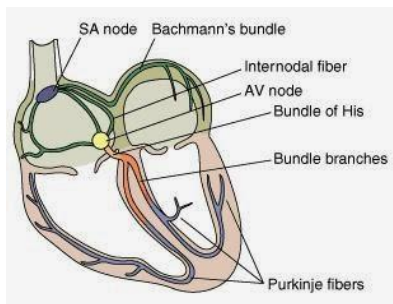


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Elektrokardiogram (EKG)

Jantung merupakan organ muskular berlubang pada manusia yang berfungsi sebagai pompa ganda sistem kardiovaskular. Sisi kanan jantung memompa darah ke paru-paru. Sedangkan sisi kiri jantung memompa darah ke seluruh tubuh. Jantung mempunyai empat ruangan, yakni atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, dan ventrikel kiri (Lumbantaruan, 2014). Sistem konduksi pada jantung dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 sistem konduksi jantung

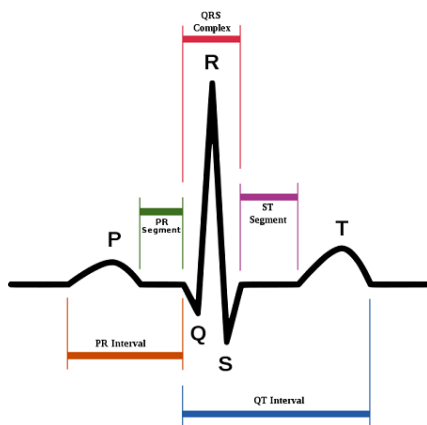
Sumber: (Siwindarto, 2015)

Jantung dapat membentuk impuls secara otomatis dan berkontraksi dengan irama. Pembentukan dan hantaran impuls listrik ini menimbulkan arus listrik lemah. Kegiatan impuls listrik pada jantung ini dapat direkam oleh elektrokardiograf dengan meletakkan elektroda-elektroda ke permukaan tubuh (*sadapan/leads*). Elektrokardiogram (EKG) merupakan hasil rekaman grafik potensial-potensial listrik yang ditimbulkan oleh sistem konduksi jantung (Setianingsih, 2012).

Secara internasional, hanya terdapat 12 *lead/sadapan* yang diakui, yakni (I,II,III,aVR,aVL,aVF,V1,V2,V3,V4,V5,V6). Terdapat 5 gelombang yang dihasilkan dari irama denyut jantung yang normal. Gelombang P, Q, R, S, dan T yang ditunjukkan oleh elektrokardiogram diperoleh dari tegangan listrik yang ditimbulkan oleh jantung (Lumbantaruan, 2014).

Sebuah elektroda yang digunakan sebagai *lead* yang dilengkapi dengan bahan konduktif akan ditempatkan pada bagian tubuh yang berbeda berdasarkan *lead* yang digunakan, sehingga memungkinkan untuk melacak sinyal listrik pada jantung dari sudut yang berbeda. Jika perjalanan sinyal listrik jantung mengarah menuju ke *lead*, maka akan

menghasilkan garis yang naik pada grafik (defleksi positif). Jika perjalanan sinyal listrik jantung bergerak menjauhi *lead*, maka akan menghasilkan garis turun pada grafik (defleksi negatif). Dalam jantung sehat yang normal, sebuah EKG yang mewakili satu detakan jantung akan terlihat seperti Gambar 2.2 (Lumbantaruan, 2014).



Gambar 2. 2 Gelombang Jantung

Sumber: (Lumbantaruan, 2014)

Gelombang P

Disebabkan oleh penyebaran depolarisasi melewati atrium yang diikuti oleh kontraksi pada atrium. Normalnya kurang dari 0,12 detik dan tinggi amplitudonya tidak lebih 0,3mV. Secara normal, gelombang P selalu defleksi positif (cembung ke atas) di semua sadapan dan selalu defleksi negatif (cekung ke bawah) pada sadapan aVR (Lumbantaruan, 2014).

Kompleks QRS

Merupakan hasil dari depolarisasi ventrikel, yang mengawali kontraksi ventrikel sekaligus menyebabkan tekanan ventrikel meningkat. Oleh karena itu, kompleks QRS terjadi sesaat sebelum sistolik ventrikel. Normalnya lebar kompleks QRS 0,06-0,12 detik dengan amplitudo bervariasi tergantung pada sadapan. Gelombang Q merupakan gelombang defleksi negatif setelah gelombang P. Secara normal, lebarnya tidak lebih dari 0,04 detik dan dalamnya kurang dari 45% atau 1/3 tinggi gelombang R. Gelombang R merupakan gelombang defleksi positif setelah gelombang P dan Q. Gelombang ini selalu positif di semua sadapan, kecuali pada sadapan aVR. Sedangkan gelombang S merupakan gelombang defleksi negatif setelah gelombang R (Lumbantaruan, 2014).

