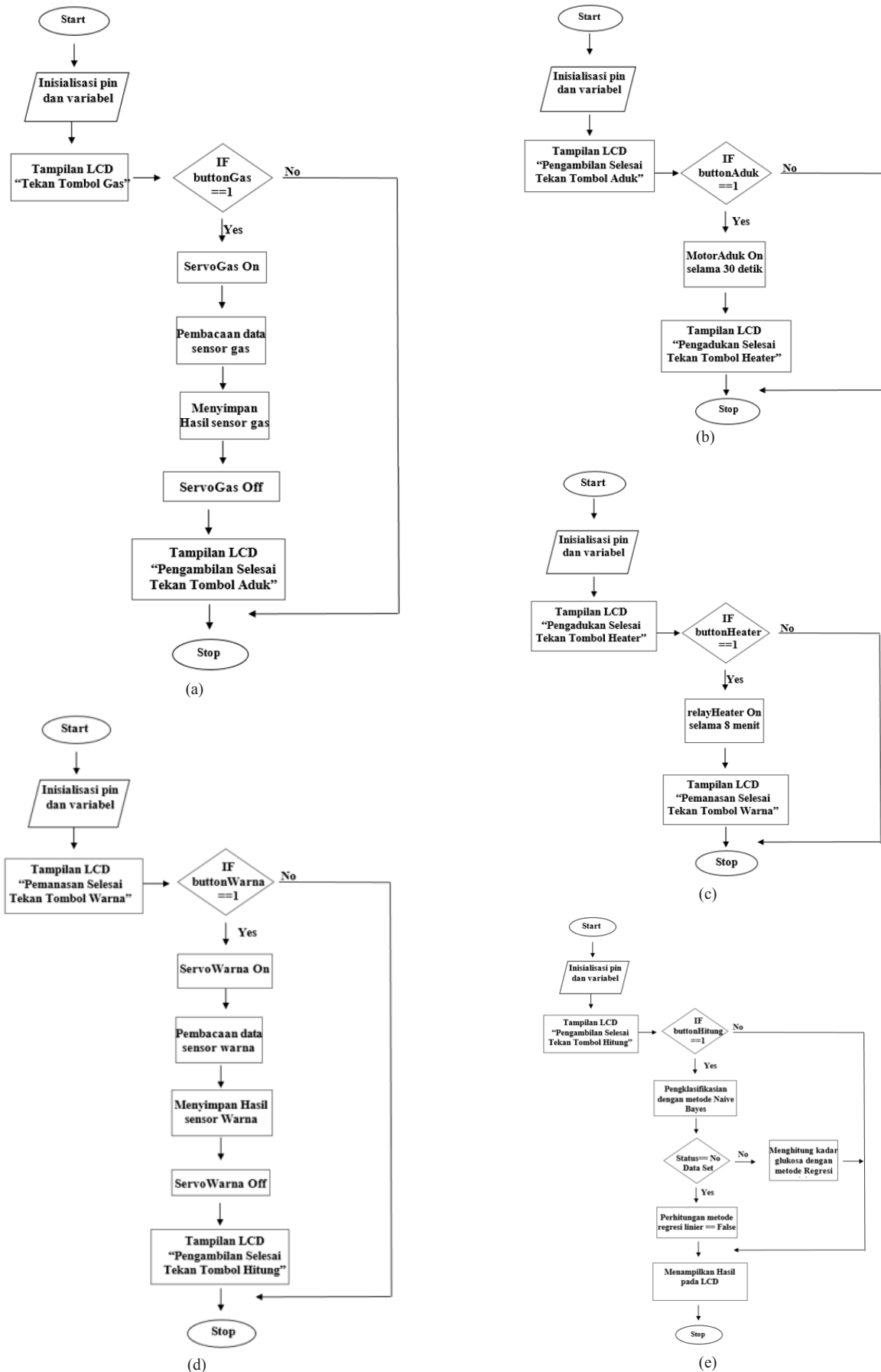
$$Y = bx + a \quad (2)$$

Untuk memprediksi apakah garis regresi yang kita buat sudah mempunyai kesalahan yang sekecil mungkin, maka perlu dihitung suatu koefisien yang dinamakan koefisien korelasi (r). Koefisien korelasi mempunyai harga dari 0 – 1. Semakin mendekati nilai 1 maka r akan semakin baik [16].

