

Sensor *Galvanic Skin Response* (GSR) Berbasis Arduino Uno Sebagai Pendeteksi Tingkat Stres Manusia

Regina Seran^{1,a)}, Hardiyanto^{1,b)}, Nikmatul Husna^{2,c)} dan Hendro^{3,d)}

¹Laboratorium Fisika Bumi,
Kelompok Keilmuan Fisika Bumi dan Sistem Kompleks,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

²Laboratorium Fisika Fotonik,
Kelompok Keilmuan Fisika Magnetik dan Fotonik,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

³Laboratorium Fisika Instrumentasi,
Kelompok Keilmuan Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)} reginaseran@gmail.com

^{b)} ardy.vck.ur@gmail.com

^{c)} nikmatulh@gmail.com (corresponding author)

^{d)} hendro@fi.itb.ac.id

Abstrak

Nilai konduktivitas atau konduktansi kulit dapat diukur untuk mendapatkan tingkat stres yang dialami oleh manusia. Alat yang digunakan adalah Galvanic Skin Response (GSR) alat ini sudah ada di luar negeri, namun di Indonesia belum diproduksi. Beberapa mahasiswa Indonesia kemudian mulai merancang alat ini dengan berbagai modifikasi. Penelitian ini menitikberatkan pada analisa rangkaian sensor yang dibuat. Penulis juga melakukan penyederhanaan dalam tampilan Arduino. Dari hasil yang didapatkan, semakin tinggi konduktivitas kulit seseorang menunjukkan semakin tinggi tingkat stres yang dialaminya. Hal ini menunjukkan semakin rendah nilai hambatan yang ada pada jarinya. Hasil analisis yang dilakukan pada rangkaian, diketahui bahwa frekuensi yang diloloskan dari rangkaian adalah frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cutoff sekitar 3,2 Hz.

Kata-kata kunci: GSR, Arduino, frekuensi cutoff

PENDAHULUAN

Salah satu pekerjaan yang sulit dilakukan para psikolog dan medis adalah mengukur tingkat emosi manusia khususnya tingkat stres pasien yang akan menjalani operasi. Mereka membutuhkan alat yang dapat membantu penegakan diagnosa agar lebih akurat, karena pasien mengalami emosi yang tidak stabil atau stres[1]. Jadi dengan mengukur bagaimana perubahan konduktansi listrik pada kulit tersebut, kita dapat memahami ketika orang merasa rileks atau stres misalnya sebelum operasi. Metoda ini telah banyak yang digunakan oleh para peneliti, sehingga telah dikembangkan produk Galvanic Skin Response. Akan tetapi di Indonesia alat tersebut belum ada dan hanya dapat diperoleh dari luar negeri[2]. Oleh karena itu beberapa mahasiswa di Indonesia mulai mencoba merancang sensor GSR untuk mengukur tingkat stres manusia. Salah

satunya Desta Yolanda, mahasiswa Universitas Andalas, dalam skripsinya yang berjudul “ Mengukur Tingkat Stres pada Manusia Menggunakan *Galvanic Skin Response* (GSR) dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis *Arduino UNO*”[3]. Selain itu, Amano dan Robin beserta tim mereka masing-masing juga melakukan penelitian tentang konduktansi kulit [4,5]. Pada penelitian kali ini dilakukan modifikasi rancangan GSR dengan menggunakan tampilan yang lebih sederhana di PC, serta analisis *signal conditioning* pada rangkaian sensor GSR.

RANGKAIAN SENSOR GSR SEBAGAI PENDETEKSI STRES

Galvanic Skin Response

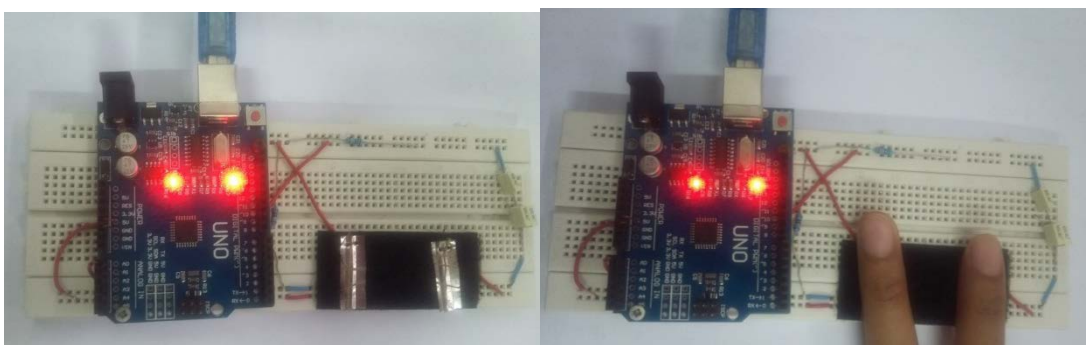
Galvanic skin response (GSR) adalah perubahan psikologis pada kulit akibat dari perubahan aktivitas kelenjar keringat, dimana kelenjar keringat akan aktif bila tubuh berada dalam kondisi stres, atau berada pada kondisi tertekan. Peningkatan jumlah keringat walaupun sangat sedikit akan menurunkan resistansi kulit karena keringat terdiri atas air dan ion-ion elektrolit (Na⁺, K⁺, Cl⁻) yang merupakan bahan konduktor. Ketika keringat keluar pada permukaan tubuh selama emosi, dua perubahan sifat-sifat listrik terjadi pada kulit. Pertama, jaringan menghasilkan kekuatan gaya gerak listrik (tegangan). Kedua, hambatan listrik atau resistansi pada kulit berubah. Dari besarnya nilai resistansi tubuh dapat diketahui nilai konduktansinya. Konduktansi adalah kemampuan suatu bahan menghantarkan listrik. Konduktansi merupakan kebalikan dari resistansi, sehingga dapat digunakan rumus (1).