Gelombang T

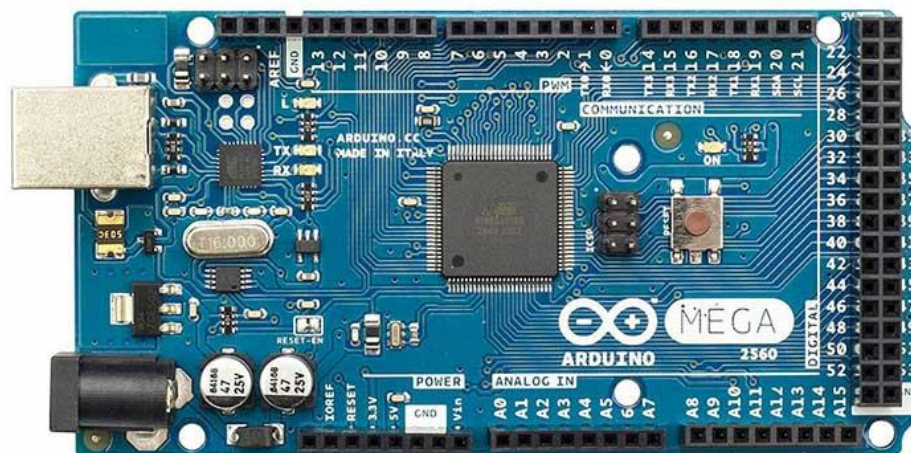
Gelombang ini mewakili tahap repolarisasi ventrikel, yaitu waktu dimana serat-serat otot pada ventrikel mulai berelaksasi. Oleh karena itu, gelombang T terjadi sesaat sebelum

akhir dari kontraksi ventrikel. Normalnya, gelombang T defleksi positif di semua sadapan dan *inverted* (terbalik) pada sadapan aVR (Lumbantaruan, 2014).

2.2. Mikrokontroler

Arduino Mega2560 adalah salah satu keluarga Atmel mikrokontroler yang menggunakan *chip* Atmega2560 yang menggunakan Bahasa C sebagai program pengontrolan. Dikembangkan dengan menggabungkan beberapa fungsi pemrograman yang kompleks kepada perintah-perintah yang sederhana (*simple command*). Arduino dapat bekerja bila dihubungkan dengan USB ke komputer yang digunakan sebagai sambungan untuk mendownload *sketch* yang telah dibuat, karena Arduino telah dilengkapi dengan port USB (Noviardi, 2016).

Board Arduino Mega2560 memiliki 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog *input*, 4 pin UART (*serial port hardware*). Arduino Mega2560 dilengkapi dengan *oscillator* 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset.

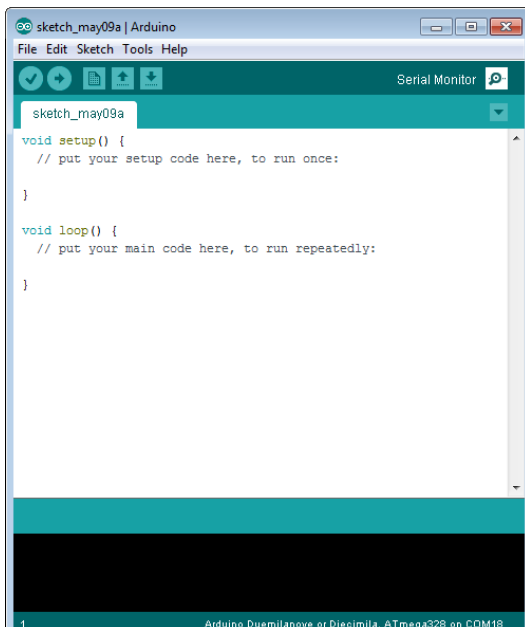


Gambar 2. 3 Arduino UNO Mega 2560

Sumber : (www.arduino.cc, 2017)

2.3. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah *software* untuk menulis program, mengkompilasi menjadi kode biner dan mengunggah ke dalam *memory* mikrokontroler (Syahwil, 2013).



