

Alat Pendeteksi Level Volume Susu Cair Kotak Kemasan Karton Terlamniasi untuk Rak Lemari Pendingin

Rizky Wahyu Limbong Simandjuntak, Felix Pasila, Handry Khoswanto
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

E-Mail: limbongofficial@gmail.com ; felix@petra.ac.id ; handry@petra.ac.id

Abstrak - Sensor *Force Sensitive Resistor* (FSR) merupakan jenis sensor resistif yang menerima sebuah gaya berupa tekanan dan berdampak terhadap perubahan nilai resistansi FSR tersebut. Dengan menempatkan sensor FSR ini pada sebuah rangkaian pembagi tegangan, sensor ini dapat digunakan untuk mengukur nilai tekanan dan menghasilkan perubahan tegangan yang diakibatkan oleh perubahan nilai tekanan yang menyentuh sensor FSR.

Alat ini menggunakan sensor FSR yang terkonfigurasi di dalam sebuah rangkaian jembatan wheatstone. Jembatan wheatstone diatur sedemikian rupa sehingga nilai tegangan saat berat kosong (0% volume) sama dengan nol. Kemudian, nilai tegangan dirubah menjadi nilai bit melalui fitur *analog to digital converter* yang ada di dalam mikrokontroler. Setelah itu dilakukan proses sampling untuk memperoleh nilai tegangan terhadap nilai berat dari %volume yang telah ditentukan. Setelah itu data hasil sampling diolah kedalam metode *curve fitting* pada Matlab untuk mendapatkan nilai persamaan %level volume terhadap nilai tegangan yang masuk kedalam mikrokontroler. Persamaan ini kemudian diprogram dalam mikrokontroler. Pengujian persamaan dilakukan untuk meneliti nilai *error* %volume yang dihasilkan dari perhitungan persamaan terhadap nilai sebenarnya untuk dijadikan proses *tuning* melalui *re-mapping* nilai hasil perhitungan persamaan. Nilai %volume setelah *tuning* tersebut kemudian dikategorikan ke dalam level tertentu (level 0, level 1, level 2, level 3) dimana level tersebut menunjukkan level terendah sampai level tertentu.

Setelah dilakukan proses *tuning*, dilakukan pengujian akhir untuk menentukan nilai %volume dari nilai tegangan terkonversi dalam bit. Hasil pengujian alat ini menunjukkan nilai *error* sebesar 3,29% dan 2,29% untuk masing-masing FSR I dan FSR II. Sedangkan untuk hasil level dari batasan-batasan %volume memiliki nilai *error* = 0. Hasil kategori level terhadap batasan %volume dari perhitungan persamaan pada mikrokontroler dikirimkan dan disimpan ke dalam *server* IOT.

Kata Kunci— Arduino, Volume, Monitoring, Level, IOT.

I. PENDAHULUAN

Nilai konsumsi susu ideal pada umumnya berkisar antara 200-250ml perharinya untuk konsumsi susu cair [1]. Susu cair kemasan ini biasanya dikemas di dalam karton terlamniasi non-transparan, yang mempersulit pengonsumsi susu untuk mengetahui isi volume yang tersisa di dalam kemasan tersebut. Hingga saat ini, masih belum ada alat yang dapat membaca volume yang tersisa didalam kemasan tersebut.

FSR merupakan sebuah sensor yang mendeteksi sebuah gaya berupa tekanan. Tekanan pada permukaan FSR ini kemudian merubah nilai resistansi FSR [2]. Sesuai dengan hukum fisika, jumlah volume berbanding lurus dengan berat yang dihasilkan oleh volume tersebut [3]. Nilai berat ini dapat menunjukkan nilai volume susu di dalam kemasan karton terlamniasi tersebut. Penggunaan hukum pembagi tegangan

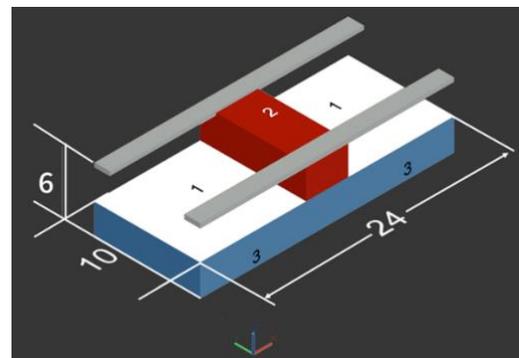
yang diimplementasikan ke dalam jembatan wheatstone dapat menghasilkan besaran listrik terhadap perubahan nilai resistansi dari FSR[4].

