

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Pembahasan dalam bab 2 ini akan dibahas tinjauan pustaka dari teori-teori yang mendasari pembahasan pembuatan alat secara detail dan penelitian sebelumnya untuk menunjang pembuatan rancang bangun alat pemanggang sate berbasis Arduino ini. Penelitian sebelumnya tentang jurnal yang membahas rancang bangun alat pemanggang sate masih terdapat kekurangan, maka diperlukan penyempurnaan untuk menunjang efektifitas dan efisiensi dari kualitas maupun kuantitas yang dihasilkan. Berikut ini teori terdahulu untuk menunjang alat ini adalah :

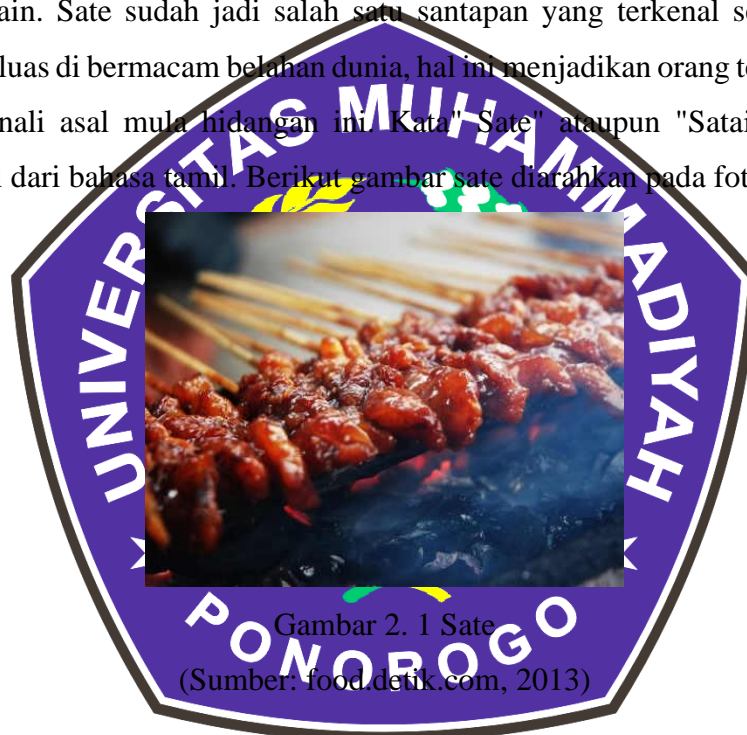
- 
- a. Pada jurnal yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pemanggang Sate Otomatis Dengan Metode PWM Berbasis Mikrokontroler” penulis belum bisa mengetahui kematangan dari sate yang dipanggang, pemanggangan sate masih menggunakan metode arang sehingga suhu belum bisa terkontrol secara maksimal.
  - a. Pada skripsi yang berjudul “Perancangan Pemanggang Untuk Penjual Sate di Pujasera dan Festival Makanan” penulis menggunakan gas LPG dan menggunakan arang, namun masih menggunakan metode semi otomatis.
  - b. Skripsi “Purwarupa Pemanggang Sate Otomatis Berbasis Arduino Uno” tidak menyertakan pemberian bumbu secara otomatis.
  - c. Penerapan Mesin Pemanggang Semi Otomatis untuk Meningkatkan efektivitas Proses Produksi wingko.
  - d. Mesin Pemanggang Biji Kopi Dengan Suhu Terkendali Menggunakan Arduino Due.

#### 2.1 Sate

Sate merupakan santapan tradisional yang disukai oleh banyak orang dari seluruh lapisan usia, status sosial serta suku. Di Indonesia sendiri sate yang populer serta banyak digemari dan gampang ditemui merupakan sate daging, sate kambing serta sate ayam. Sate merupakan makanan ialah salah satu lauk pauk khas Indonesia yang dibuat dari olahan daging

berupa potongan daging kecil yang ditusuk sedemikian rupa dengan bambu kemudian dipanggang menggunakan bara arang kayu (Sumber: Nababan, 2020). Sate ayam ataupun ayam yang disajikan dengan teknik ditusuk pada sebatang bambu kecil/ lidi yang setelah itu diberi bumbu serta dibakar diatas bara api sampai matang kemudian disajikan dengan saus kacang dengan tambahan lontong serta kecap.

Sate ayam sangat terkenal di sebagian wilayah di Indonesia terutama di pulau Jawa semacam halnya Madura serta Ponorogo. Tiap wilayah tersebut mempunyai ciri olahan sate yang berbeda antara satu wilayah dengan wilayah yang lain. Sate sudah jadi salah satu santapan yang terkenal serta tersebar secara luas di bermacam belahan dunia, hal ini menjadikan orang tertarik untuk mengenali asal mula hidangan ini. Kata "Sate" ataupun "Satai" diprediksi berasal dari bahasa tamil. Berikut gambar sate diarahkan pada foto 2.1.