Gambar 2. 4 Tampilan utama Arduino IDE

Sumber: (Ajie, 2015)

2.4. Komunikasi UART

Komunikasi serial merupakan komunikasi data dengan pengiriman data satu per satu pada satuan waktu. Transmisi data pada komunikasi serial dilakukan per bit. Komunikasi serial membutuhkan dua jalur yaitu *transmit (Tx)* dan *receive (Rx)*. Komunikasi serial memiliki dua mode yaitu: *sinkron* dan *Asinkron*. Mode *sinkron* proses pengiriman data bersamaan dengan sinyal *clock*, sehingga pengiriman satu karakter dengan karakter lainnya memiliki jeda waktu yang sama. Sedangkan mode *Asinkron* dimana proses pengiriman data tanpa sinyal *clock*. *Transmitter* yang mengirim data harus menyepakati suatu standar *Universal Asynchronous Receive Transmit (UART)* (Noviardi, 2016).

Atmega 328 menyediakan serial komunikasi UART TTL (5V). *Software* Arduino mencakup sebuah serial monitor yang memungkinkan data tekstual terkirim ke dan dari *board* Arduino. Dalam pengaturan UART untuk mengkoneksikan Arduino dengan perangkat lain terdapat perintah-perintah: (Noviardi, 2016)

- *Start Bit*, merupakan penanda awal dimana akan dilakukan suatu proses pengiriman bit data.
- *Data Bit*, merupakan data yang akan dikirim.
- *Parity Bit*, berfungsi sebagai “*flag*” atau bisa dikatakan sebagai penanda.
- *Stop Bit*, berguna sebagai penanda proses pengiriman bit data telah selesai.
- *Bit Rate*, jumlah dari bit yang terkirim atau diterima per satuan waktu (second).

- *Baud Rate*, banyaknya perubahan data yang terjadi per satuan waktu.

Perintah terakhir yang juga dibutuhkan dalam menentukan pembacaan nomor port serial yang terhubung dengan PC yang dikenal dengan *Serial Communication Port Number*.

2.5. Serial Peripheral Interface (SPI)

SPI merupakan komunikasi seri *synchronous* yang berarti harus menggunakan *clock* yang sama untuk mensinkronisasi deteksi bit pada *receiver*. Biasanya hanya digunakan untuk komunikasi jarak pendek dengan mikrokontroler lain yang terletak pada papan rangkaian yang sama. Bus SPI dikembangkan untuk menyediakan komunikasi dengan kecepatan tinggi dengan menggunakan pin mikrokontroler yang sedikit (Sasongko, 2012).

SPI melibatkan *master* dan *slave*. Keduanya mengirimkan dan menerima data secara terus menerus, namun *master* bertanggung jawab untuk menyediakan sinyal *clock* untuk transfer data. Gambar 2.7 menunjukkan komunikasi antara *master* dan *slave* pada komunikasi SPI. *Master* menyediakan *clock* dan data 8 bit pada pin *master-out-slave-in* (MOSI) dimana data tersebut ditransfer satu bit per pulsa clock menuju pin MOSI pada *slave*. Delapan bit data juga diberikan dari *slave* ke *master* melalui pin *master-in-slave-out* menuju pin MISO pada *master*. Biasanya pin \overline{SS} (*slave select*) diberi *ground* (*active low*) untuk menjadikannya sebagai *slave* (Sasongko, 2012).



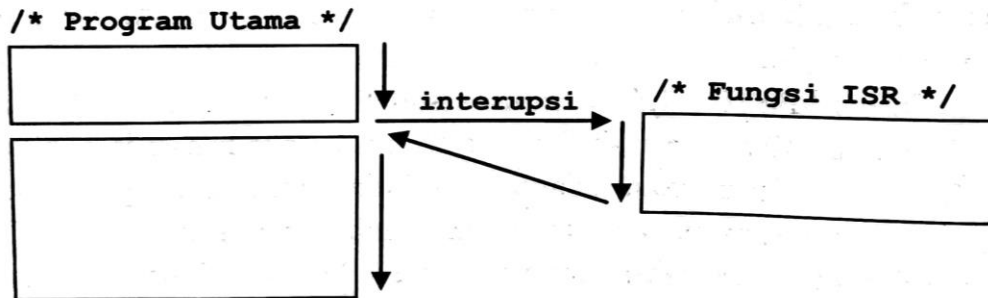
Gambar 2. 5 Skema Komunikasi SPI

Sumber: (ATMEL, 2017)

