

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang telah dibuat oleh Ruri Hartika Zain dan Silvia Afrillia dengan alat yang berjudul “ Rancang Bangun Alat Pengukuran Tekanan Darah Dan Suhu Tubuh Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Didukung Bahasa Pemrograman C Dan Delphi”. Alat ini menggunakan sensor berupa tekanan MPX5050DP dengan proses pemberian tekanan pada manset dilakukan secara manual dengan kata lain menggunakan pompa *bulb* untuk memberi tekanan pada manset. Rancangan alat terdiri dari rangkaian pengukur tensimeter yang dimana pengukur tensimeter dipasangkan pada pengguna, setelah proses pemberian tekanan telah selesai maka data tekanan akan dikirim ke blok rangkaian pengukur tekanan darah, kemudian data tersebut akan dikirim ke modul program Delphi menggunakan *interface* DB25 yang kemudian hasil ditampilkan di monitor menggunakan program Delphi. Berdasarkan hasil pengujian, diketahui alat telah melakukan pembacaan tekanan darah dengan baik. Kelebihan alat ini adalah sensor tekanan darah dapat melakukan pembacaan dan mengirimkan data ke mikrokontroler dengan baik dan mikrokontroler dapat mengirimkan data ke *port* dan dapat dibaca ke komputer. Kekurangan alat ini adalah proses dalam melakukan pemberian tekanan pada manset secara manual sehingga dapat memperlambat proses kinerja tenaga kesehatan, selain itu data yang ditampilkan hanya berupa data tekanan sistol tanpa memasukan besar tekanan diastol[5].

Berdasarkan penelitian yang telah dibuat oleh Regina, Ilhamsyah dan Yulrio Brianorman dengan alat berjudul “ Rancang Bangun Alat Penghitung Denyut Jantung Per Menit Berbasis Mikrokontroler ATmega 16 Dengan *Alarm Peringatan*”. Alat ini menggunakan sensor pulsa dengan peletakan atau pembacaan sensor ditempatkan diujung jari dengan harapan proses pembacaan lebih mudah dan jelas yang kemudian hasil pembacaan ketika melebihi batas normal ditandai dengan bunyi *buzzer* dan ditampilkan di LCD. Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan terhadap 20 responden, alat telah mampu menghitung denyut jantung per menit dan *buzzer* akan berbunyi saat denyut jantung melebihi batas normal dengan persentase *error* sebesar 0,72%. Kelebihan alat ini dapat bekerja dan berfungsi sebagaimana diharapkan, selain itu alat ini dapat memonitor jantung dengan respon *input* denyut jantung yang berbeda sesuai dengan kondisi saat proses pembacaan dan *buzzer* dapat berbunyi saat kondisi jantung dalam keadaan tidak normal. Kekurangan alat ini adalah peletakan sensor yang harus benar dan tepat dikarenakan hasil yang dibaca sensor dapat berpengaruh pada ketepatan dan penggunaan sensor yang masih menggunakan kabel untuk berkomunikasi dengan sistem kontrolnya[6].

Berdasarkan penelitian yang telah telah dibuat oleh Rifki Yanuardhi dengan alat berjudul “ Rancang Bangun *Pulse Oximetry* Digital Berbasis Mikrokontroler ATmega 16”. Alat ini menggunakan sensor *oximetry* yang terdiri dari IR Dioda dan LED sebagai *transmitter* dan *photodiode* sebagai *receiver* dengan hasil pembacaan ditampilkan pada LCD. Batas normal oksigen saturasi dalam darah diatas 70%. Hasil pengujian yang dilakukan antara alat yang dibuat dengan alat

standar ketika dibandingkan memiliki *error* sebesar 1,5%. Kelebihan alat ini dapat bekerja dan berfungsi sebagaimana diharapkan, selain itu sensor alat ini dapat memonitor kadar oksigen pada darah dengan cukup baik. Kekurangan alat ini adalah peletakan sensor yang harus benar dan tepat dikarenakan hasil yang dibaca sensor dapat berpengaruh pada ketepatan dan desain pada penjepit sensor kurang baik yang dapat mempengaruhi proses pembacaan sensor[7].

