

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian skripsi yang berjudul “Perancangan program printer 3D menggunakan motor dc 5 volt dan arduino mega 2560” yang telah dilakukan oleh Rizky Bagaskara Lubis. Perancangan program *printer* 3D menggunakan motor dc 5 volt dan arduino mega 2560, yaitu alat 3d ini mampu mencetak namun belum sempurna bentuk dan hasilnya, supaya akurat dan lebih efisien dibutuhkan kalibrasi pada nozel dan meja pemanas untuk memproses pencetakan agar lebih baik hasilnya, kalibrasi yang dilakukan secara otomatis membutuhkan perangkat keras dan kerumitan yang tinggi. Cara untuk kompensasi pada ketidaksejajaran, digunakan sistem auto level, hasil dari auto level tidak terjadi sebelum pencetakan seperti kalibrasi, tapi berjalan seiring dengan pencetakan [4].

Pada jurnal yang berjudul “Perancangan dan manufaktur printer 3D Tipe Fused Deposition Modeling (FDM)” yang telah dilakukan oleh Setyoadi. Menghasilkan teknologi pencetakan 3D, lazim digunakan untuk membuat contoh rancang bangun (prototyping) dan manufaktur terdistribusi. Motor servo terkadang tidak beroperasi karena kurang stabilnya tegangan, proses penampilan belum dapat dilihat di LCD secara *realtime* [5].

Pada jurnal yang berjudul “Rancang Bangun Konstruksi Rangka Mesin 3d Printer Tipe Cartesian Berbasis *Fused Deposition Modeling* (Fdm)” yang telah dilakukan oleh Muliawan, D, M. Menghasilkan rancang bangun kontruksi rangka mesin 3D printer tipe cartesian berbasis FDM dengan penggerak menggunakan 3 sumbu utama yaitu sumbu x dengan panjang area cetak 380 mm, sumbu Y dengan area cetak 400 mm, dan sumbu Z dengan panjang area cetak 380 mm. Material yang digunakan yaitu baja JIS G3103 1995 SS400, dan aluminium A11 100 [6].

Pada jurnal yang berjudul “Rancang Bangun 3d-Printer Tipe *Fused Deposition Modeling* (Fdm) Dengan Filamen Coklat” yang telah dilakukan oleh Akbar, M. *Metode* yang digunakan pada penelitian ini adalah perancangan, Mesin 3d printing ini bahan material dasar filamennya yaitu coklat. Dengan menggunakan mikrokontroler arduino sebagai i kntroller dan lcd untuk input data printing. Serta pada tugas akhir ini juga akan dibuat dengan perancangan yang sederhana dan ekonomis [7].

Pada jurnal yang berjudul “Penerapan Arduino Mega 2560 pada Mesin Cetak Tiga Dimensi” yang telah dilakukan oleh Pertiaz, B, I dan Leidiyana H. *Metode* yang digunakan pada penelitian ini adalah perancangan, tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah rancangan mesin printer 3D untuk pengguna agar dapat mempersingkat waktu pembuatan protyope dan lebih cepat dan persisi untuk membuat suatu wadah kebutuhan prototype robotic. Peralatan pendukung yang di gunakan dalam pembuatan mesin cetak 3 dimensi dalam penelitian ini adalah Arduino Mega 2560, Ramps 1.4, Driver Stepper Motor A4988, HotEnd, HeatBed, Motor Stepper [22].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan board mikrokontroler berbasis Arduino yang menggunakan chip ATmega 2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, diantaranya 54 buah pin digital I/O dimana 15 buah pin PWM, 16 buah pin analog input, 4 buah pin UART. Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol *reset*. [8] Untuk pemrogramannya menggunakan Arduino *Software* (IDE) Arduino Mega 2560 memungkinkan untuk dihubungkan dengan banyak komponen. Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Mikrokontroler Arduino Mega