2.6. Interupsi Eksternal

Interrupt atau interupsi adalah kejadian (*event*) tertentu yang disediakan mikrokontroler untuk menyela eksekusi program utama untuk mengerjakan fungsi ISR (*Interrupt Service Routine*). Ada beberapa sumber interupsi yang umumnya disediakan oleh mikrokontroler

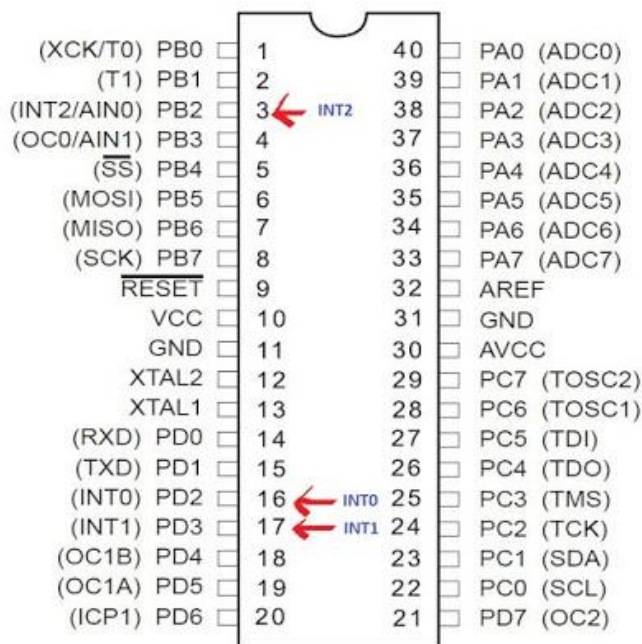
yaitu dari *Timer*, *Hardware* interupsi, *peripheral* komunikasi (UART, SPI, I2C), ADC, dan lainnya, tiap interupsi mempunyai *vector* interupsi yang berisi alamat rutin yang dituju oleh prosesor saat terjadi interupsi (Sasongko, 2012). Gambar 2.8 mengilustrasikan alur eksekusi program saat terjadi interupsi di program utama.



Gambar 2. 6 Alur program saat terjadi interupsi

Sumber: (Sasongko, 2012)

Interupsi Eksternal (*The External Interrupt*) merupakan sumber interupsi yang berasal dari luar mikrokontroler. Mikrokontroler membutuhkan jalur input interupsi eksternal agar dapat menerima sinyal interupsi dari luar sistem mikrokontroler. Jalur interupsi eksternal merupakan bagian dari mikrokontroler yang dapat mendeteksi adanya pemicu dari luar mikrokontroler yang membangkitkan tanda (*flag*) interupsi. Terdapat 3 buah jalur interupsi eksternal pada ATMEGA32, diantaranya, INT0, INT1, dan INT2.

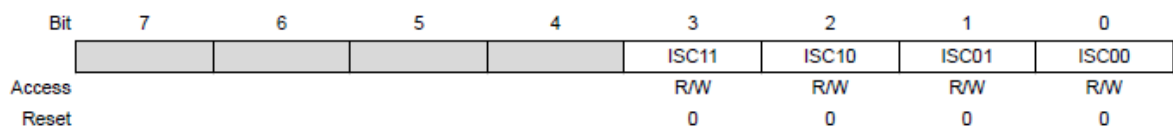


Gambar 2. 7 Jalur interupsi eksternal pada mikrokontroler AVR ATMEGA32

Sumber : (www.robotics-university.com, 2015)

2.6.1. External Interrupt Control Register A

External Interrupt Control Register A berisi bit kontrol untuk *interrupt sense control*.

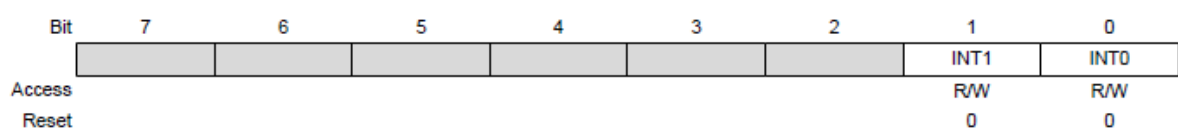


Pada *control register A*, terdapat 4 bit yang berhubungan dengan pemicu interupsi eksternal terjadi dan dapat diatur nilai *interrupt sense control* (ISC) nya berdasarkan Tabel 2.1. Bit ISC11 dan ISC10 berhubungan dengan *trigger* interupsi eksternal pada pin INT1. Sedangkan bit ISC01 dan ISC00 berhubungan dengan pengaturan *trigger* interupsi eksternal pada pin INT0 (ATMEL, 2017).