$$G = \frac{1}{R} \quad (1)$$

dimana G adalah Konduktansi (μ Siemens) dan R adalah Resistansi (Ω).

Sensor GSR

Perubahan resistansi kulit dapat diukur oleh peralatan listrik khusus dengan sensitivitas yang besar. Alat tersebut merupakan sensor GSR. Sensor GSR terdiri dari 2 lembar alumunium foil yang terhubung kabel ke rangkaian. Sensor ini berfungsi untuk menangkap sinyal-sinyal listrik yang ada pada kulit tangan. Sensor ini berpedoman pada kemampuan konduktivitas kulit. Kulit manusia menunjukkan berbagai bentuk fenomena bioelektrik khususnya pada daerah jari-jari, telapak tangan dan telapak kaki. Hal ini disebabkan jumlah serabut syaraf sensory unit pada jaringan bawah kulit daerah jari-jari, telapak tangan, dan kaki, jauh lebih banyak dibandingkan di organ-organ lain. Sehingga pada pengukuran bio sinyal GSR, elektrode pengukuran ditempatkan lebih baik melalui dua jari tangan (jari tengah dan jari telunjuk) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan Alat *Galvanic Skin Response*

Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan digunakan untuk menyatakan tegangan melintasi salah satu diantara dua tahanan seri, dinyatakan dalam tegangan melintasi kombinasi itu. Rangkaian pembagi tegangan juga digunakan untuk mengkonversi perubahan resistansi menjadi tegangan. Tegangan pada keluarannya diberikan oleh :

$$V_D = \frac{R_2 V_S}{R_1 + R_2} \tag{2}$$

dengan V_S adalah tegangan catu (Volt) dan R_1, R_2 adalah resistansi (Ohm).

Signal Conditioning

Signal conditioning adalah proses memodifikasi sinyal, mengubah karakteristiknya, menambah atau menguranginya sehingga menjadi sinyal yang dibutuhkan untuk aplikasi. *Signal conditioning* ini bekerja dengan masukan dan keluaran analog. Pengkondisi sinyal bisa juga melakukan penapisan sinyal (pemfilteran), seperti: BPF (*Band Pass Filter*), HPF (*High Pass Filter*) dan LPF (*Low Pass Filter*).

Frekuensi *cut off* dari rangkaian *low pass filter* dapat di hitung dengan menggunakan rumus pada persamaan (3):

$$f_{cut\ off} = \frac{1}{2\pi R_2 C} \tag{3}$$

Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan sirkuit berbasis mikrokontroler ATmega328. IC (*integrated circuit*) ini memiliki 14 input/output digital (6 output untuk PWM), 6 analog input, resonator kristal keramik 16 MHz, Koneksi USB, soket adaptor, pin header ICSP, dan tombol reset. Hal inilah yang dibutuhkan untuk mensupport mikrokontrol secara mudah terhubung dengan kabel power USB atau kabel *power supply* adaptor AC ke DC atau juga *battery*. Output dari rangkaian filter kemudian dibaca oleh Arduino dan ditampilkan di monitor.

HASIL PERHITUNGAN DAN PERBANDINGAN DENGAN DATA REFERENSI

Hasil Pembacaan Sensor

Pengujian alat telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu Yolanda (2014) dengan menggunakan resistor sebagai pengganti hambatan pada jari. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa nilai konduktansi berbanding terbalik dengan resistansi, sesuai dengan tinjauan pustaka. Semakin besar hambatan semakin kecil konduktansi kulit yang terbaca. Semakin kecil hambatan semakin besar konduktansi kulit yang terbaca.