Berdasarkan hasil identifikasi di atas, maka penulis akan membuat alat yang berjudul “**Vital Signs Berbasis Arduino Mega (Parameter NIBP, BPM dan SPO2)**” yang merupakan perubahan alat dari sebelumnya untuk pemeriksaan tanda-tanda vital (TTV) dan menambahkan parameter SPO2 dalam proses pemeriksaan kesehatan. Oleh karena permasalahan di atas, diperlukannya pengembangan sebuah sistem yang dapat mendeteksi pemeriksaan tekanan darah, jumlah denyut jantung setiap menit dan kadar oksigen pada darah yang dilakukan secara digital dengan keakuratan yang lebih baik dengan memanfaatkan berupa sensor tekanan MPX5100GP untuk pembacaan besar tekanan darah dan sensor MAX30102 untuk pembacaan jumlah denyut jantung setiap menit dan kadar oksigen pada darah secara terintegrasi. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat membantu kinerja dari tenaga kesehatan dalam pemeriksaan tanda-tanda vital pasien secara akurat dengan sistem yang lebih cepat dan kompleks.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Tekanan Darah

Sistem peredaran darah manusia terdiri atas dua sirkulasi yaitu sistem peredaran *pulmonary* dimana darah melewati paru-paru untuk diperkaya dengan oksigen dan sistem peredaran darah sistematik dimana darah mensuplai oksigen dan mengangkat karbondioksida dari sel tubuh. Darah diedarkan dari jantung ke semua jaringan tubuh oleh pembuluh darah yang disebut arteri, sedangkan pembuluh darah balik yang mengalirkan darah dari jaringan tubuh kembali ke jantung yang disebut vena.

Tekanan darah adalah kekuatan yang dihasilkan aliran darah setiap satuan luas dari dinding pembuluh tersebut yang ditimbulkan oleh gerakan jantung yang berkontraksi, seperti pompa tekanan darah berubah sesuai aktivitas yang dilakukan.

Didalam pembuluh darah, darah tidak dapat mengalir secara terus menerus dan merata. Tetapi secara berdenyut berupa semburan atau dorongan sesuai detak jantung. Jika jantung memompa sejumlah darah dari ventrikel kedalam darah peredaran darah maka setiap denyutan akan terjadi dorongan. Tekanan dalam pembuluh arteri yang dihasilkan oleh dorongan tersebut dinamakan tekanan sistol yaitu kekuatan maksimum darah menekan dinding pembuluh arteri. Setelah jantung berdenyut tekanan dalam pembuluh darah arteri turun yaitu selama jantung istirahat atau waktu antara denyutan dan hilangnya denyutan.

Hal ini dapat diketahui dan didengarkan dengan alat pengukur tekanan darah secara manual dengan cara melilitkan manset pada lengan atas dengan jarak 3 cm dari tepi *fossa cubiti* (sedikit diatas lekukan siku). Kemudian meletakkan stetoskop diatas arteri *brachialis* sekitar *fossa cubiti*, selanjutnya melalui pompa karet dipompakan udara kedalam manset yang diikuti naiknya petunjuk tekanan (air raksa) sampai dengan angka tertentu. Apabila udara dalam manset dikeluarkan perlahan-lahan dengan mengendorkan *knop*, akan terlihat penurunan petunjuk tekanan. Suatu saat terdengar suara letupan pertama yang halus dan makin lama makin keras. Gelombang vibrasi dapat didengarkan melalui stetoskop. Suara tersebut kemudian berangsur-angsur hilang, hal ini terjadi karena darah mengalir lagi tanpa hambatan.

Jadi perubahan suara tersebut menunjukkan bahwa saat terdengar suara letupan yang pertama merupakan tekanan tertinggi dalam sistem sirkulasi umum atau dikenal dengan sistol dan menghilangnya suara letupan merupakan tekanan terendah yang disebut diastol. Secara umum, tekanan darah normal untuk orang dewasa adalah 120/80, angka 120 disebut tekanan sistol dan angka 80 disebut tekanan diastol. Tekanan darah seseorang dapat lebih atau bahkan kurang dari batas normal, jika melebihi nilai normal maka orang tersebut menderita hipertensi, sebaliknya jika kurang dari normal maka orang tersebut menderita hipotensi[8].