Proses *curve fitting* dari sampel nilai tegangan terhadap nilai berat akan membentuk sebuah persamaan karakteristik FSR terhadap berat dari susu cair kotak dalam kemasan tersebut. Hasil outputan kemudian dikirimkan ke sebuah *server* dan konsumen susu dapat mengakses volume susu cair kotak mereka melalui perangkat *smartphone*.

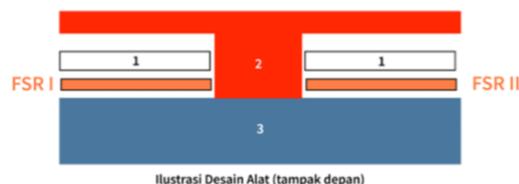
II. PERENCANAAN DESAIN ALAT

Spesifikasi sistem pada pembuatan alat pendeteksi susu cair kotak ini secara garis besar terdiri dari tiga buah bagian utama. Alat pendeteksi level, *server*, dan program berbasis android untuk mengakses data dari *server*.

A. Alat Pendeteksi Level



Gambar 1. Desain alat pendeteksi level.



Gambar 2. Mekanisme peletakan FSR

Pada Gambar 1, terdapat 3 poin berbeda: poin nomor 1, poin nomor 2, dan poin nomor 3. Ketiga poin pada gambar 1 merupakan bodi utama yang terbuat dari material keras non-elastis. Poin nomor 1 merupakan tempat dimana benda cair dalam kemasan diletakkan. Poin nomor 3 merupakan bodi berongga tempat diletakkannya sumber tegangan berupa baterai yang dapat diisi ulang. Sumber tenaga pada poin nomor 3

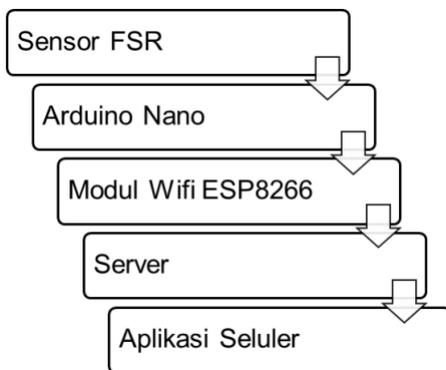
terhubung dengan deretan komponen elektronik yang berada pada bagian poin nomor 2.



Gambar 3. Rancang bangun alat.

Pada Gambar 2 (tampak depan) digambarkan ilustrasi desain akrilik, dimana diantara poin nomor 1 dan poin nomor 3 diselipkan sebuah sensor berat berupa lembaran FSR. Ketika poin nomor 1 diletakkan sebuah benda cair dalam kemasan, maka FSR tersebut akan ikut tertekan karena adanya beban dari benda cair dalam kemasan tersebut. Sedangkan poin nomor 2 merupakan bagian dari bodi yang digunakan untuk menampung komponen-komponen elektronik: sumber tenaga, sirkuit mikroprosesor, dan modul telekomunikasi nirkabel sebagai alat telekomunikasi data dengan medium jaringan internet. Bentuk keseluruhan rancang bangun alat ini mampu menampung dua buah susu cair kotak kemasan 1 liter seperti pada Gambar 3.

B. Desain Alur Kerja Sistem



Gambar 4. Blok diagram sistem kerja

Alat pendeteksi susu cair kotak terdiri dari 3 bagian utama : sensor FSR, Arduino nano sebagai mikrokontroller, dan modul WiFi ESP8266 sebagai perangkat telekomunikasi nirkabel. Setelah itu data dikirimkan ke *server* IOT dan data hasil deteksi level volume tersebut dapat diakses melalui *smartphone*.