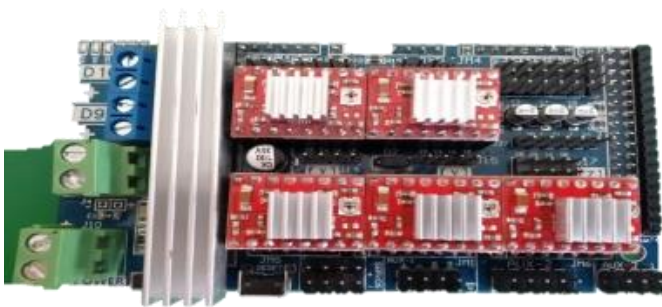
Tabel 2. 1 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino Mega

| Spesifikasi | Keterangan |
|----------------------|------------|
| Mikrokontroler | ATmega2560 |
| Tegangan Operasional | 5 Volt |
| Tegangan Masukan | 7-12 Volt |

| | |
|---------------------|---|
| Pin I/O Digital | 54 Pin Digital |
| Pin Input Analog | 16 Pin Analog |
| Arus DC per Pin I/O | 20 mA |
| Memori Flash | 256 KB (8 KB digunakan oleh bootloader) |
| SRAM | 8 KB |
| EEPROM | 4 KB |
| Kecepatan Clock | 16 MHz |
| Pin LED_BUILTIN | Pin Digital 13 |
| Dimensi | Panjang 101.52 mm x Lebar 53,3 mm |
| Berat | 37 g |

2.2.2 RAMPS 1.6 Shield

Ramps 1.6 *shield* merupakan sebuah mainboard untuk menghubungkan driver motor yang berkolaborasi dengan arduino mega 2560. Ramps 1.4 memiliki spesifikasi yaitu menggunakan input power 12 volt dan output 12 volt, slot power hotbend dan extruder, port untuk motor stepper, port untuk fan, dan port untuk LCD [9]. Ramps 1.6 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Ramps 1.6 Shield

Tabel 2. 2 Spesifikasi Ramps 1.6

| Spesifikasi | Keterangan |
|--------------------|-------------------------|
| Mikrokontroler | ATmega2560 |
| Fungsi | Controller, Commutation |
| Konfigurasi luaran | Direction |

| | |
|--------------------|-----------------|
| Resolusi step | >256 Microsteps |
| Tipe motor Stepper | Bipolar |
| Tipe motor AC, DC | Piezo |

2.2.3 Motor Stepper Nema 17

Motor Stepper adalah suatu motor DC yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital. Prinsip kerja motor stepper adalah bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit dimana motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor stepper. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang dapat membangkitkan pulsa-pulsa periodik ^[10]. Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keunggulan yaitu sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur. Kemudian motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak. Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi. Kemudian sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti motor DC. Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas. Motor stepper memiliki kelemahan dibandingkan motor servo, yaitu memiliki tingkat kebisingan yang sedikit lebih banyak daripada servo. Kemudian kecepatan motor stepper lebih lambat dibandingkan motor servo. Motor stepper juga menggunakan sistem open loop yaitu tidak adanya feedback sehingga harus diberi sensor tambahan agar dapat kembali ke posisi home ^[10]. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Motor Stepper

Tabel 2. 3 Spesifikasi Motor Stepper

| Spesifikasi | Keterangan |
|--------------------------------|--------------------------|
| Model | AS1030-0000 |
| Nilai Tegangan Suplai | 24-50 Vdc |
| Nilai Tegangan Arus (Per Fase) | 1.5 A |
| Torsi Berhenti | 0.6 Nm |
| Hambatan Belitan (per fase) | 0.8 Ohm |
| Belitan Induktansi (per fase) | 3.8 mH |
| Dimensi (Radius x Panjang) | 0.21 kg.cm ² |
| Resolusi | 56 mm x 53 mm |
| EEPROM | 1.8° = 200 langkah penuh |

2.2.4 Sensor Suhu Thermistor

Thermistor (Thermal Resistor) merupakan jenis resistor yang resistansinya bergantung pada suhu sekitarnya. Thermistor banyak digunakan untuk mengendalikan suhu pada perangkat elektronk seperti thermometer elektrik dan pendingin udara. Ada 2 jenis Thermistor yaitu Thermistor NTC (Negative Temperar Coefficient) dan Thermistor PTC (Positive Temperature Coefficien ^[11].