Tabel 1. Hasil pembacaan sensor GSR

T(sekon)	Ga	Gb	Gc	Gd
1	0.60	1.93	0.74	5.35
2	0.60	1.92	0.73	5.56
3	0.62	1.80	0.72	4.50
4	0.62	1.75	0.70	5.05
5	0.64	1.71	0.69	5.16
6	0.65	1.66	0.68	4.88
7	0.65	1.62	0.67	4.78
8	0.66	1.58	0.66	4.65
9	0.66	1.55	0.65	4.65
10	0.66	1.56	0.65	4.72
11	0.66	1.50	0.64	4.59
12	0.67	1.47	0.63	4.53

13	0.67	1.45	0.63	4.17
14	0.67	1.41	0.62	3.97
15	0.69	1.39	0.62	4.19
16	0.69	1.37	0.61	4.06
17	0.69	1.36	0.61	4.14
18	0.70	1.35	0.60	4.25
19	0.70	1.34	0.60	4.72
20	0.70	1.32	0.59	4.68
21	0.71	1.31	0.59	4.65

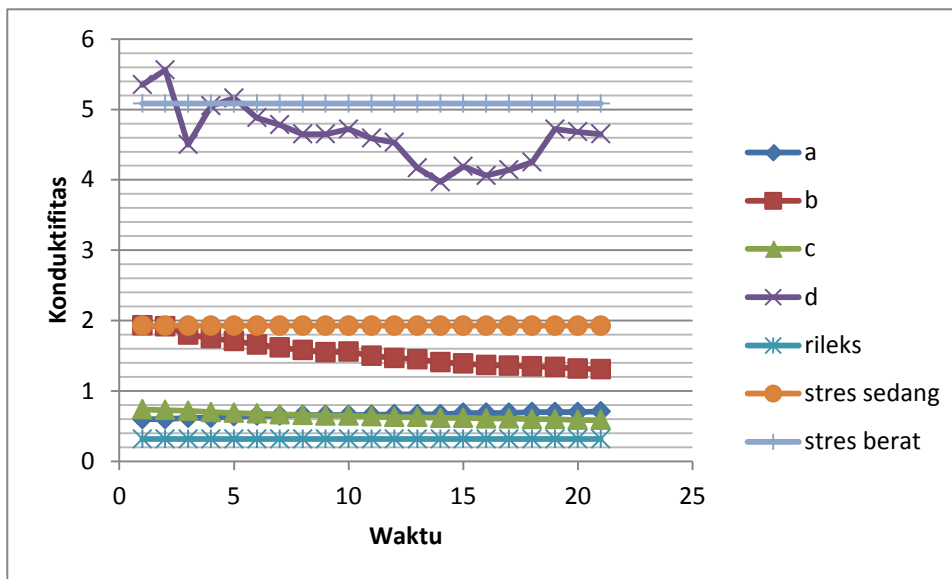
Tabel 1 menunjukkan nilai konduktansi kulit yang terbaca dari 4 orang mahasiswa pascasarjana di ITB. Nilai konduktansi ini nantinya akan diambil nilai terbesarnya kemudian dikelompokkan berdasarkan tingkat stres. Pengelompokkan ini akan dibahas di analisis data.

Nilai konduktansi kulit subjek dikelompokkan ke tingkat stres. Data hasil pengelompokkan ini diambil dari hasil penelitian oleh mahasiswa kedokteran yang termasuk dalam tim Yolanda (2014). Nilai konduktansi ditampilkan dalam tabel 2 dengan satuan μ Siemens (analog) dan dalam bit (digital).

Tabel 2. Tingkat stres berdasarkan nilai konduktansi kulit

Kondisi Subyek	GSR (μ Siemens)	GSR (dalam bit)
Normal	0 - 0.415	0-300
Rileks (Relax)	0.417 – 1.054	301-525
Stres Ringan	1.058 – 1.418	526-600
Stres Sedang	1.424 – 2.433	601-725
Stres Berat	2.444 – 4.166	726-825
Stres Sangat Berat	>4.166	826-1023

Tingkat stres yang dialami oleh 4 subjek yang diukur oleh GSR pada Tabel 1 ditampilkan pada gambar 2. Berdasarkan gambar 2 terlihat bahwa subjek **a** dan **c** berada dalam kondisi rileks, subjek **b** mengalami stres sedang, sedangkan subjek **d** mengalami stres sangat berat. Semakin tinggi konduktansi semakin tinggi tingkat stres



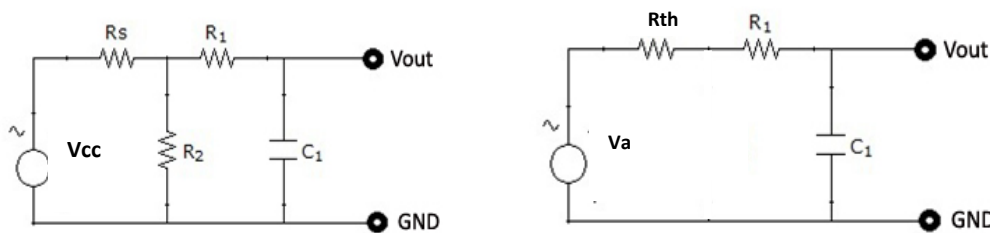
Gambar 2. Grafik nilai konduktansi terhadap waktu.

