

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Literature Review*

Untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan maka pada bagian ini akan membahas penelitian-penelitian yang sebelumnya telah dilakukan. Penelitian yang pertama berjudul “Mengukur Tingkat *Stress* Pada Manusia Menggunakan *Galvanic Skin Response* (GSR)” oleh D. Yolanda (Yolanda, 2014). Diperkirakan pada penelitian ini digunakan modul sensor GSR yang dijual di pasaran, dengan elektroda bermaterial nikel yang memiliki ukuran permukaan sebesar 1,77 cm². Hasil penelitian ini berupa data penggolongan tingkat *stress* pada manusia berdasarkan nilai konduktansi kulit dan bilangan desimal dalam bentuk digital yang merupakan *output* dari sensor GSR yang telah diolah oleh mikrokontroler, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Klasifikasi Tingkat *Stress* Berdasarkan Nilai Konduktansi Kulit
(Yolanda, 2014)

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

Penelitian yang kedua berjudul “Sensor *Galvanic Skin Response* (GSR) Berbasis Arduino Uno Sebagai Pendeteksi Tingkat *Stress* Manusia” oleh Seran, dan rekan (Seran, 2015). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat rangkaian pengganti sensor GSR dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dan *low-pass filter*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sensor GSR dapat dibuat dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dan *low-pass*

filter serta frekuensi yang diloloskan dari rangkaian adalah frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi *cutoff* sekitar 3,2 Hz.

Penelitian yang ketiga berjudul “Perancangan Alat Ukur *Stress* melalui *Galvanic Skin Response* (GSR) Menggunakan Sistem Minimum Microcontroller” oleh M. Nafis Mudhoffar dan rekan (Mudhoffar, 2014). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat alat ukur *stress* yang lebih mudah untuk dioperasikan dan lebih ekonomis. Alat ukur yang dirancang merupakan pengembangan dari alat ukur *stress* pada *Galvanic Skin Response* (GSR) milik Gunawan yang mengacu pada konsep desain *lie detector* dengan indeks analog sebagai penunjuk besaran *stress* yang diukur (Gunawan, 2012). Alat ukur yang telah dikembangkan kemudian diintegrasikan dengan LCD sebagai display dari *output*-nya. Penelitian ini menciptakan kesimpulan bahwa alat ukur yang dirancang lebih mudah dioperasikan, karena menggunakan indeks digital yang lebih mudah dibaca. Biaya yang dibutuhkan untuk membuat alat ukur lebih murah dibandingkan dengan membeli alat ukur *stress* yang sudah ada.

Penelitian yang keempat berjudul “Rancang Bangun Deteksi *Stress* pada Sistem Pemantau Kesehatan Manusia Berbasis Arduino Nano” oleh Noer Muhammad Hedi Pratama (Pratama, 2018). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang alat deteksi tingkat *stress* sistem pemantau kondisi kesehatan manusia berbasis Arduino Nano dan mengintegrasikan sensor denyut jantung dan sensor respon kulit ke sistem pemantau kondisi kesehatan manusia berbasis Arduino Nano. Untuk merancang sistem ini dibutuhkan beberapa alat, diantaranya Arduino Nano, I/O *Shield* Arduino Nano, *Pulse* sensor, Sensor *Galvanic Skin Response*, LCD 16x2, Kabel *Jumper*, Baterai *Lithium Polymer* Ubec 3-5 A, *Software* Arduino IDE, Laptop ASUS A46CB, Velcro Tape. Kesimpulan dari penelitian ini adalah alat ini dapat berfungsi dengan baik dalam menunjukkan jumlah detak jantung dan tingkat emosi/*stress* dalam waktu satu menit. Terdapat 11 orang *sample* dalam penelitian ini, dan hasil yang didapat bahwa *sample* pertama sampai *sample* yang lain memiliki perbedaan kondisi kesehatannya masing-masing baik pada penggunaan *Pulse* sensor dan GSR sensor.