III. METODE

Metode penelitian digambarkan pada Gambar 2. Pada Gambar 1 ditunjukkan sampel urine yang akan dicampur dengan larutan *benedict*, akan diukur nilai gas amonia dengan menggunakan sensor gas MQ135. Setelah dilakukan pengukuran gas amonia maka larutan urine akan diaduk menggunakan motor DC dan dipanaskan menggunakan *heater*. Setelah mengalami perubahan warna seperti pada Gambar 1, perubahan warna tersebutlah yang akan diukur oleh sensor warna TCS3200. Kemudian data dari sensor gas dan sensor warna akan dikirim menuju mikrokontroler Arduino Mega untuk diolah. Kemudian data akan diolah dengan metode Naive Bayes untuk melihat apakah hasilnya negatif atau positif, dan juga dilakukan perhitungan dengan persamaan Regresi Linier untuk menghitung kadar glukosa yang terkandung dalam urine, kemudian data hasil akan ditampilkan pada layar LCD.

Gambar 3 menunjukkan diagram alur dari *software* yang akan digunakan pada sistem. Terdapat lima *flowchart* sistem yang menjelaskan tahapan-tahapan sistem bekerja dimana setiap tahapan dikendalikan oleh *pushbutton*, sehingga terdapat lima buah *pushbutton* yang memiliki fungsi masing-masing. Untuk *pushbutton* 1 digunakan untuk pengambilan data dari sensor gas, untuk *flowchart* sistem seperti Gambar 3(a). Untuk *pushbutton* ke-2 digunakan untuk mengaktifkan pengaduk. *Flowchart* sistem pengaduk terdapat pada gambar 3(b). Untuk *pushbutton* ke-3 digunakan untuk mengaktifkan pemanas.



Gambar 3. (a) Flowchart sistem sensor gas; (b) Flowchart sistem pengaduk; (c) Flowchart sistem pemanas; (d) Flowchart sistem sensor warna; (e) Flowchart sistem hasil

Tabel 1. Data pengujian sensor warna

No	Sensor	R	G	B	Hexa	Desimal	Error
1	TCS3200	102	195	220	#66C3DC	6734812	4,02%
	software	98	200	215	#62C8D7	6473943	
2	TCS3200	220	116	49	#DC7431	14447665	3,1%
	software	227	115	50	#E38532	14910770	
3	TCS3200	46	59	186	#2E3BBA	3029946	2,1%
	software	47	57	189	#2F39BD	3094973	
4	TCS3200	193	72	49	#C14831	12666929	0,51%
	software	194	70	49	#C24631	12731953	
5	TCS3200	123	270	111	#7BFF6F	8126319	0,87%
	software	122	273	109	#7AED6D	8056173	
6	TCS3200	150	45	163	#962DA3	9842083	1,32%
	software	152	48	161	#9830A1	9973921	
7	TCS3200	239	233	60	#EFE93C	15722812	1,23%
	software	242	233	63	#F2E93F	15919423	
8	TCS3200	172	133	218	#AC85DA	11306458	0,58%
	software	173	137	214	#AD89D6	11373014	
Error rata-rata							1,7%

Flowchart sistem pemanas terdapat pada Gambar 3(c). Kemudian *pushbutton* ke-4 digunakan untuk pengambilan data sensor warna, dimana warna yang diambil seperti Gambar 1, *flowchart* sistem sensor warna terdapat pada Gambar 3(d). Sedangkan *pushbutton* ke-5 digunakan untuk menampilkan semua data yang diperoleh, *flowchart* sistem hasil terdapat pada Gambar 3(e). Cara kerja dari *pushbutton* ini apabila ditekan maka akan menjalankan perintah yang dikehendaki. Dimana *flowchart* a sampai e bekerja secara bergantian.