C. Pemrosesan Arduino

Pemrosesan program Arduino maka ditetapkan aturan konversi batasan:

1. Tegangan dala bit berada diantara bit 0 hingga bit 1023 Arduino melalui internal analog to digital converter dan dirubah menjadi angka level dalam range nilai tertentu.
2. Hasil level kemudian akan dikonversikan menjadi yang lebih mudah dimengerti dengan ketetapan sebagai berikut:

- a. "0" untuk keadaan kotak susu terdeteksi kosong atau tidak ada kotak susu cair – dan untuk volume susu cair kotak di bawah 10%.
 - b. "1" untuk keadaan nilai level volume susu cair kotak berada dalam posisi rendah (10% - 40% dari volume).
 - c. "2" untuk keadaan nilai level volume susu cair kotak berada dalam posisi tengah (40% - 70% dari volume).
 - d. "3" untuk keadaan nilai level volume susu cair kotak berada dalam posisi tinggi (di atas 70% dari volume).
3. Nilai level tersebut diteruskan ke modul WiFi ESP8266 untuk dikirimkan ke *server* yang telah ditentukan.

Untuk mendapatkan penghematan daya, sample dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap sekitar 10 menit. Penggunaan library <LowPower.h> memungkinkan Arduino memasuki sleep-mode dimana Arduino ini aktif namun dorman. Hal ini dilakukan karena ketika susu cair kotak diletakkan di atas alat, alat akan masuk ke dalam posisi sleep-mode selama sekitar 10 menit. Setelah itu, kondisi *fully-stressed* ini merupakan kondisi dimana berat susu cair kotak menekan FSR secara maksimal tanpa disertai penambahan nilai tegangan terkonversi di dalam Arduino. Fenomena ini terjadi pada FSR yang mendapatkan kontak berupa tekanan ke FSR dalam jangka waktu yang lama.

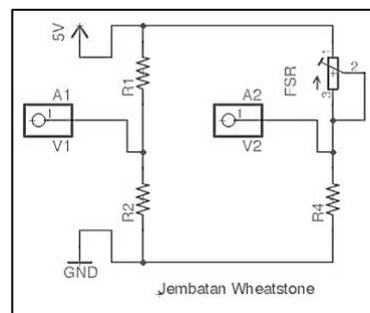
D. Desain software pada Arduino

Void setup merupakan bagian dimana hanya dijalankan sekali saat Arduino diaktifkan. Dalam fungsi ini, ada beberapa kode program yang mengatur fungsi pin Arduino, membuka komunikasi serial ESP8266 WiFi Modul dan membuat koneksi antara ESP8266 WiFi Modul ke akses-point dengan nama ssid dan password tertentu. Setelah void setup dijalankan, Arduino akan menjalankan fungsi yang akan selalu diulang. Fungsi ini adalah void loop. Void loop ini berisi beberapa fungsi lain yang dijalankan secara berurutan seperti:

- a. Lowpowermode
- b. Humidity dan Temperature
- c. Levelfsr1 dan Levelfsr2
- d. Opentcp, Sendcommand dan Closetcp

Fungsi-fungsi di atas dipanggil ketika fungsi void loop sedang berjalan di dalam Arduino. Void loop akan menjalankan secara berurutan dari lowpowermode hingga closetcp kemudian kembali lagi ke lowpowermode dan begitu seterusnya.

E. Perangkaian Alat



Gambar 5. Rangkaian jembatan wheatstone untuk masing-masing FSR.

Rangkaian jembatan wheatstone dihubungkan satu-persatu dengan pin Arduino sebagai berikut:

- Pin 2 dihubungkan dengan 5V VCC rangkaian pembagi tegangan dan 5V VCC sensor DHT11.
- Pin A0 dihubungkan dengan output sensor DHT11.

- Pin A2 dihubungkan dengan VR10K FSR I.
- Pin A1 dihubungkan dengan VR Wheatstone FSR I.
- Pin A4 dihubungkan dengan VR10K FSR II.
- Pin A3 dihubungkan dengan VR Wheatstone FSR II.
- Pin 10 dan pin 11 dihubungkan dengan ESP8266-TX dan ESP8266-RX.
- GND dengan GND rangkaian wheatstone, sensor DHT11, dan GND ESP8266 WiFi Modul.

III. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA

A. Pengujian Rangkaian Pembagi Tegangan

Data hasil perancangan alat pendeteksi level susu cair sebelumnya, diolah sedemikian rupa untuk pengujian tegangan terkonversi rangkaian pembagi tegangan murni. Jika dilakukan pengukuran tegangan terkonversi (V2) pada R4 yang berfungsi sebagai Rm terhadap sampel beban 100%, 70%, 40% dan 10%, maka data untuk masing-masing FSR dicatat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Data hasil pengukuran Tegangan Rm terhadap FSR I.

		Statistics			
		FSR1_100_VD	FSR1_70_VD	FSR1_40_VD	FSR1_10_VD
N	Valid	380	380	380	380
	Missing	0	0	0	0
Mean		862.01	826.80	753.73	664.84
Median		865.00	828.00	754.00	666.00
Std. Deviation		10.183	2.536	2.656	4.261
Range		146	13	12	25
Minimum		721	820	748	644
Maximum		867	833	760	669

Tabel 2. Data hasil pengukuran tegangan pada Rm terhadap FSR II.

		Statistics			
		FSR2_100_VD	FSR2_70_VD	FSR2_40_VD	FSR2_10_VD
N	Valid	380	380	380	380
	Missing	0	0	0	0
Mean		889.08	798.47	764.21	729.11
Median		892.00	800.00	765.00	729.00
Std. Deviation		31.105	4.293	2.817	3.262
Range		604	19	13	18
Minimum		289	785	755	716
Maximum		893	804	768	734

Data pada tabel tersebut secara kasar membentuk kurva fungsi polinomial derajat 2. Sehingga dalam pemilihan persamaan, digunakan fungsi polinomial derajat 2. Untuk *curve fitting* FSR I didapatkan hasil persamaan sebagai berikut:

$$F(x) = 0,001397x^2 - 1,709x + 528,7$$

Persamaan 1

Dimana :

F(x) : % level volume untuk susu cair kotak I (%).

x : Nilai tegangan terkonversi (bit).

Dan untuk FSR II didapatkan hasil persamaan sebagai berikut:

$$F(x) = -0,003131x^2 + 5,667x - 2463$$

Persamaan 2

Dimana :

F(x) : % level volume untuk susu cair kotak II (%).

x : Nilai tegangan terkonversi (bit).

1. Pengujian Persamaan Rangkaian Pembagi Tegangan

Dari Persamaan 1 dan Persamaan 2 dilakukan pengujian untuk menentukan nilai tegangan (bit) pada FSR I dan FSR II sehingga nilai level mendekati nilai 0 (nol). Sehingga didapatkan hasil perhitungan didalam tabel sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil perhitungan rangkaian pembagi tegangan untuk level = 0.

FSR	Nilai Tegangan (Bit)	Koefisien A	Koefisien B	Konstanta C	Level
FSR I	726	-0,003131	5,667	-2463	0,967044
FSR II	666	0,0003571	-0,01185	-149,6	0,9017476

Selanjutnya Persamaan 1 dan Persamaan 2, dilakukan pengujian dengan batas beban yang telah ditentukan untuk setiap % volume : 10%, 40%, 70% dan 100%. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan nilai hasil perhitungan dari fungsi polinomial derajat 2 dan nilai sebenarnya. Hasil pembacaan FSR dan terhadap nilai sebenarnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil perhitungan fungsi polinomial derajat 2 rangkaian pembagi tegangan dan nilai sebenarnya.

Nilai Sebenarnya %Volume (%)	Hasil Perhitungan Fungsi		Level		Error	
	FSR I (%)	FSR II (%)	FSR I	FSR II	FSR I (%)	FSR II (%)
10	24	-30	0	0	14	-40
40	47	75	1	1	7	35
70	78	94	3	3	8	24
100	88	99	3	3	-12	-1
Rata-Rata Error Batasan Level					4,25	4,5

Dari Tabel 4, didapatkan nilai untuk proses mapping ulang terhadap nilai batasan yang ada. *Mapping* merupakan sebuah fungsi dari arduino yang digunakan untuk memetakan suatu range nilai ke sebuah range nilai yang baru dengan memasukkan batas-batas minimal dan maksimal, dalam hal ini, batas-batas yang dimaksud adalah batas-batas % volume pada Tabel 4.