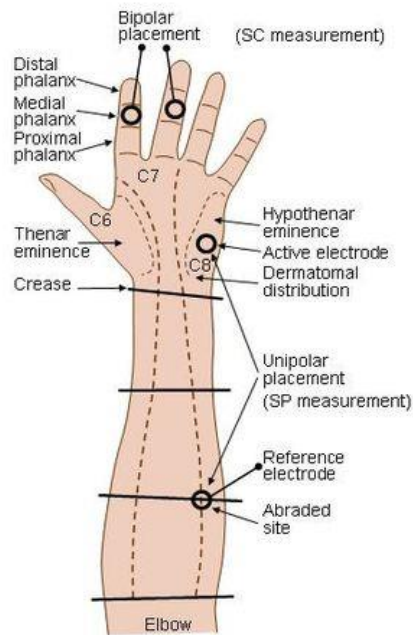
Dari berbagai literatur penelitian yang dikutip di atas, dapat disimpulkan bahwa alat ukur *stress* yang ada saat ini sebagian besar memiliki tingkat ketelitian sekitar 50 kilo ohm. Hal ini dikarenakan pada setiap alat ukur tingkat *stress* yang dirancang menggunakan ADC 10 bit pada mikrokontrolernya, sehingga tidak akan terjadi perubahan nilai pada bilangan desimal yang ditampilkan di serial monitor untuk pengukuran dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi.

2.2. Teori Pendukung

Pada bagian ini disajikan teori – teori yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

2.2.1. *Galvanic Skin Response (GSR)*

Menurut Sofwan (2008), *Galvanic Skin Response (GSR)* merupakan perubahan psikologis pada kulit yang disebabkan oleh perubahan aktivitas kelenjar keringat, di mana kelenjar keringat akan aktif jika tubuh berada dalam kondisi *stress* atau berada pada kondisi tertekan (Sofwan, 2008). GSR dapat dijadikan sebagai indikator ukuran tingkat *stress* dengan sentuhan kulit sebagai obyek pengukuran *stress*. Menurut Rokhana (2009), kulit manusia menunjukkan berbagai bentuk fenomena bioelektrik terutama pada daerah jari–jari dan telapak tangan maupun kaki (Rokhana, 2009). Hal ini disebabkan oleh jauh lebih banyaknya jumlah serabut syaraf *sensory unit* pada jaringan bawah kulit daerah jari-jari, telapak tangan, dan kaki, dibandingkan dengan organ–organ lain. Sehingga pada pengukuran bio sinyal *Galvanic Skin Response*, elektroda pengukuran lebih baik ditempatkan pada dua jari tangan (jari tengah dan jari telunjuk). **Gambar 2.1.** menunjukkan area dari fungsi-fungsi respon elektrodermal pada tangan.

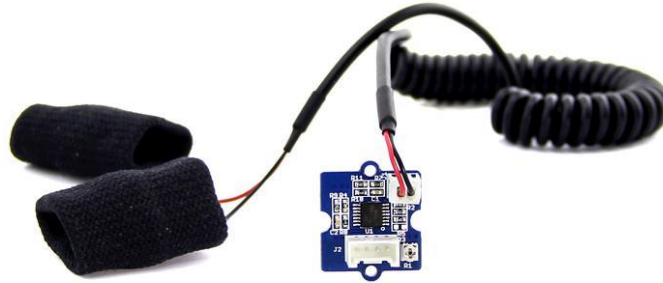


Gambar 2.1. Area Respon Elektrodermal pada Tangan
(wikid.io.tudelft.nl)

2.2.2. Sensor *Galvanic Skin Response* (GSR)

Sensor GSR merupakan sebuah sensor yang memiliki fungsi sebagai penangkap sinyal-sinyal listrik yang ada pada kulit dan berpedoman pada kemampuan konduktivitas kulit. Elektroda pengukuran ditempatkan pada jari-jari dan telapak tangan atau kaki. Hal ini dikarenakan lebih banyaknya jumlah serabut syaraf *sensory unit* pada jaringan bawah kulit tersebut dibandingkan pada bagian tubuh lainnya (Derangga, dkk., 2014). Sensor GSR terdiri atas dua buah nikel yang terhubung ke rangkaian dengan menggunakan kabel. Pada **Gambar 2.2.** diperlihatkan sensor GSR yang menggunakan dua buah nikel sebagai *probe* untuk ditempatkan di jari-jari tangan (jari tengah dan jari telunjuk).

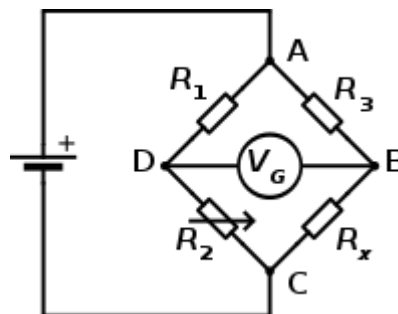
Sensor GSR bekerja pada tegangan 3.3V/5V. Sensitivitas sensor dapat diubah-ubah dengan menggunakan potensiometer. Sinyal *input*-nya berupa nilai resistansi sedangkan sinyal *output*-nya berupa nilai tegangan yang dibaca secara analog. *Board* sensor GSR mempunyai empat buah pin yaitu pin Vcc (Merah), *Ground* (Hitam), NC (Putih), dan A0 (Kuning).