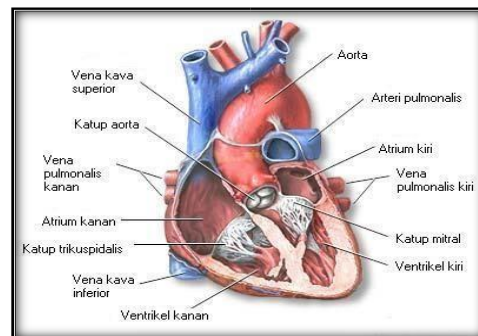
2.2.2 Jantung

Jantung merupakan suatu organ otot berongga yang terletak di pusat dada. Dua pertiga jantung berada disebelah kiri atrium. Aspek jantung, berada di sela

iga ke empat atau kelima pada garis tengah *klavikula*. Pada dewasa rata-rata panjangnya kira-kira 12 cm dan lebar 9 cm dengan berat 300-400 gram. Bagian kanan dan kiri jantung masing-masing memiliki ruang sebelah atas (atrium yang mengumpulkan darah dan ruang sebelah bawah (ventrikel) yang mengeluarkan darah. Agar darah hanya mengalir dalam satu arah, maka ventrikel memiliki satu katup pada jalan masuk dan satu katup pada jalan keluar. Fungsi utama jantung adalah menyediakan oksigen keseluruh tubuh dan membersihkan tubuh dari hasil metabolisme (karbondioksida). Jantung melaksanakan fungsi tersebut dengan mengumpulkan darah yang kekurangan oksigen dari seluruh tubuh dan memompa ke dalam paru-paru, dimana darah akan mengambil oksigen dan membuang karbondioksida. Jantung kemudian mengumpulkan darah yang kaya oksigen dari paru-paru dan memompanya ke jaringan di seluruh tubuh.

Pada saat berdenyut, setiap ruang jantung mengendur dan terisi darah disebut diastol, selanjutnya jantung berkontraksi dan memompa darah keluar dari ruang jantung disebut sistol. Kedua atrium mengendur dan berkontraksi secara bersamaan, dan kedua ventrikel juga mengendur dan berkontraksi secara bersamaan. Darah yang kehabisan oksigen dan mengandung banyak karbondioksida dari seluruh tubuh mengalir melalui 2 vena terbesar (vena kava) menuju ke dalam atrium kanan. Setelah atrium kanan terisi darah, dia akan mendorong darah ke dalam ventrikel kanan. Darah dari ventrikel kanan akan dipompa melalui katup *pulmoner* kedalam arteri *pulmonalis* menuju ke paru-paru. Darah akan mengalir melalui pembuluh yang sangat kecil (kapiler) yang mengelilingi kantong udara di paru-paru, menyerap oksigen dan melepaskan

karbondioksida yang selanjutnya dihembuskan. Darah yang kaya akan oksigen mengalir di dalam vena *pulmonalis* menuju ke atrium kiri. Peredaran darah diantara bagian kanan jantung, paru-paru dan atrium kiri disebut sirkulasi pulmoner. Darah dalam atrium kiri akan didorong ke dalam ventrikel kiri, yang selanjutnya akan memompa darah yang kaya akan oksigen ini melewati katup aorta masuk ke dalam aorta (arteri terbesar dalam tubuh). Darah kaya oksigen ini disediakan untuk seluruh tubuh, kecuali paru-paru[9]. Dari Gambar 2.1 kita dapat mengetahui bentuk jantung manusia dan bagian-bagian dari jantung.

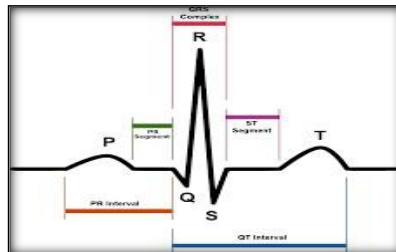


Gambar 2.1 Jantung manusia

Denyut jantung berhubungan dengan denyut nadi adalah tanda penting dalam bidang medis yang bermanfaat untuk mengevaluasi dengan cepat kesehatan atau mengetahui kebugaran seseorang secara umum.