Prinsip kerja dari thermistor NTC nilai resistansi akan menurun jika suhu yang bekerja meningkat atau bertambah panas. Semakin tinggi suhu, maka arus dapat mengalir melalui resistor akan semakin besar. Thermistor 100k ohm ini beroperasi dis 40°c sampai dengan 300°c. Sensor Suhu Thermistor dapat dilihat pada Gambar 2.4.

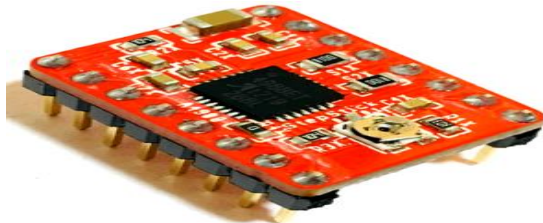
**Gambar 2. 4 Sensor Suhu Thermistor****Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor Suhu Thermistor**

| Spesifikasi | Keterangan |
|-------------|--|
| Kategori | NTC (Negative Temperature Coefficient) |
| Resisntasi | 100 kOhms |

| | |
|-----------------------|----------|
| Peringkat Daya | 100 mW |
| Suhu Operasi Minimum | -40 C |
| Suhu Operasi Maksimum | +125 C |
| Tegangan | 5 V |
| Berat Unit | 1.200 mg |
| Peringkat Saat Ini | 32 uA |
| Toleransi B | 1% |
| Berat | 0.2 g |

2.2.5 Driver A4988

Driver tipe A4988 adalah driver yang berfungsi untuk mengendalikan motor stepper mulai dari full step, half step, 1/4 step dan 1/16 step. Kapasitas output driver dapat mencapai 35 V dan 2 A. Karena dapat melakukan 1/16 step maka ketelitian setiap step semakin bertambah. Driver ini memiliki internal circuit protection meliputi thermal shutdown, undervoltage lockout (UVLO) dan crossover-current protection ^[12]. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Driver A4988

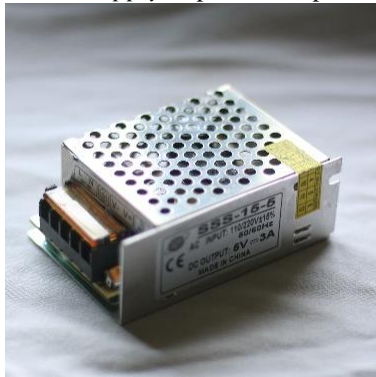
Tabel 2. 5 Spesifikasi Driver A4988

| Spesifikasi | Keterangan |
|---------------------------|--------------------|
| Tegangan Operasi Minimum | 8 Volt |
| Tegangan Operasi Maksimum | 35 Volt |
| Arus Kontinyu per fasa | 1 Ampere |
| Arus Maksimum per fasa | 2 Ampere |
| Tegangan logika minimum | 3 Volt |
| Tegangan logika maksimum | 5.5 Volt |
| Memori Flash | 1, ½. ¼. 1/8, 1/16 |
| Ukuran | 0.6" x 0.8" |
| Berat | 1.3 g |

2.2.6 Power Supply

Power supply atau catu daya merupakan alat yang berfungsi untuk mengalirkan listrik ke perangkat elektronika. Prinsip kerja *power supply* yaitu dengan menurunkan tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi ke level yang dibutuhkan. Kemudian dirubah menjadi listrik DC menggunakan komponen dioda [13].