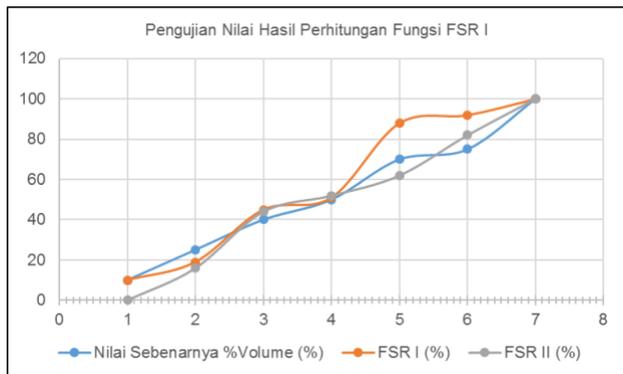
Setelah dilakukan mapping, maka dilakukan pengujian pada volume sesuai dengan takaran konsumsi susu yang direkomendasikan sebesar 250ml. Hasil pengujian ada di dalam Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Hasil pengujian terhadap % volume sesuai takaran saji (rangkain pembagi tegangan setelah *mapping*).

Nilai Sebenarnya %Volume (%)	Hasil Perhitungan Fungsi		Level		Error	
	FSR I (%)	FSR II (%)	FSR I	FSR II	FSR I (%)	FSR II (%)
10	10	0	0	0	0	-10
25	19	16	1	1	-6	-9
40	45	44	2	2	5	4
50	51	52	2	2	1	2
70	88	62	3	3	18	-8
75	92	82	3	3	17	7
100	100	100	3	3	0	0
Rata-Rata Error Untuk Pengujian					5	-2

Dari Tabel 5 didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 5% untuk FSR I dan -2% untuk FSR II. Pengkategorian level terhadap batasan-batasan dicapai tepat 100% sesuai dengan

yang diharapkan. Jika data pada Tabel 5 divisualisasikan dalam grafik 7 hasil pengujian maka akan terlihat seperti berikut:



Gambar 6. Grafik nilai sebenarnya, respon FSR I dan respon FSR II (rangkaiian pembagi tegangan).

2. Pengujian Rangkaian Jembatan Wheatstone

Data hasil perancangan alat pendeteksi level susu cair sebelumnya, diolah sedemikian rupa untuk pengujian tegangan terkonversi rangkaian jembatan wheatstone. Jika dilakukan pengukuran selisih tegangan terkonversi diantara V2 dan V1 pada R4 dan R2 terhadap sampel beban 100%, 70%, 40% dan 10%, maka data untuk masing-masing FSR dicatat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil pengujian tegangan pada rangkaian jembatan wheatstone FSR I dari variasi % volume susu cair kotak (dalam bit).

		Statistics			
		FSR1_100_WH	FSR1_70_WH	FSR1_40_WH	FSR1_10_WH
N	Valid	380	380	380	380
	Missing	0	0	0	0
Mean		598.01	562.80	489.73	400.84
Median		601.00	564.00	490.00	402.00
Std. Deviation		10.183	2.536	2.656	4.261
Range		146	13	12	25
Minimum		457	556	484	380
Maximum		603	569	496	405

Tabel 7. Hasil pengujian tegangan pada rangkaian jembatan wheatstone FSR II dari variasi % volume susu cair kotak (dalam bit).

		Statistics			
		FSR2_100_WH	FSR2_70_WH	FSR2_40_WH	FSR2_10_WH
N	Valid	380	380	380	380
	Missing	0	0	0	0
Mean		600.08	509.47	475.21	440.11
Median		603.00	511.00	476.00	440.00
Std. Deviation		31.105	4.293	2.817	3.262
Range		604	19	13	18
Minimum		0	496	466	427
Maximum		604	515	479	445

Untuk *curve fitting* FSR I didapatkan hasil persamaan sebagai berikut:

$$F(x) = 0,001389 x^2 - 0,9635 x + 173,3$$

Persamaan 3

Dimana :

F(x) : % level volume untuk susu cair kotak I (%).

x : Nilai tegangan terkonversi (bit).