Gambar 2.2. Modul GSR Sensor dengan Dua Buah Elektroda pada Jari Tangan
(www.virtual-reality-in-tourism.com)

2.2.3. *Wheatstone Bridge*

Wheatstone Bridge atau jembatan *Wheatstone* merupakan sebuah istilah yang dipakai untuk menyebutkan suatu rangkaian komponen elektronika, yang bentuknya terlihat seperti pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3. Rangkaian *Wheatstone Bridge*
(<http://blog.unnes.ac.id>)

Rangkaian elektrik ini diciptakan oleh Samuel Hunter Christie pada tahun 1833 dan dikembangkan lebih lanjut kemudian dipopulerkan oleh *Sir Charles Wheatstone* pada tahun 1843 sehingga terkenal dengan nama jembatan *Wheatstone* atau *Wheatstone bridge*. Fungsi rangkaian ini adalah untuk mengukur nilai resistansi dengan cara menyeimbangkan kedua sisi rangkaian jembatan

(*bridge circuit*). Salah satu sisi jembatan terdapat komponen yang tidak diketahui nilai resistansinya, sedangkan pada sisi yang lain diketahui nilai resistansinya (Suprianto, 2015). Jembatan Wheatstone dibuat dengan merangkai empat buah hambatan dalam susunan seperti **Gambar 2.3**.

Pada **Gambar 2.3**, R_x merupakan komponen yang ingin diketahui nilai resistansinya. R_1 , R_2 , dan R_3 merupakan resistor yang diketahui nilai resistansinya dan nilai resistansi pada R_2 dapat diatur dan disesuaikan. Selain itu arus yang mengalir pada R_1 akan dilambangkan dengan I_1 , arus yang mengalir pada R_2 akan dilambangkan dengan I_2 , arus yang mengalir pada R_3 akan dilambangkan dengan I_3 , arus yang mengalir pada R_x akan dilambangkan dengan I_x dan arus yang mengalir pada V_g akan dilambangkan dengan I_g . Jika perbandingan nilai resistansi antara kedua hambatan di sisi yang diketahui nilainya (R_2/R_1) sama dengan perbandingan sisi yang dicari nilainya, maka nilai tegangan antara kedua titik B dan titik D akan menjadi nol dan tak ada arus listrik yang mengalir melalui Galvanometer V_g . Jika nilai salah satu sisi hambatan lebih besar dari hambatan lainnya, maka arah arus yang mengalir akan menunjukkan apakah nilai dari R_2 terlalu besar atau terlalu kecil. Nilai R_2 akan terus diubah-ubah sampai arus tidak mengalir melalui Galvanometer, yang menandakan nilai arus sama dengan nol.

Bentuk persamaan pada keadaan seimbang adalah $R_2 / R_1 = R_x / R_3$, atau bisa juga ditulis $R_x = (R_2 / R_1) \cdot R_3$. Selain itu, jika R_1 , R_2 dan R_3 diketahui nilainya namun R_2 tidak dapat diubah-ubah nilai hambatannya, perbedaan tegangan yang ada atau arus yang mengalir melalui Galvanometer dapat dipakai untuk mencari nilai R_x . Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan Hukum Kirchoff.

Setelah mengetahui persamaan matematis untuk menghitung hambatan yang ingin diketahui, maka hal berikutnya yang perlu diperhatikan adalah bagaimana cara untuk bisa memperoleh persamaan tersebut? Pertanyaan ini dapat dijawab dengan menggunakan Hukum Kirchoff pertama untuk mencari arus yang mengalir pada titik B dan D seperti pada persamaan 2.1 dan 2.2.

$$I_3 - I_x + I_g = 0 \quad (2.1)$$

$$I_1 - I_2 - I_g = 0 \quad (2.2)$$

Selanjutnya Hukum Kirchoff kedua untuk mencari tegangan pada loop ABD dan BCD seperti pada persamaan 2.3 dan 2.4.