Selain dapat menurunkan tegangan dan merubah listrik AC menjadi DC, ada beberapa *power supply* yang mampu menstabilkan tegangan meskipun terjadi fluktuasi pada tegangan masukan. Pada tugas akhir ini, *power supply* digunakan sebagai sumber catu daya komponen-komponen seperti mikrokontroler Arduino Mega 2560, Motor Stepper, dan *Driver A4988*. *Power supply* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Power Supply

Tabel 2. 6 Spesifikasi Power Supply

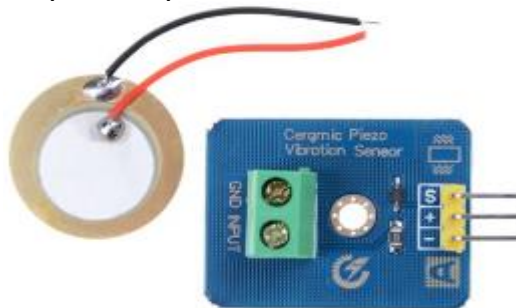
| Spesifikasi | Keterangan |
|-------------------|---------------------|
| Jenis | Power Supply 24V 5A |
| Tegangan Masukan | 110VAC-220VAC |
| Tegangan Keluaran | 24VDC |
| Arus | 5A |

2.2.7 Piezoelectric ceramic sensor vibration

Piezoelectric diartikan sebagai kemampuan yang dimiliki dengan berbahan kristal maupun bahan-bahan tertentu yang dapat menghasilkan tegangan listrik jika mendapatkan tekanan atau regangan untuk mengukur tekanan, tegangan, kekuatan, atau percepatan. Efek

piezoelectric terjadi akibat adanya tekanan dan menghasilkan tegangan listrik [14].

Piezoelectric beroperasi dengan berdasarkan berbagai macam optik, prinsip kerja pada mekanis ini adalah dengan melakukan pengalisan pada getaran sistem yang sudah selesai dilakukan pengamatan. Sensitivitas sensor ini biasanya berkisar antara 10 mV/g hingga 100 mV/g, dan ada sensitivitas yang lebih rendah dan lebih tinggi juga dapat diakses. Sensitivitas sensor dapat dipilih berdasarkan aplikasi. Jadi, sangat penting untuk mengetahui tingkat kisaran amplitudo getaran yang sensornya akan terangkap di seluruh pengukuran. Sensor vibration piezoelectric dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Piezoelectric ceramic sensor vibration

Tabel 2.7 Spesifikasi Piezoelectric Ceramic Sensor Vibration

| Spesifikasi | Keterangan |
|-----------------------------|---------------|
| Operating Temperature | 0°C to 85°C |
| Working Voltage | 3.3 V or 5 V |
| Higher Temperature | Up to 125°C |
| Length Beyond Clamp | 20 mm |
| Resonant Frequency | 180 Hz |
| Current | <1 mA |
| Size | 30 mm x 23 mm |
| Operating Temperature Range | -10 ~ +70 |

2.2.8 Extruder

Extruder adalah komponen yang sangat penting pada alat cetak bangun ruang tiga dimensi karena berfungsi untuk memanaskan dan memotong filament pada alat cetak bangun ruang tiga dimensi. Extruder terdiri dari beberapa komponen penting yaitu Stepper motor

thermistor, heater fan dan nozzle. Di bawah ini merupakan gambar extruder yang digunakan pada alat pencetak ruang tiga dimensi, Extruder diletakkan di bagian tengah alat pencetak bangun ruang tiga dimensi. Dibutuhkan filamen diameter 3mm dari polimer (dengan sepasang kabel supply 12V), filament akan turun dan dipanaskan, dan kemudian lelehkan filament keluar dari nozzle sesuai dengan perintah dari perangkat lunak, sehingga aliran tipis ditetapkan dalam lapisan untuk membentuk bagian-bagian yang alat ini butuhkan. Extruder harus bekerja sampai suhu 250 derajat Celcius ^[15]. *Extruder* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Extruder

Tabel 2. 8 Spesifikasi Extruder

| Spesifikasi | Keterangan |
|-----------------------|------------|
| Material | VCN 150 |
| Diameter | 25 mm |
| Panjang Total | 390 mm |
| Panjang Efektif | 305 mm |
| Panjang Bagian Kaki | 60 mm |
| Panjang zona transisi | 122,90 mm |
| Panjang zona material | 122,10 mm |
| rasio kompresi | 2 |
| ketebalan celah | 4,98 mm |
| ketebalan slot | 17,74 mm |
| ketebalan | 2,5 mm |
| Berat | 50 gr |