Perhitungan denyut jantung dapat juga dinamakan *Beats Per Minutes* (BPM), menggunakan teknik langsung dan tidak langsung. Secara langsung dilakukan dengan mendeteksi pada jantung itu sendiri. Sedangkan secara tidak langsung dengan memanfaatkan pembuluh darah, yaitu dengan memanfaatkan indera perasa pada ketiga jari tangan yang di tempelkan pada pembuluh darah dan menghitungnya secara manual selama 1 menit, atau menggunakan sadapan

(sensor) yang terhubung dengan alat penghitung detak jantung[9]. Gambar 2.2 menunjukkan sinyal *interval* pada jantung.



Gambar 2.2 Sinyal *interval* jantung[9].

Dari hasil pemeriksaan sinyal jantung dapat diperoleh *interval* setiap gelombang. Keterangan sinyal *interval* jantung pada gambar 2.2 yaitu :

- a. Gelombang P, terjadi akibat kontraksi otot atrium, gelombang ini relatif kecil karena otot atrium yang relatif tipis.
- b. Gelombang QRS, terjadi akibat kontraksi otot ventrikel yang tebal sehingga gelombang QRS cukup tinggi. Gelombang Q merupakan depleksi pertama kebawah. Selanjutnya depleksi ke atas adalah gelombang R. Depleksi ke bawah setelah gelombang R disebut gelombang S.
- c. Gelombang T, terjadi akibat kembalinya otot ventrikel ke keadaan listrik istirahat (repolarisasi).

Beberapa faktor yang mempengaruhi frekuensi denyut jantung :

- a. Jenis kelamin
- b. Jenis aktifitas
- c. Usia
- d. Berat badan

e. Keadaan emosi atau psikis

2.2.3 Tensimeter

Tensimeter atau dapat juga disebut *Sphygmomanometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan darah yang berkerja secara manual saat memompa maupun mengurangi tekanan pada manset dengan sistem *non-invasive*. Pada umumnya cara pengukuran menggunakan tensimeter adalah dengan memasang manset tersebut pada lengan pasien yang akan diperiksa. Kemudian memompa manset tersebut hingga mencapai tekanan tertentu. Setelah itu udara tekanan manset akan dibuang secara perlahan. Dokter atau perawat biasanya akan menggunakan stetoskop untuk mendeteksi nilai tekanan sistol dan diastol pasien. Sistol merupakan hasil tekanan darah yang biasanya digambarkan pada angka pertama yang menunjukkan tekanan darah seseorang yang terjadi pada saat jantung berkerja. Sedangkan angka kedua disebut dengan diastol yang akan menunjukkan tekanan darah seseorang saat posisi jantung saat sedang beristirahat. Pada umumnya, tekanan darah orang yang normal dan sehat adalah sekitar 120/80 mmHg. Tensimeter terbagi tiga jenis :

a. Tensimeter Air Raksa

Tensimeter air raksa adalah tensimeter yang menggunakan air raksa sebagai pembantu dalam pembacaan dan menggunakan stetoskop untuk mendengarkan bunyi detakan sistol dan diastol. Akan tetapi karena ada banyaknya masalah limbah lingkungan tentang pembuangan sampah medis yang disebabkan oleh pencemaran limbah air raksa maka banyak lembaga kesehatan yang beralih menggunakan tensimeter aneroid.

b. Tensimeter Aneroid

Tensimeter aneroid adalah tensimeter yang menggunakan putaran berangka atau menggunakan putaran jarum. Tensimeter ini juga menggunakan stetoskop dalam membantu pembacaan untuk mendengar munculnya bunyinya detakan sistolik dan diastolik. Tensimeter ini lebih aman dari tensimeter air raksa karena tidak menghasilkan limbah yang dapat membahayakan lingkungan.

c. Tensimeter Digital

Tensimeter digital merupakan tensimeter yang lebih modern dan akurat, langsung menunjukkan hasil dalam bentuk angka. Berbeda dengan tensimeter air raksa yang memerlukan stetoskop untuk mendengarkan suara sebagai pertanda tekanan sistolik dan diastolik, maka tensimeter digital menggunakan sensor sebagai alat pendeteksi tekanan darah sehingga baik dipakai untuk para pengguna yang memiliki gangguan pendengaran[10].