Tabel 2. 1 Pengaturan trigger interupsi eksternal pin INT0

Value	Keterangan
00	<i>Request</i> interupsi pada pin INT0 untuk <i>low level</i>
01	Setiap perubahan logika yang dimasukkan ke pin INT0
10	<i>Request</i> interupsi pada pin INT0 untuk <i>falling edge</i>
11	<i>Request</i> interupsi pada pin INT0 untuk <i>rising edge</i>

2.6.2. External Interrupt Mask Register



Bit 1 - INT1: Permintaan Interupsi Eksternal 1 diaktifkan

Apabila bit 1 diberi logika 1 dan Status register (SREG) diaktifkan, maka interupsi eksternal akan dieksekusi pada jalur interupsi INT1. Interupsi eksternal akan dijalankan berdasarkan pengaturan pada EICRA (ATMEL, 2017).

Bit 0 - INT0: Permintaan Interupsi Eksternal 0 diaktifkan

Apabila bit 0 diberi logika 1 dan Status register (SREG) diaktifkan, maka interupsi eksternal akan dieksekusi pada jalur interupsi INT0. Interupsi eksternal akan dijalankan berdasarkan pengaturan pada EICRA (ATMEL, 2017).

2.6.3. External Interrupt Flag Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Access							R/W	R/W
Reset							0	0

EIFR berguna sebagai *flag*/tanda apabila terdapat sinyal/trigger yang terdeteksi pada jalur input interupsi eksternal. Bit INTF1 berfungsi sebagai *flag*/penanda apabila pada pin INT1 mendeteksi adanya sinyal interupsi dari luar mikrokontroler. Sedangkan bit INTF0 berfungsi sebagai *flag*/penanda apabila pada pin INT0 mendeteksi adanya sinyal interupsi dari luar mikrokontroler. Ketika pada pin INT1/INT0 terdeteksi adanya sinyal interupsi, maka bit INTF1/INTF0 akan bernilai 1 (*high*). Apabila interupsi selesai dieksekusi, maka pin INTF1/INTF0 akan otomatis bernilai 0 (ATMEL, 2017).

2.7. PORRID

Poincare Plot of RR Interval Differences (PORRID) adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi jantung seseorang. Dengan melakukan metode PORRID, akan dihasilkan sebuah grafik yang mempresentasikan selisih waktu antara dua gelombang R yang berdekatan secara terurut waktu (Interval RR) sehingga didapatkan suatu pola yang khas antara orang normal dengan orang yang memiliki kelainan pada jantung (Siwindarto, 2015).

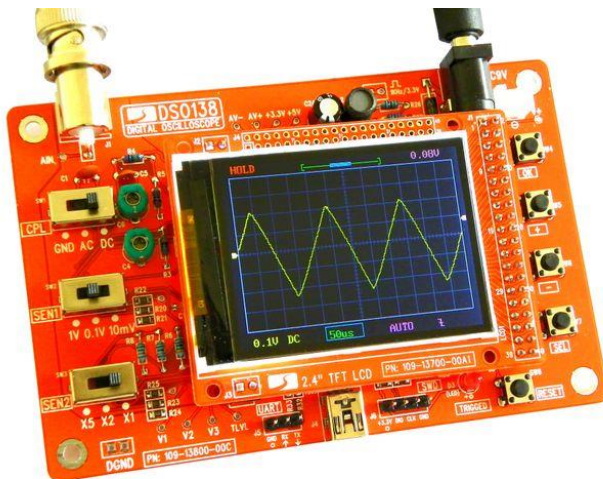
Pasien yang memiliki resiko terkena SCD dari faktor penyakit yang dideritas seseorang seperti *Coronary artery disease* (CAD), *myocardial infarction* (MI), dan lain sebagainya dapat mempengaruhi kesetimbangan interaksi antara simpatetik dan vagal pada jantungnya. Ketidaksetimbangan inilah yang menyebabkan ketidakstabilan dari kelistrikan jantung seseorang yang dapat mengarah kepada terjadinya fibrilasi ventrikuler yang menyebabkan terjadinya SCD (Siwindarto, 2015).