2.2.9 Lcd Display Smart Controller

LCD display smart controller ini berisi pembaca *SD-Card*, *rotary encoder*, dan layar LCD 20 Character x 4 Line. Anda dapat dengan mudah menghubungkannya ke papan Ramps Anda menggunakan "adaptor pintar" yang disertakan. Setelah menyambungkan panel ini ke Ramps Anda, Anda tidak membutuhkan pc lagi, Smart Controller memasok daya untuk kartu SD Anda. Selanjutnya semua tindakan seperti kalibrasi, gerakan sumbu dapat dilakukan dengan hanya menggunakan rotary encoder pada smart controller. Cetak desain 3D Anda tanpa PC ^[16]. Hanya dengan desain kode-g yang tersimpan pada kartu SD. Lcd Display Smart Controller dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Lcd Display Smart Controller

Tabel 2. 9 Tabel 2. 9 Spesifikasi Lcd Display Smart Controller

| Spesifikasi | Keterangan |
|---------------|-------------------|
| Jenis | LCD Control Panel |
| Control Panel | Ramps Extention |
| Model | Gcode |
| Version | Smart Controller |

2.2.10 Limit Switch

Limit switch adalah sensor yang dapat mendeteksi adanya suatu benda yang menyentuh sensor tersebut. Limit switch adalah suatu alat yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik pada suatu rangkaian. Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja Limit

switch sama seperti saklar Push ON yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat katup tidak ditekan^[17]. Limit switch dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Limit Switch

Tabel 2. 10 Spesifikasi Limit Switch

| Spesifikasi | Keterangan |
|-----------------|-------------------------|
| Model | V-152-1C25 |
| Rating | 15A 250VAC /0.6A 125VDC |
| Jenis Actuator | Tuas Engsel dan Roda |
| Jenis Terminal | Quick Connect |
| Jumlah Terminal | 3 (NC, NO dan COM) |
| Operating Force | Max 1.23 N |
| Suhu Kerja | -25 ~ 80 C |
| Usia Mekanis | >50 million clicks |

2.2.11 Filament PLA

Filament merupakan bahan baku utama untuk proses pencetakan benda dari alat 3D Printer. Filament memiliki jenis bahan dasar seperti PLA(Poly Lactic Acid) yang diekstrusi mengacu pada plastik berdiameter kecil yang akan dikeluarkan dari extruder dan merupakan hal terpenting pada mesin 3D Printer yang digunakan untuk membuat model plastik. Diameter filament bervariasi antara 0.5 mm sampai 2 mm, tetapi pada umumnya menggunakan ukuran 1,75 mm^[18]. Filament PLA dapat dilihat pada Gambar 2.11.



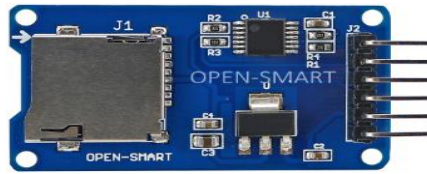
Gambar 2. 11 Fillament PLA

Tabel 2. 11 Spesifikasi Fillament PLA

| Spesifikasi | Keterangan |
|---------------------------|---------------------------------|
| <i>Diameter</i> | 1.75 mm |
| <i>Diameter Tolerance</i> | 0.02 mm |
| <i>Lenght</i> | 330 mtr / kg |
| <i>Density</i> | 1.25 +/- 0.05 g/cm ³ |
| <i>Tensile Strenght</i> | 11-16 kgf |
| <i>Print Speed</i> | 50-100 mm/s |
| Berat Kotor | 1.35 kg (2.2 lbs) |
| Ukuran Rol | Diameter 20 cm x 6.6 cm |

2.2.12 Modul SD Card

Modul SD Card digunakan untuk mendukung sistem penyimpanan file G-code untuk mencetak desain, diperlukan memori tambahan. Memori tambahan yang digunakan untuk kali ini adalah SD (*Secure Digital*) yang sudah seringkali digunakan sebagai media penyimpanan data-data digital seperti pada kamera digital dan telepon seluler (ponsel). SD Card dapat digunakan sebagai memori yang dapat diganti dengan mudah sehingga memudahkan dalam ekspansi ke kapasitas memori yang lebih besar. Tersedia *Ferroelectric Nonvolatile RAM (FRAM)* yang dapat digunakan sebagai buffer sementara dalam mengakses SD Card atau sebagai tempat penyimpan data lain^[19]. Modul SD Card dapat dilihat pada Gambar 2.12.