Setelah itu, dilakukan hal yang sama untuk nilai FSR II jembatan wheatstone. Didapatkan kurva polinomial derajat 2 untuk FSR II jembatan wheatstone melalui *curve fitting* dengan persamaan sebagai berikut:

$$F(x) = -0,003139x^2 + 3,865 x - 1089$$

Persamaan 4

Dimana :

F(x) : % level volume untuk susu cair kotak II (%).

x : Nilai tegangan terkonversi (bit).

Dari Persamaan 3 dan Persamaan 4 dicari titik nilai tegangan dimana kedua fungsi tersebut akan menghasilkan nilai level = 0 melalui perhitungan. Hasil perhitungan tersebut dicatat di dalam tabel dibawah ini:

Tabel 8. Hasil perhitungan persamaan rangkaian jembatan wheatstone untuk level = nol.

FSR	Nilai Tegangan (Bit)	Konstanta a	Konstanta b	Konstanta c	Level
FSR I	346	0,001389	-0,9635	173,3	6,214524
FSR II	794	-0,003139	3,865	-1089	0,871396

Kemudian proses *tuning* dilakukan untuk mencari nilai *error* dengan pengujian persamaan terhadap berat asli. Hasil pengujian dicatat di dalam tabel berikut ini:

Tabel 9. Hasil perhitungan fungsi polinomial derajat 2 jembatan wheatstone dan nilai sebenarnya.

Nilai Sebenarnya %Volume (%)	Hasil Perhitungan Fungsi		Level		Error	
	FSR I (%)	FSR II (%)	FSR I	FSR II	FSR I (%)	FSR II (%)
10	8	17	0	0	-2	7
40	53	74	2	1	13	34
70	76	88	3	3	6	18
100	90	98	3	3	-10	-2
Rata-Rata Error Batasan Level					1,75	14,25

Nilai *error* pada Tabel 9 digunakan untuk proses *mapping* sebagai *tuning* pembacaan agar diperoleh nilai *error* yang lebih baik.

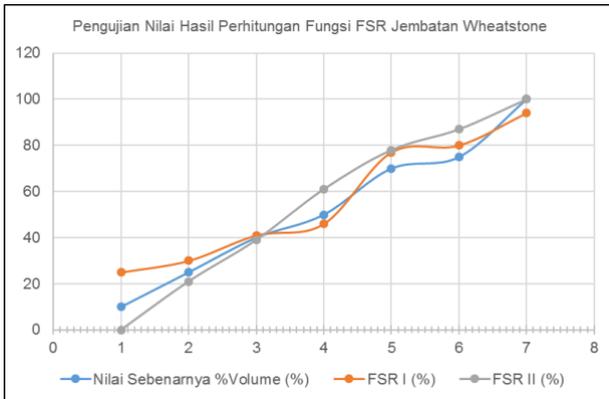
Setelah dilakukan proses *tuning*, maka dilakukan pengujian terhadap semua level dan level terhadap konsumsi susu maksimal. Hasil dari pengujian dicatat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 10. Hasil pengujian terhadap % volume sesuai takaran saji (rangkaiian jembatan wheatstone).

Nilai Sebenarnya %Volume (%)	Hasil Perhitungan Fungsi		Level		Error	
	FSR I (%)	FSR II (%)	FSR I	FSR II	FSR I (%)	FSR II (%)
10	25	0	0	0	15	-10
25	30	21	1	1	5	-4
40	41	39	2	2	1	-1
50	46	61	2	2	-4	11
70	77	78	2	3	7	8
75	80	87	3	3	5	12
100	94	100	3	3	-6	0
Rata-Rata Error Untuk Pengujian					3,29	2,29