$$(I_3 \cdot R_3) - (I_g \cdot R_g) - (I_1 \cdot R_1) = 0 \quad (2.3)$$

$$(I_x \cdot R_x) - (I_2 \cdot R_2) + (I_g \cdot R_g) = 0 \quad (2.4)$$

Jika dianggap jembatan dalam keadaan seimbang, $I_g = 0$, maka persamaan di atas dapat ditulis seperti pada persamaan 2.5 dan 2.6 berikut:

$$I_3 \cdot R_3 = I_1 \cdot R_1 \quad (2.5)$$

$$I_x \cdot R_x = I_2 \cdot R_2 \quad (2.6)$$

Kemudian persamaan-persamaan tersebut dibagi dan disusun menjadi seperti yang ditampilkan pada persamaan 2.7:

$$R_x = \frac{R_2 \cdot I_2 \cdot I_3 \cdot R_3}{R_1 \cdot I_1 \cdot I_x} \quad (2.7)$$

Dari aturan pertama, $I_3 = I_x$ and $I_1 = I_2$ Sehingga nilai R_x sekarang diketahui dengan persamaan 2.8:

$$R_x = \frac{R_3 \cdot R_2}{R_1} \quad (2.8)$$

Jika keempat resistor dan sumber tegangan diketahui nilainya dan hambatan Galvanometer cukup tinggi sehingga arus I_g dapat diabaikan, tegangan pada jembatan (V_G) dapat diketahui dengan cara memeriksa tegangan setiap pembagi tegangan dan mengurangi nilainya dari masing-masing komponen lain, contohnya seperti pada persamaan 2.9:

$$V_G = \frac{R_x}{R_3 + R_x} V_s - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s \quad (2.9)$$

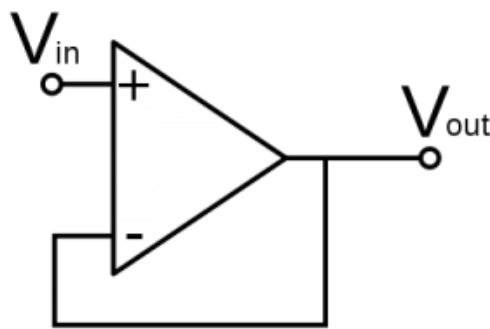
Persamaan ini dapat disederhanakan menjadi persamaan 2.10:

$$V_G = \left[\frac{R_x}{R_3 + R_x} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] V_s \quad (2.10)$$

Dimana V_G adalah tegangan di titik B relatif terhadap tegangan di titik D. Dengan demikian beda potensial tegangan pada *Wheatstone Bridge* dapat dipengaruhi oleh nilai R_x . Jika $R_1 = R_3$ dan $R_x > R_2$ maka V_G akan bernilai positif, sedangkan bila $R_1 = R_3$ dan $R_x < R_2$ maka V_G akan bernilai negatif. Semakin besar selisih antara nilai R_2 dan R_x , maka akan semakin besar pula nilai beda potensial yang dihasilkan.

2.2.4. Rangkaian Buffer dari Operational Amplifier (Op-Amp)

Rangkaian *buffer* merupakan sebuah rangkaian yang dapat menghasilkan nilai tegangan *output* (V_{out}) yang sama dengan nilai tegangan *input*nya (V_{in}). Fungsi dari rangkaian *buffer* pada peralatan elektronika adalah sebagai penyangga, di mana impedansi *output* diperkecil dari impedansi *input* dari rangkaian sebelum rangkaian *buffer*. Hal ini bertujuan untuk menghindari efek pembebanan (Purnama, 2012). Rangkaian *buffer* yang dibentuk dari sebuah *operational amplifier* (Op-Amp), dapat dibuat dengan sangat sederhana seperti yang terlihat pada **Gambar 2.4**. Rangkaian *buffer* dari Op-Amp menjadi sangat sederhana karena tidak diperlukan komponen tambahan pada konfigurasi *buffer non-inverting*.