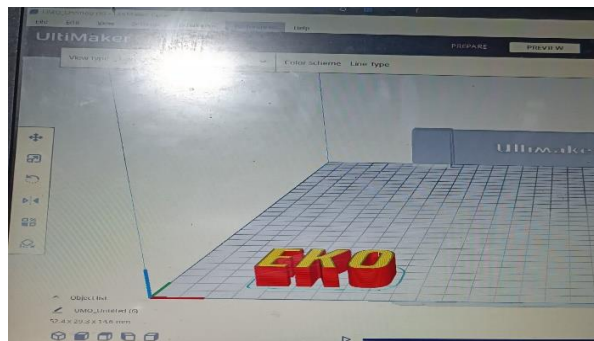
Gambar 2. 12 Modul SD Card

Tabel 2. 12 Spesifikasi Modul SD Card

| Spesifikasi | Keterangan |
|------------------|------------------------------|
| Features | Support SD Cards, Micro SDHC |
| Power Supply | 4.5V ~ 5V or 3.3 Voltage |
| Level Conversion | 5v or 3.3 V |

2.2.13 Ultimaker Cura

Ultimaker Cura adalah software yang diciptakan oleh David Braam lalu dikembangkan oleh Ultimaker. Kegunaan software ini untuk mengonversi data CAD seperti .stl dan .obj menjadi petunjuk pencetakan untuk 3D printer dengan memotong model menjadi irisan horisontal (lapisan), menghasilkan toolpath untuk mengisi dan menghitung jumlah filament yang akan diekstrusi. Software ini dapat membaca STL, AMF dan OBJ file, sedangkan untuk hasil konversinya yaitu G-kode atau SVG file^[20]. Software Ultimaker Cura dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 13 Ultimaker Cura

2.2.14 Mikrokontroler Arduino Nano

Arduino Nano adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P dengan bentuk yang sangat mungil. Arduino ini tidak mempunyai jack power DC dan pemrogramannya menggunakan konektor USB mini tipe B. Arduino ini memiliki 14 pin i/o digital, 8 pin input analog dengan resolusi 1024 bit, 32 kB memori flash, 0,5 kB digunakan untuk bootloader, 2 kB SRAM, 1 kB EEPROM, 16 MHz kecepatan clock, dan ukuran yang kecil (45 mm x 18 mm). 8 pin analognya 6 dapat dijadikan sebagai pin i/o digital (A0-A5), serta 2 pin dapat digunakan untuk komunikasi I2C (SDA pin A4 dan SCL pin A5)^[21]. Untuk pemrogramannya menggunakan Arduino *Software* (IDE) Arduino Nano memungkinkan untuk dihubungkan dengan banyak komponen. Arduino Nano dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 14 Mikrokontroler Arduino Nano

Tabel 2. 13 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino Nano

| Spesifikasi | Keterangan |
|----------------------|-----------------------------------|
| Mikrokontroler | Atmega328P |
| Tegangan Operasional | 5 Volt |
| Tegangan Masukan | 7-9 Volt |
| Pin I/O Digital | 14 Pin Digital |
| Pin Input Analog | 8 Pin Analog |
| Arus DC per Pin I/O | 20 mA |
| Memori Flash | 32 KB |
| SRAM | 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Kecepatan Clock | 16 MHz |
| Pin LED_BUILTIN | Pin Digital 8 |
| Dimensi | Panjang 43.18 mm x Lebar 18.54 mm |
| Berat | 7 g |