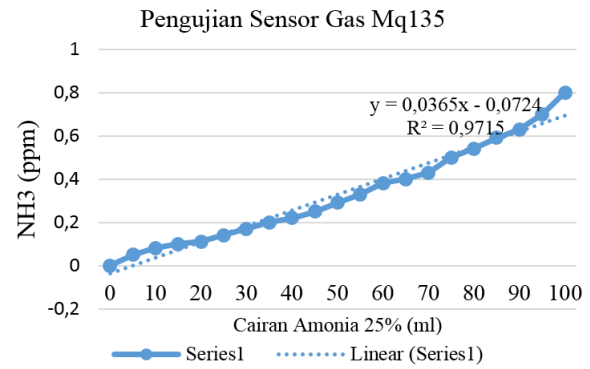
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini akan dilakukan empat pengujian sistem, yaitu yang pertama pengujian sensor warna TCS3200. Pengujian kedua, yaitu pengujian sensor gas MQ135. Pengujian ketiga, yaitu pengujian metode Regresi Linier. Dan pengujian terakhir yaitu pengujian keseluruhan alat dengan metode Naive Bayes.

A. Pengujian Sensor Warna TCS3200

Untuk melakukan pengujian pada sensor warna TCS3200, dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor warna TCS3200 dengan hasil pengukuran dari *eyedropper tool* pada Corel DRAW X7. Hasil pengukuran sensor warna berupa RGB dengan nilai 0-255, kemudian nilai tersebut akan diubah menjadi Hexadesimal kemudian diubah lagi menjadi desimal sehingga dapat diperoleh selisih antara hasil pengukuran antara sensor warna TCS3200 dengan *eyedropper tool* pada Corel DRAW X7. Untuk data hasil pengujian sensor warna terdapat pada Tabel 1.

Untuk mencari *error* antara pengukuran sensor dan



Gambar 4. Grafik pengujian sensor gas

software diperlukan beberapa langkah, yaitu mengubah nilai pengukuran RGB menjadi nilai Hexadecimal, yaitu dengan menggunakan basis 16. Sebagai contoh nilai RGB 172, 133, 218.

172: $16 = 10$ (A), sisa = 12 (C) sehingga R = AC

133: $16 = 8$ (8), sisa = 5 (5) sehingga G = 85

218: $16 = 13$ (D), sisa = 10 (A) sehingga B = DA

Maka nilai Hexadesimal adalah #AC85DA. Kemudian mengubah nilai Hexadesimal menjadi desimal dengan cara:

$$\begin{aligned} AC85DA &= (10 \times 16^5) + (12 \times 16^4) + (8 \times 16^3) \\ &\quad + (5 \times 16^2) + (13 \times 16^1) + (10 \times 16^0) \\ &= 11306458 \end{aligned}$$

Setelah mendapat nilai desimal maka dapat dilakukan perhitungan *error* menggunakan rumus:

$$\text{error} = \frac{|\text{sensor value} - \text{software value}|}{\text{software value}} \times 100\% \quad (3)$$

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa *error* yang didapatkan bermacam macam. Dimana untuk *error* terkecil senilai 0,51%, sedangkan *error* terbesar bernilai 4,02%. Kemudian untuk rata rata *error* sebesar 1,71%. *Error* tersebut didapatkan dari beberapa penyebab seperti jarak ukur antara benda dan sensor, interferansi dengan cahaya yang lain, perbedaan hasil cetak warna dengan *file* yang dibuat dan lain sebagainya.

B. Pengujian Sensor Gas MQ135

Pada pengujian sensor gas MQ135, dilakukan dengan menggunakan cairan amonia dengan konsentrasi sebesar 25%. Untuk melakukan pengujian ataupun kalibrasi digunakan Regresi Linier, sehingga akan ditemukan nilai R^2 . Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor gas sudah bekerja sesuai atau tidak.

Dari data yang terdapat pada Tabel 2 kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4. Dapat dilihat bahwa pada saat cairan amonia bertambah maka nilai ppm yang terukur juga semakin besar. Dan dari regresi yang dilakukan didapatkan nilai R^2 sebesar 0,971.

Tabel 2. Data pengujian sensor gas

Cairan amonia (ml)	PPM
0	0
5	0.05
10	0.08
15	0.1
20	0.11
25	0.14
30	0.17
35	0.2
40	0.22
45	0.25
50	0.29
55	0.33
60	0.38
65	0.4
70	0.43
75	0.5
80	0.54
85	0.59
90	0.63
95	0.7
100	0.8

Dimana apabila nilai R² semakin mendekati angka 1 maka semakin baik data yang digunakan dan juga sensor dapat bekerja dengan baik.