2.2.4 Finger Sensor

Sensor dibangun dengan menggunakan *infrared* dan *photodiode*. Adapun cara menggunakan dan penempatan *finger* sensor pada jari terlihat seperti pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 *Finger sensor*

Letak IR dan *photodiode* secara refleksi sejajar di bawah ujung jari. IR memancarkan berupa cahaya inframerah ke ujung jari, dan *photodiode* sebagai penerima cahaya. Intensitas cahaya dipengaruhi kepekatan darah di ujung jari. Jadi, setiap detak jantung sedikit merubah jumlah kepekatan darah sehingga merubah dari intensitas cahaya inframerah yang di deteksi oleh *photodiode*. Inframerah memancarkan cahaya dan melewati jari tangan, kemudian hasil dari perubahan volume darah pancaran cahaya di tangkap oleh *photodiode*. Hasil *photodiode* di pengaruhi oleh kondisi detak jantung.

Prinsip kerja *finger sensor* saat mendapatkan denyut yaitu volume darah akan naik maka intensitas cahaya yang diterima *photodiode* turun, jika nilai hambatan *photodiode* naik maka *output* tegangan sensor akan naik turun dan saat tidak mendapatkan denyut volume darah akan turun maka intensitas cahaya yang di dapat dari *photodiode* naik, jika nilai hambatan *photodiode* turun maka *output* tegangan sensor turun.

2.2.5 Pulse oximetry

Pulse oximetry berfungsi mengamati saturasi oksigen darah. Hal ini dilakukan untuk menjamin kadar oksigen cukup pada pembuluh darah. Alat ini menampilkan frekuensi denyut jantung dan saturasi oksigen, parameter yang menjadi andalan dan sangat berguna untuk mengetahui kondisi pasien saat pemeriksaan. Oksimeter termasuk alat medis *non invasive* dan *portable*. Proses penggunaan *probe* sensor dengan menjepit bagian ujung jari seperti Gambar 2.4

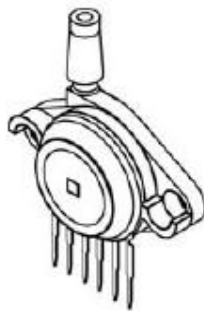


Gambar 2.4 *pulse oximetry*

Sensor dibangun dengan menggunakan LED berwarna merah dan LED *infrared*. Perlu diketahui hemoglobin yang mengandung oksigen akan menyerap panjang gelombang cahaya 910 nm dan hemoglobin yang tidak mengikat oksigen menyerap panjang gelombang cahaya 650 nm sehingga hal inilah yang mengapa LED merah dan inframerah digunakan sebagai komponen utama pembangun sensor karena kedua LED ini memiliki panjang gelombang yang sesuai kriteria[11].

2.2.6 Sensor Tekanan MPX5100GP

Sensor MPX5100GP berfungsi untuk mengetahui besar tekanan gas dalam sebuah media tekanan gas. Sensor ini bekerja berdasarkan sifat *piezoresistif*, yaitu perubahan nilai resistansi suatu benda karena perubahan bentuk permukaan dari benda tersebut. Berdasarkan karakteristik dari kerja sensor pada *datasheet*, MPX5100GP dapat bekerja dengan baik apabila diberi tegangan masukan sebesar $\pm 5V$ DC dan arus sebesar 7-10 mA. Tegangan keluaran yang dihasilkan sensor ini berada pada *range* 0.3-4.7 V dengan *range* tekanan 0-100 kPa dan memiliki sensitivitas sebesar 45 mV/kPa. Gambar 2.5. menunjukkan sensor MPX5100GP.



Gambar 2.5 Sensor MPX5100GP

2.2.7 Motor DC

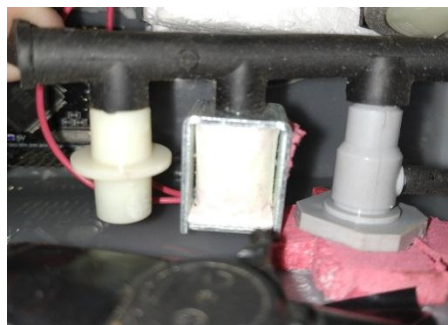
Motor DC ini membutuhkan tegangan 9 VDC untuk dapat berkerja. Motor DC adalah salah satu mesin yang berfungsi untuk memompa aliran udara. Motor DC akan bekerja ketika mendapatkan logika *high*. Gambar motor DC yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Motor DC