Ketika pengambilan data, terkadang subjek dalam kondisi rileks terbaca stres sangat berat. Hal ini kemungkinan karena keringat berlebih yang ada di kulit jari subjek. Keringat ini mengurangi nilai hambatan yang terbaca sehingga meningkatkan perhitungan konduktansi di program sensor GSR. Kemungkinan lain adalah kesalahan ketika meletakkan jari di rangkaian sensor. Ketika dua jari tersebut tidak diposisikan dengan baik maka elektroda tidak terhubung ke rangkaian atau dibaca sebagai hambatan nol, sehingga konduktansi bernilai tak hingga. Pada serial monitor arduino terbaca sebagai konduktansi=inf (*infinite*). Kesalahan seperti di atas bisa diminimalkan. Oleh karena itu diperlukan *treatment* khusus pada jari tangan sebelum diletakkan di rangkaian sensor. Selain itu, rancangan rangkaian atau desain alat sensor GSR harus diperbaharui agar hambatan pada jari dapat terbaca dengan baik dan nilai konduktansi juga dapat menunjukkan tingkat stres yang sesuai dengan keadaan sebenarnya pada subjek. Kalibrasi alat juga perlu dilakukan secara periodik agar data yang didapatkan dapat dipercaya.

Analisis rangkaian

Analisa rangkaian pembagi tegangan dan *signal conditioning*

1. Rangkaian pembagi tegangan disederhanakan menjadi rangkaian setara thevenin seperti gambar 3.



Gambar 3. Penyederhanaan rangkaian

Untuk menghitung tegangan keluaran dapat menggunakan rumus (6) dengan menghitung tegangan dan hambatan Thevenin terlebih dahulu.

$$R_{Th} = \frac{R_2 R_S}{R_2 + R_S} \tag{4}$$

$$V_a = \frac{R_2 R_{cc}}{R_2 + R_S} \tag{5}$$

$$V_{out} = \frac{V_a / j\omega C_1}{\frac{1}{j\omega C_1} + R_{Th} + R_1} \tag{6}$$

2. Kemudian frekuensi *cutoff* dihitung dengan menggunakan rumus (8) yang berasal dari rumus (7).

$$\omega = 2\pi f \tag{7}$$

$$f_{cutoff} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \approx 3.2 \text{ Hz} \tag{8}$$

Dengan demikian frekuensi yang diloloskan oleh *low-pass filter* adalah frekuensi kecil dari 3.2 Hz. Frekuensi diatas 3.2 Hz dibuang atau tidak dibaca.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa rangkaian sensor GSR dapat disimpulkan bahwa penulis berhasil membuat rangkaian sensor GSR dengan mengacu pada penelitian sebelumnya, yaitu dengan rangkaian pembagi tegangan dan *low-pass filter*. Dari hasil yang didapatkan, semakin tinggi konduktivitas kulit semakin tinggi tingkat stres yang dialaminya. Hal ini menunjukkan semakin rendah nilai hambatan yang ada pada jarinya. Hasil analisis yang dilakukan pada rangkaian, diketahui bahwa frekuensi yang diloloskan dari rangkaian adalah frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi *cutoff* sekitar 3.2 Hz.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini. Makalah ini didanai oleh Riset Inovasi Institut Teknologi Bandung 2015.

REFERENSI

1. K. T. Handoyo, *Biokontrol Sebagai Pendeteksi Taraf Ketegangan Manusia*, Tugas Akhir SI Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang. (2008)
2. E. Gunawan, dkk, *Rancangan Alat Ukur Galvanic Skin Response Menggunakan Konsep Hirarki Chart*, Institut Teknologi Nasional, Bandung (2013)
3. D. Yolanda, *Mengukur Tingkat Stres Pada Manusia Menggunakan Galvanic Skin Response (Gsr) Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis Arduino Uno*, Universitas Andalas, Padang (2014)
4. T. Amano, dkk, *Determination of The Maximum Rate of Eccrine Sweat Glands' Ion Reabsorption Using The Galvanic Skin Conductance to Local Sweat Rate Relationship*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2014)
5. Robin, dkk, *Feasibility of Monitoring Stress Using Skin Conduction Measurements During Intubation of Newborns*, Springerlink.com (2015)