Gambar 2.4. Rangkaian Buffer dari Operational Amplifier (Op-Amp)
(elektronika-dasar.web.id)

Dengan menghubungkan jalur *input inverting* ke jalur *output* op-amp maka rangkaian *buffer* akan dapat mengalirkan arus secara maksimal sesuai kemampuan maksimal *operational amplifier* (op-amp) mengalirkan arus *output*. Dengan metode hubung singkat antara jalur *input inverting* dan jalur *output operational amplifier* (op-amp) diperoleh perhitungan matematis seperti ditunjukkan pada persamaan 2.11 berikut:

$$V_{out} \approx V_{in} \quad (2.11)$$

Sehingga diperoleh nilai penguatan tegangan (A_v) seperti yang ditampilkan pada persamaan 2.12:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 \quad (2.12)$$

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa rangkaian *operational amplifier* tersebut tidak memiliki faktor penguatan tegangan ($A_v = 1$) sehingga tidak terjadi penguatan tegangan. Rangkaian ini sangat menguntungkan karena bisa mendapatkan suatu penguat dengan impedansi *input* yang sangat besar ($10 - 10^{12}\Omega$) dan dengan impedansi *output* sangat kecil ($10^{-3} - 10^{-1}\Omega$), yang berarti mendekati kondisi ideal [elektronika-dasar.web.id]. Rangkaian *buffer* ini disebut juga sebagai rangkaian pengikut (*follower*), suatu bentuk peningkatan dari penguat pengikut *emitter* (*emitter follower*). Dengan demikian penguat *operational amplifier* (op-amp) dengan konfigurasi seperti pada **Gambar 2.4** berfungsi sebagai penyangga (*buffer*) dengan penguatan = 1.

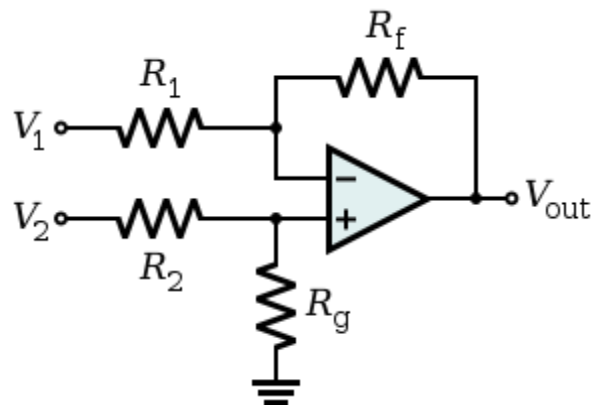
2.2.5. Rangkaian *Differential Amplifier* dari *Operational Amplifier*

Rangkaian *Differential Amplifier* atau penguat diferensial berfungsi untuk mencari selisih nilai dari dua buah tegangan yang sudah dikalikan dengan sebuah konstanta yang merupakan nilai perbandingan R_f/R_1 jika $R_1 = R_2$ dan $R_f = R_g$ (Dicklyon, 2019). Bentuk rangkaian *Differential Amplifier* dengan menggunakan Op-Amp dapat dilihat pada **Gambar 2.5**. Persamaan umumnya dapat dilihat pada persamaan 2.13:

$$V_{out} = \frac{(R_f + R_1) R_g}{(R_3 + R_2) R_1} V_2 - \frac{R_f}{R_1} V_1 \quad (2.13)$$

Sedangkan bila $R_1 = R_2$ dan $R_f = R_g$, maka rumus *output* menjadi seperti persamaan 2.14:

$$V_{out} = \frac{R_f}{R_1} (V_2 - V_1) \quad (2.14)$$



Gambar 2.5. Rangkaian *Differential Amplifier* dari *Operasional Amplifier*
(en.wikipedia.org)

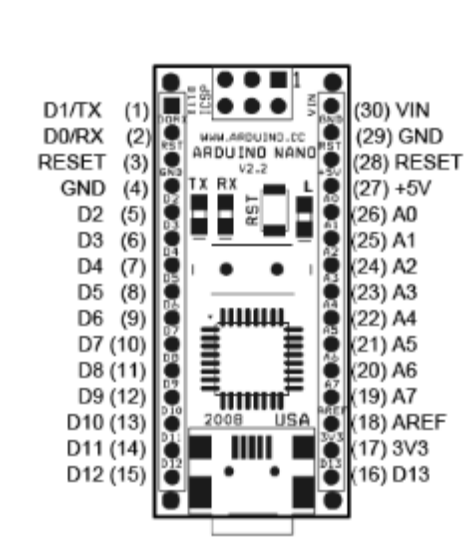
2.2.6. Arduino Nano

Arduino merupakan sebuah mikrokontroler *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dan dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* Arduino Nano memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Bahasa yang dipakai dalam Arduino adalah Bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (*libraries*) Arduino. Arduino juga memiliki kelebihan yaitu tidak perlu perangkat *chip programmer* karena di dalamnya sudah terdapat *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer. Arduino Nano sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna *laptop computer* yang tidak memiliki *port serial/RS323* dapat menggunakannya (Atmel, 2016).