2.2.8 *Solenoid Valve*

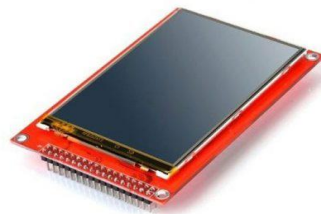
Solenoid valve terdiri dari sebuah kumparan yang berbentuk silinder dimana pada bagian tengahnya terdapat sebuah inti besi yang disebut dengan *plunger*. Apabila kumparan dialiri arus listrik maka kumparan menjadi elektromagnet sehingga akan mengangkat/menarik *plunger* ke tengah kumparan dan akibatnya akan membuka katup. Apabila aliran listrik dimatikan maka medan magnet kumparan akan hilang dan *plunger* karena beratnya sendiri akan turun sehingga menutup katup. Gambar *solenoid valve* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Solenoid Valve*

2.2.9 LCD TFT

TFT adalah singkatan dari *Thin Film Transistor* merupakan salah satu jenis dari LCD yang menggunakan transistor film tipis untuk menghasilkan kualitas gambar seperti kontras dan kecerahan menjadi lebih baik. TFT artinya transistor film tipis, yang berarti setiap piksel cair terdiri dari transistor film tipis yang terintegrasi di belakangnya, dengan demikian kecepatan tinggi, kecerahan tinggi, dan kontras yang tinggi tampilan informasi layar dapat di capai.



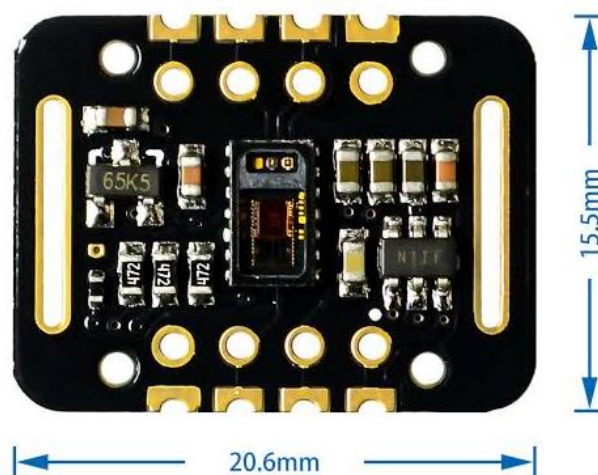
Gambar 2.8 LCD TFT

Prinsip dasarnya cukup sederhana yaitu tampilan terdiri dari banyak piksel yang dapat memancarkan cahaya. Kita dapat mengendalikan setiap piksel untuk menampilkan warna yang sesuai.

2.2.10 Modul MAX30102

Modul MAX30102 adalah modul *pulse oximetry pulse* dan *heart rate* monitor yang terintegrasi. Ini termasuk LED *internal*, *photodetector*, elemen optik, dan elektronik kebisingan rendah dengan penolakan cahaya *ambient*. MAX30102 menyediakan solusi sistem yang lengkap untuk memudahkan proses desain untuk perangkat *mobile* dan *wearable*.

MAX30102 beroperasi pada catu daya 1.8 V tunggal dan *power supply* 5.0 V terpisah untuk LED *internal*. Komunikasi pada MAX30102 melalui standar I2C yang *compatible*. Modul ini dapat dimatikan melalui perangkat lunak dengan siaga nol sehingga memungkinkan aliran listrik untuk tetap bertenaga sepanjang waktu.



Gambar 2.9 Modul MAX30102

Spesifikasi MAX30102 :

- a. *Heart-rate monitor* dan *Pulse Oximeter* Biosensor dalam solusi reflektif LED.
- b. Kaca penutup terpadu untuk kinerja yang optimal dan kokoh.
- c. Pengoperasian daya *ultra* rendah untuk perangkat seluler.
- d. Tingkat sampel dapat diprogram dan arus LED untuk penghematan listrik.
- e. Monitor denyut jantung berdaya rendah ($< 1\text{mW}$).
- f. *Ultra-low shutdown current* ($0,7\ \mu\text{A}$, *typ*).
- g. Kemampuan *output* data cepat.
- h. Tarif sampel tinggi.

- i. SNR tinggi.
- j. -40 °C hingga 85 °C rentang suhu operasi.