C. Pengujian Metode Regresi Linier

Metode Regresi Linier ini digunakan untuk menghitung kadar gula darah dari nilai RGB yang didapat dari sensor warna. Dimana Regresi Linier yang digunakan adalah Regresi Linier berganda dengan *input X* yaitu nilai *Red*, *Green* dan *Blue* dari hasil pengukuran sensor warna. Sedangkan *output Y* adalah glukosa darah dari hasil laboratorium ataupun pengukuran menggunakan alat tes glukosa darah. Kemudian dari dataset yang diperoleh akan dimasukkan aplikasi MINITAB sehingga akan didapatkan persamaan.

$$Y = 309.3 + (1.174 * R) - (2.012 * G) + (0.521 * B) \quad (4)$$

Persamaan (4) digunakan untuk menghitung perkiraan nilai kadar gula darah. Setelah didapatkan nilai perkiraan gula darah, maka dapat menghitung selisih antara nilai gula darah dari pengukuran dengan alat dengan nilai gula darah yang dihitung dengan persamaan Regresi Linier. Dimana rumus untuk menghitung *error* terdapat pada Persamaan (5).

$$error = \frac{|Kadar\ gula\ darah - perhitungan\ Y|}{perhitungan\ Y} \times 100\% \quad (5)$$

Dari data yang terdapat pada Tabel 3, didapatkan hasil yaitu eror antara perhitungan gula darah antara hasil

Tabel 3. Data pengujian metode Regresi Linier

No	R	G	B	Kadar Gula Darah	Perhitungan Y	Error (%)
1	92	213	203	90	94.515	5.01
2	93	211	206	97	101.276	4.40
3	95	215	209	96	97.139	1.18
4	210	191	83	226	214.791	4.95
5	129	45	41	409	391.567	4.26
6	132	48	45	412	391.137	5.06
7	135	42	43	398	405.689	1.93
8	94	214	205	105	95.893	8.67
9	91	210	204	90	99.898	10.99
10	128	142	74	198	212.422	7.28
11	231	133	74	346	351.452	1.57
12	96	216	205	112	94.217	15.87
13	95	210	208	89	106.678	19.86
14	133	46	42	421	394.772	6.22
15	131	44	46	376	398.532	5.99
<i>Error rata-rata</i>						6,65

perhitungan *Y* dengan hasil gula darah dari laboratorium, didapatkan *error* paling kecil adalah 1,18 % dan paling besar 19,86%. Sehingga rata-rata *error* untuk data uji metode Regresi Linier adalah 6,56%.

D. Pengujian Metode Naive Bayes

Metode Naive Bayes digunakan untuk mengklasifikasikan hasil dari pengukuran sensor warna dan sensor gas. *Input* yang digunakan pada metode ini adalah hasil sensor warna RGB dan hasil ukur sensor gas yaitu PPM. Dari kedua data ini diklasifikasi dengan menghitung tiap probabilitas, kemudian mencari probabilitas terbesar untuk memilih hasil klasifikasi.

Langkah pertama yang dilakukan adalah mencari data latih. Data latih didapatkan dari pembacaan sensor dan hasil pengujian menggunakan *strip*. Dari kumpulan data latih ini akan digunakan menjadi data set metode Naive Bayes Kemudian untuk menghitung probabilitas tertinggi terdapat langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung probabilitas dari klasifikasi yaitu probabilitas negatif, probabilitas positif 1, probabilitas positif 2, probabilitas positif 3 dan probabilitas positif 4. Rumus menghitung probabilitas tersebut adalah:

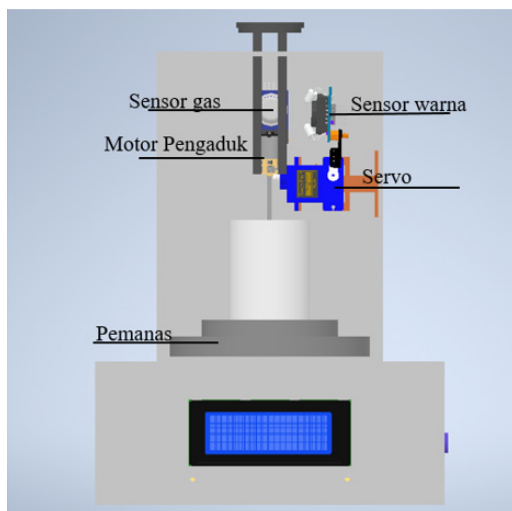
$$P(N) = \frac{Jumlah\ data\ N}{Jumlah\ data\ keseluruhan} \quad (6)$$

2. Menghitung probabilitas setiap nilai *X* terhadap nilai *Y*. yaitu probabilitas jumlah nilai RGB dan PPM terhadap nilai klasifikasi negatif, positif 1, positif 2, positif 3 dan positif 4.
3. Menghitung probabilitas terbesar setiap klasifikasi.