IV. KESIMPULAN

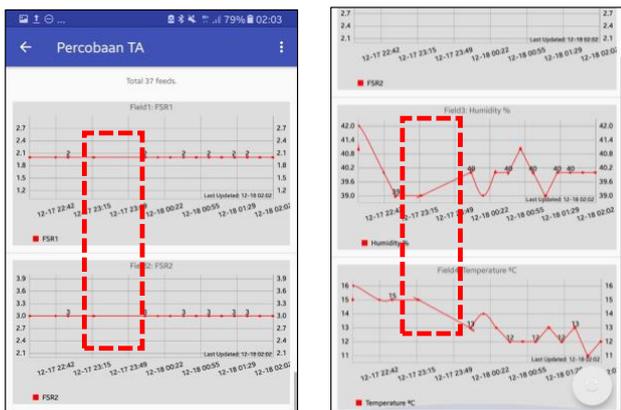
Pengkategorian level terhadap batasan-batasan dicapai tepat 100% sesuai dengan yang diharapkan. Jika data pada Tabel 10 divisualisasikan dalam grafik 7 hasil pengujian maka akan terlihat seperti berikut:



Gambar 7. Grafik nilai sebenarnya, respon FSR I dan respon FSR II (jembatan wheatstone).

3. Pengujian Aplikasi Thingchart

Aplikasi Thingchart digunakan untuk mensimulasikan adanya aplikasi *smartphone* yang memberikan informasi tentang nilai level yang ada pada 2 susu cair kotak, suhu, dan kelembaban. Pengujian aplikasi Thingchart dilakukan dengan cara menjalankan aplikasi dan mendaftarkan nomor *channel-id* yang telah disetting menjadi *public*. Setelah itu kita dapat mengakses nilai level yang telah tersimpan di dalam Thingspeak *server*. Hasil pengujian didasarkan dengan interval 1 jam dan dalam sekali pengiriman, dilakukan 3 kali percobaan berurutan (jeda 16 detik) mengirimkan data FSR I, FSR II, kelembapan, dan suhu. Hasil pengujian tersebut digambarkan didalam gambar di bawah ini:



Gambar 8. Aplikasi Thingchart (kiri : FSR I, FSR 2 - kanan : kelembaban dan suhu).

Pada Gambar 8 baik kiri maupun kanan (di dalam kotak dengan garis putus-putus) didapati ada bagian kosong yang tidak memiliki data angka. Hal ini merupakan indikasi jika alat pendeteksi level tidak berhasil melakukan transmisi data (pengiriman) FSR I, FSR2, kelembapan dan suhu ke Thingspeak *server*. Seharusnya data tersebut dikirimkan sesuai dengan interval yang telah ditetapkan, yakni setiap 1 jam dengan tiga kali percobaan berurutan (jeda 16 detik).

Dari pengerjaan alat pendeteksi level susu cair kotak ini, dapat disimpulkan jika:

- Alat ini dapat membaca % volume dengan rata-rata error sebesar 5% hingga -2% level volume terjadi pada pembacaan dengan rangkaian pembagi tegangan.
- Alat ini dapat membaca % volume dengan rata-rata error sebesar 2,29% hingga 3,29% level volume terjadi pada pembacaan dengan rangkaian jembatan wheatstone.
- Penggunaan *curve fitting* merupakan cara yang tepat untuk mencari persamaan pada sebuah pembacaan level terhadap tegangan ketika kita tidak dapat mengetahui karakteristik sensor FSR terhadap nilai batasan gaya terhadap FSR (dalam hal ini berat).
- Rangkaian pembagi tegangan yang terdiri 2 resistor (tanpa jembatan wheatstone) menghasilkan nilai pembacaan yang lebih buruk karena memiliki tegangan awal pada VRm, namun lebih efisien dalam penggunaan jumlah komponennya.
- Dengan jembatan wheatstone kita dapat mengetahui range tegangan sebesar 0 – 600 (dalam bit) sebagai tegangan output FSR yang dihubungkan seri dengan resistor dalam rangkaian pembagi tegangan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rafikasari, D. (2016). *Ini takaran ideal konsumsi susu sesuai usia*. Dipetik April 2, 2017, dari SINDOnews: <https://lifestyle.sindonews.com/read/1113677/155/ini-takaran-ideal-konsumsi-susu-sesuai-usia-1464924737>.
- [2] Ștefănescu, D. M. (2011). *Handbook of force transducers*. Romania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [3] Reymond, S. A., & Faughn, S. J. (2006). *Physics*. Austin.
- [4] Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2013). *Electronic devices and circuit theory (11th Edition ed.)*. New Jersey, United States Of America: Pearson Education, Inc.