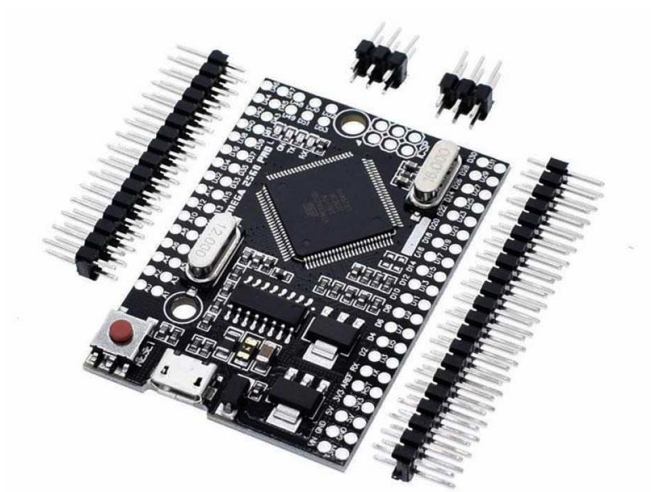
2.2.11 Arduino Mega

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah *board* arduino yang menggunakan IC mikrokontroler ATmega 2560. *Board* ini memiliki pin I/O yang relatif banyak, 54 digital *input/output*, 15 buah pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 buah analog *input*, 4 UART. Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan Kristal 16 Mhz. Untuk menggunakan Arduino Mega 2560 cukup sederhana yaitu dengan menghubungkannya dengan laptop/PC atau dengan menghubungkan *jack* DC melalui adaptor 7-12 VDC.

Spesifikasi dari Arduino Mega 2560 :

- a. Mikrokontroler : ATmega 2560
- b. Tegangan Operasional : 5 V
- c. Tegangan *Input* : 7-12 V
- d. Tegangan *Input* (*Limit*) : 6-12 V
- e. Pin Digital I/O : 54 (*of which 15 provide PWM output*)
- f. Pin Analog *Input* : 16
- g. Arus DC per Pin I/O : 20 mA
- h. Arus DC untuk Pin 3,3 V : 50 mA
- i. *Memory Flash* : 256 KB *of which 8 KB used by bootloader*
- j. SRAM : 8 KB
- k. EEPROM : 4 KB
- l. *Clock Speed* : 16 MHz

- m. LED_Builtin : 13
- n. Panjang : 101,52 mm
- o. Lebar : 53,3 mm
- p. Berat : 37 g



Gambar 2.10 Konfigurasi PIN Arduino Mega 2560.

Pin digital Arduino Mega 2560 berjumlah 54 pin yang dapat digunakan sebagai *input* atau *output* dan memiliki 16 pin analog dengan label A0 sampai A15 sebagai ADC, setiap pin analog memiliki resolusi 10 *bit*. Arduino Mega 2560 di lengkapi dengan pin yang memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. **Serial 4 buah** : *Port Serial* : Pin 0 (RX) dan Pin 1 (TX); *Port Serial 1* : Pin 19 (RX) dan Pin 18 (TX); *Port Serial 2* : Pin 17 (RX) dan Pin 16 (TX);

Port Serial 3 : Pin 15 (RX) dan Pin 14 (TX). Pin RX di gunakan untuk menerima data *serial* TTL dan Pin (TX) untuk mengirim data *serial* TTL.

- b. **External Interrupts 6 buah** : Pin 2 (*Interrupt* 0), Pin 3 (*Interrupt* 1), Pin 18 (*Interrupt* 5), Pin 19 (*Interrupt* 4), Pin 20 (*Interrupt* 3) dan Pin 21 (*Interrupt* 2).
- c. **PWM 15 buah** : 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 dan 44,45,46 pin-pin tersebut dapat di gunakan sebagai *Output* PWM 8 bit.
- d. **SPI** : Pin 50 (MISO), Pin 51 (MOSI), Pin 52 (SCK), Pin 53 (SS), di gunakan untuk komunikasi SPI menggunakan *SPI Library*.
- e. **I2C** : Pin 20 (SDA) dan Pin 21 (SCL), Komunikasi I2C menggunakan *wire library*.
- f. **LED** : 13. *Builtin* LED terhubung dengan Pin Digital 13.