Tabel 4 menunjukkan pengujian dengan jumlah sebanyak 16 data, didapatkan pengukuran salah sebanyak

Tabel 4. Data pengujian metode Naive Bayes

No	R	G	B	PPM	Hasil	Hasil strip	Kesesuaian
1	92	213	203	0.07	Negatif	Negatif	TRUE
2	93	211	206	0.09	Negatif	Negatif	TRUE
3	95	215	209	0.08	Negatif	Negatif	TRUE
4	210	191	83	0.08	Positif 2	Positif 2	TRUE
5	129	45	41	0.09	Positif 4	Positif 4	TRUE
6	132	48	45	0.1	Positif 4	Positif 4	TRUE
7	135	42	43	0.07	Positif 4	Positif 4	TRUE
8	94	214	205	0.08	Negatif	Negatif	TRUE
9	91	210	204	0.09	Negatif	Negatif	TRUE
10	219	150	79	0.08	Positif 2	Positif 3	FALSE
11	128	142	74	0.08	Positif 1	Positif 1	TRUE
12	231	133	74	0.09	Positif 3	Positif 3	TRUE
13	96	216	205	0.09	Negatif	Negatif	TRUE
14	95	210	208	0.07	Negatif	Negatif	TRUE
15	133	46	42	0.09	Positif 4	Positif 4	TRUE
16	131	44	46	0.08	Positif 4	Positif 4	TRUE



Gambar 5. Desain alat

1 kali. Sehingga didapatkan *error* sebesar 93,75%. Dimana terjadi perbedaan hasil antara pengujian dengan *strip* urine dan hasil pengujian alat. Hasil pengujian dari *strip* menghasilkan positif 2 sedangkan pengujian alat menghasilkan positif 3. Kesalahan terjadi dikarenakan warna urine setelah dipanaskan berwarna kuning sedangkan hasil pengukuran *strip* berwarna jingga. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti pengambilan sampel urine yang sudah terlalu lama, kesalahan pengambilan data dari sensor warna, dan lain sebagainya.

E. Tampilan Alat

Gambar 5 merupakan desain dari alat yang akan dibuat dan gambar 6 adalah tampilan alat setelah jadi. Pada Gambar 6(a) merupakan tampilan dari bagian depan



(a)

(b)



(c)

Gambar 6. Tampilan Alat



Gambar 7. Tampilan LCD

dan juga bagian dalam box atas. Gambar 6(b) merupakan gambar dari bagian samping kiri, dimana pada bagian ini terdapat 5 buah *push button*. Gambar 6(c) merupakan tampilan alat bagian kanan, dimana pada bagian ini terdapat saklar, Jack DC dan kabel power untuk Arduino. Pada Gambar 5 dan 6 terlihat bahwa alat ini disusun atas 2 box yaitu box atas dan box bawah. Untuk box atas berisi sensor warna, sensor gas, motor pengaduk, servo, pemanas dan gelas Beaker. Sedangkan box bawah berisi LCD, *push button* dan PCB. Alat pada Gambar 6 ini memiliki cara kerja seperti pada Gambar 3. Dimana alat dapat bekerja apabila menekan *push button*, dan memiliki urutan kerja sesuai Gambar 3a sampai Gambar 3e.

Pada Gambar 7 adalah tampilan dari data yang ditampilkan pada LCD. Untuk baris pertama adalah menampilkan data dari sensor warna yaitu RGB. Untuk baris kedua menampilkan hasil pengukuran kadar amonia dengan satuan ppm. Pada baris ketiga menampilkan hasil klasifikasi dari metode Naive Bayes dan pada baris terakhir menampilkan perhitungan dari besar kadar glukosa yang didapatkan dengan metode Regresi Linier.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah menghasilkan sebuah alat pendeteksi kadar glukosa pada urine dengan metode Naive Bayes. Alat ini mampu mengukur gas amonia pada urine dan juga mengukur perubahan warna pada campuran larutan urine dan *Benedict*. Selain itu alat ini juga dapat mengklasifikasi data yang didapat menjadi hasil menggunakan metode Naive Bayes dan juga dapat menghitung kadar gula darah menggunakan metode Regresi Linier. Dimana akurasi dari metode *Naive Bayes* adalah 93,75% sedangkan *error* rata-rata dari metode Regresi Linier adalah 6,65%.