Konfigurasi pin *board* Arduino Nano dapat dilihat pada **Gambar 2.6**. Berikut pin - pin Arduino Nano beserta fungsinya :

1. D0, D1, D2 – D13 (Pin 1, 2, 5 – 16) berfungsi sebagai *input/ output* digital dari Arduino Nano.
2. Reset (Pin 3, 28) berfungsi untuk menghapus variabel yang telah tersimpan di dalam Arduino Nano.
3. GND (Pin 4, 29) berfungsi sebagai *ground*.
4. 3V3 (Pin 17) berfungsi sebagai penghasil tegangan 3,3 Volt.

5. AREF (Pin 18) berfungsi sebagai referensi tegangan untuk *input* analog.
6. A7 – A0 (Pin 19 – 26) berfungsi sebagai *input/ output* analog dari Arduino Nano.
7. +5V (Pin 27) berfungsi sebagai *input/ output* tegangan 5 Volt.
8. VIN (Pin 30) berfungsi sebagai *input* tegangan dari *power supply*.



Gambar 2.6. Board Arduino Nano

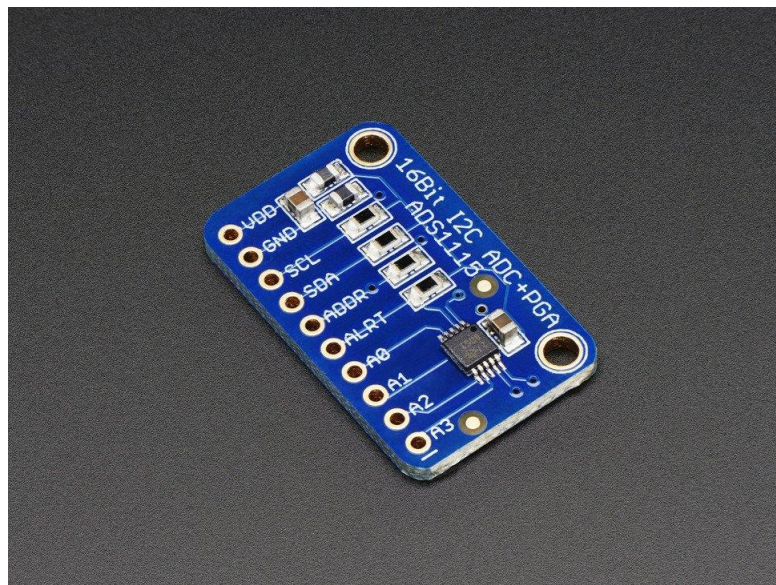
(pinterest.com)

2.2.7. Modul ADC ADS1115

Modul ADC ADS1115 adalah modul yang berfungsi sebagai *Analog Digital Converter* (ADC) dengan komunikasi I2C yang beresolusi hingga 16-bit dan memiliki 4 *channel*. Modul ini dapat diatur besar nilai penguatannya dengan tujuan untuk memperoleh hasil pembacaan data dengan resolusi terbaik. Terdapat 6 besar penguatan yang berbeda dan setiap nilai penguatan memiliki batas maksimum tegangan *input* yang dapat diterima oleh modul. Modul berpotensi mengalami kerusakan apabila tegangan *input* yang diterima melebihi batas maksimum tegangan pada besar penguatan yang sedang digunakan. Modul ini sangat diperlukan ketika kebutuhan ADC lebih besar dari ADC yang tersedia pada suatu rangkaian mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, Raspberry, atau mikrokontroler jenis lainnya (Faudin, 2018).

Bentuk modul ADC ADS1115 dapat dilihat pada **Gambar 2.7**. Berikut adalah spesifikasi modul ADC ADS1115:

1. Terdapat 4 *channel* ADC (A0, A1, A2, A3)
2. Memiliki resolusi ADC – 16 Bit
3. Menggunakan komunikasi antarmuka I2C (SDA, SCL)
4. *Range* tegangan operasional pada 2.0 – 5.5 Vdc
5. *Range* tegangan masuk pada *channel* ADC : 0 ~ VDD
6. *Continuous Mode: Only 150 μ A*
7. Memiliki *sampling rate* dengan *range* antara 8~860 sps (*sampling per second*)
8. Alamat I2C 7-bit pada 0x48 ~ 0x4B
9. *Single-Shot Mode: Auto Shut-Down*



Gambar 2.7. Modul ADC ADS1115
(pinterest.com)