Ketidakstabilan kelistrikan jantung ini dapat ditandai dengan interval RR dari jantung pasien yang jika dimasukkan ke dalam PORRID, akan membentuk sebuah pola yang khas yang dapat mengindikasikan bahwa pasien tersebut berpotensi memiliki kelainan jantung dan terkena SCD (Siwindarto, 2015).

2.8. Penampil Sinyal Rekaman EKG

Sinyal keluaran rekaman EKG akan ditampilkan langsung untuk mengetahui gelombang keluaran yang dihasilkan dari tubuh manusia (rekaman EKG). Pada penelitian ini, penampil sinyal rekaman EKG yang digunakan adalah DSO138 *Oscilloscope* DIY kit dengan layar LCD 2.4 *inch* (6,096 cm) dapat dilihat pada Gambar 2.8. LCD ini merupakan

salah satu modul LCD yang dapat menampilkan data *string*, animasi, grafik, maupun gambar *bitmaps* dengan kedalaman warna RGB 65000.



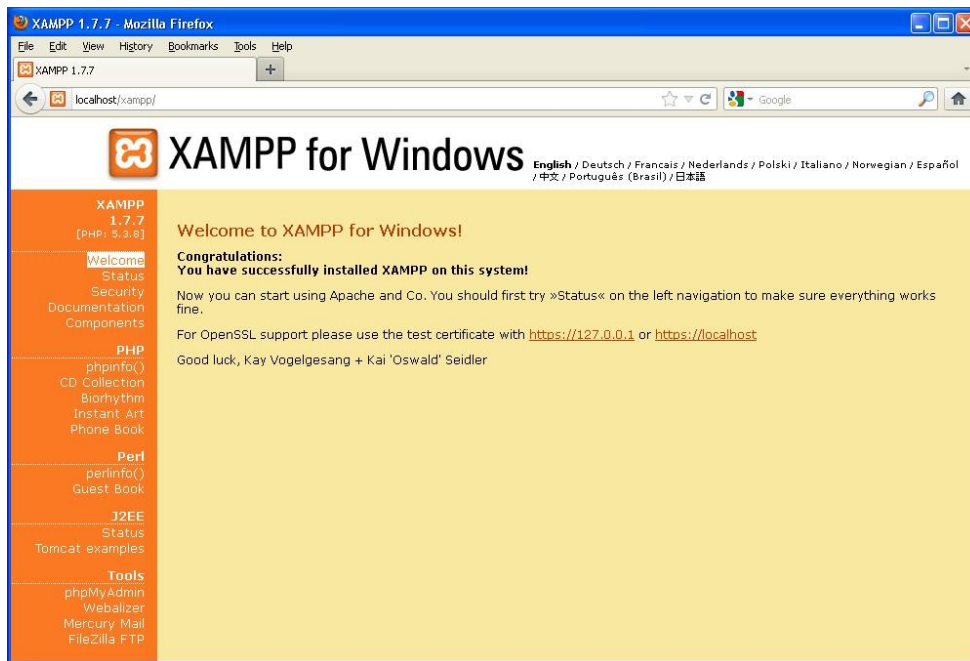
Gambar 2. 8 DSO138 Oscilloscope DIY kit

Sumber : (www.amazon.com, 2018)

2.9. Database

MySQL ialah salah satu penerapan dari sebuah sistem manajemen basis data rasional (RDMS) yang didistribusikan dibawah lisensi GPL (*General Public License*) secara gratis. Setiap pengguna dapat menggunakan MySQL secara bebas dengan syarat produk turunan nya tidak boleh dijadikan perangkat lunak yang bersifat komersil (Februariyanti & Zuliarso, 2012).

Pada perancangan ini, data hasil komputasi berupa nilai interval RR akan ditansmisikan oleh modul *Wifi* menuju *database* MySQL yang dioperasikan melalui *phpmyadmin* pada *software* XAMPP di PC. Tampilan utama software XAMPP dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Tampilan utama XAMPP pada browser

Sumber: (Heriyanto, 2012)

XAMPP merupakan sebuah perangkat lunak *web server apache* yang telah menyediakan *database server* seperti MySQL dan didukung dengan bahasa pemrograman PHP (Februariyanti, 2012). Nama XAMPP itu sendiri merupakan singkatan dari X (sistem operasi apapun), *Apache*, MySQL, PHP, dan *Perl* (Februariyanti & Zuliarso, 2012).