REFERENCES

- [1] World Health Organization, "Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications," Report of a WHO consultation. Part 1, Diagnosis and classification of diabetes mellitus, 1999.
- [2] S. Pangribowo, "Infodatin tetap produktif, cegah, dan atasi DM," Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, 2020.
- [3] T. R. 2018, Laporan Nasional RISKESDAS 2018, Jakarta: Lembaga Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan, 2018.
- [4] [4] R. T. yunardi and R. A. M. Yasin, "Comparison of machine learning algorithm for urine glucose level classification using side - polished fiber sensor," *Jurnal of Electronic, Electromedical Engineering and Medical Informatics*, vol. 2, no. 2, pp. 33-39, 2021.
- [5] L. Lamidi, R. Maulana, and W. Kurniawan, "Sistem pendeteksi penyakit DM dan tingkat dehidrasi berdasarkan kondisi urine dengan metode jaringan saraf tiruan berbasis aplikasi android," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 2, pp. 2088, 2019.
- [6] M. Gusev, L. Poposka, G. Spasevski, M. Kostoska, B. Koteska, "Non-invasive glucose measurement using machine learning and neural network methods and correlation with heart rate variability," *Journal of Sensors*, vol. 1, pp. 1-13, 2020.
- [7] F. A. Mumtaz, R. Maulana, and A. S. Budi, "Sistem penyakit pendeteksi DM berdasarkan kondisi urine dan gas buang pernapasan menggunakan K-nearest neighbor berbasis rduino," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 8, pp. 2628-2636, 2020.
- [8] L. Listyalina and D. A. D. E. L. Utari, "Identifying glucose levels in human urine via red green blue color compositions analysis," *Jurnal of Electrical Technology UMY*, vol. 4, no. 1, pp. 4-5, 2020.
- [9] N. J. Pangoh, "Comparison of urine glucose levels in DM type 2 using reduction and optical density methods in hospital Prof Dr. Aloe Saboe," *Journal of Health, Technology and Science*, vol. 1, no. 1, pp. 41-49, 2020.
- [10] L. Ahada, J. Subur, and M. Taufiqurrohman, "Alat ukur kadar gula darah non- invasive dalam urine menggunakan TCS3200 metode artificial neural network," in *Prosiding Seminar Nasional Fortei7*, Vol 2, no. 1, 2019. pp. 70.
- [11] Z. P. Hufri, "Pembuatan alat ukur kadar gula darah berdasarkan tingkat kekeruhan spesimen urine menggunakan sensor warna TCS3200 dan photodiode dengan tampilan LCD," *Jurnal Pillar of Physics*, vol. 13, pp. 2, 2020.
- [12] H. K. Wardana, E. Indahwati, and L. Arifah, "Measurement of non invasive blood glucose level based sensor color TCS3200 and arduino," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineers*, 2018. pp. 1-8.
- [13] A. Wulansari, "Gambaran pH urine pada penderita diabetes mellitus tipe 2," Skripsi. Universitas Muhammadiyah Semarang: Semarang, 2017.
- [14] A. Saleh, "Implementasi metode klasifikasi naive bayes dalam memprediksi besarnya penggunaan listrik rumah tangga," *Creative Information Technology Journal*, vol. 2, no. 3, pp. 209, 2015.
- [15] R. Zata, "Sistem pendeteksi dehidrasi berdasarkan warna dan kadar amonia pada urine berbasis sensor TCs3200 dan MQ135 dengan metode naive bayes," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 5, pp. 463-444, 2017.
- [16] I. K. A. Atmika, *Diktat Mata Kuliah Metode Numerik*, Bali: Universitas Udayana, 2016.
- [17] D. D. Santhi, *Diktat Praktikum Pemeriksaan Glukosa Urine dan Glukosa Darah Kualitatif dan Kuantitatif*, Bali: Universitas Udayana, 2017.
- [18] M. Alawi, "Alat pendeteksi dehidrasi berdasarkan warna dan kadar amonia pada urin dengan metode decision tree, Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2020.