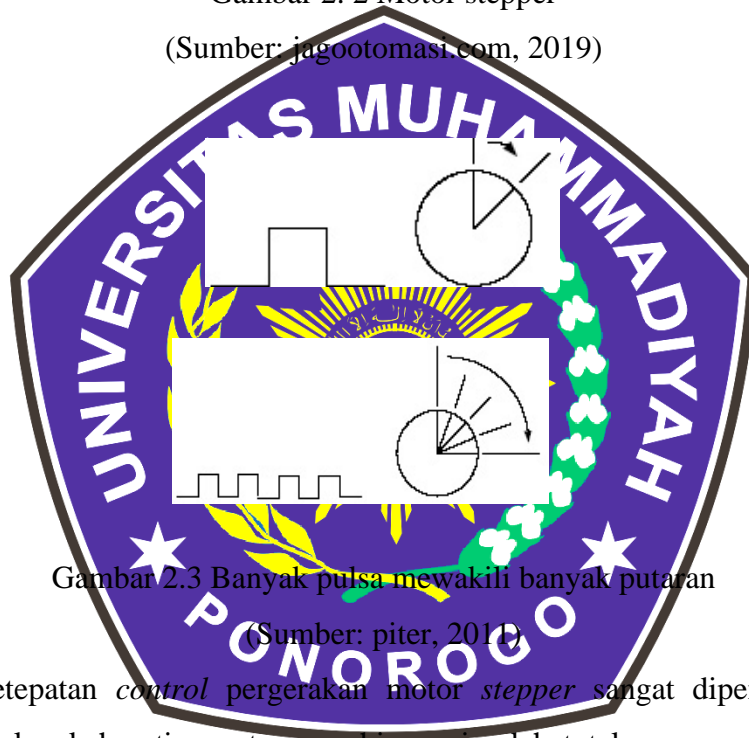


## 2.2 Motor stepper

Motor *stepper* adalah salah satu jenis motor listrik yang berkerja berdasarkan pulsa yang diberikan. Jumlah pulsa yang diberikan akan menjadi putaran motor *stepper*, pada dasarnya setiap putaran memerlukan beberapa jumlah pulsa. Kenaikan Langkah motor dari satu pulsa yang diberikan yang menjadi revoluis utuh. Sehingga perhitungan putaran dapat ditentukan dengan cara mengatur jumlah pulsa yang akan diberikan. Penghitungan pulsa secara otomatis menunjukkan jumlah putaran yang telah dilakukan, tanpa perlu data kembali (*feedback*).

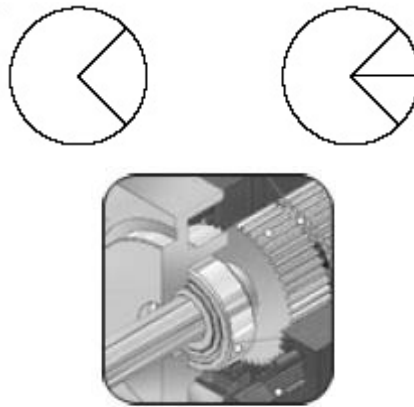


Gambar 2. 2 Motor stepper  
(Sumber: jagootomasi.com, 2019)



Gambar 2.3 Banyak pulsa mewakili banyak putaran  
(Sumber: piter, 2014)

Ketepatan *control* pergerakan motor *stepper* sangat dipengaruhi dari jumlah langkah setiap putaran, sehingga jumlah total yang semakin banya, semakin tepat juga presisi Gerakan yang dimunculkan. Untuk presisi yang lebih tinggi, sebagian *driver motor stepper* membagi langkah normal menjadi setengah step (*half step*) ataupun *mikro step*.



Gambar 2.4 langkah normal terbagi menjadi 2 (half step)

(Sumber: piter, 2011)

Bagian-bagian motor *stepper* disusun dengan *stator*, *rotor*, *bearing*, sumbu dan *casing*. Sumbu adalah pegangan dari rotor dimana sumbu merupakan pusat dari *rotor*, pada saat *rotor* berputar maka sumbu juga ikut berputar. Stator memiliki dua bagian yaitu pelat inti dan kumparan. Plat inti motor *stepper* biasanya dipasang pada *casing*. *Casing* motor *stepper* terbuat dari bahan alumunium dan berfungsi sebagaiudukan *bearing* danudukan *stator* adalah 4 buah boud. Isi motor *stapper* memiliki dua buah bantalan yaitu bantalan pada bagian atas dan bantalan pada bagian bawah.



Gambar 2.5 Bearing motor stepper

(Sumber: pamungkas99.wordpress.com, 2010)

Motor stepper biasanya tertulis spesifikasi  $N_p$  (= pulsa / rotasi). Sedangkan kecepatan pulsa digambarkan sebagai pps (= pulsa per second) dan kecepatan putaran ditulis sebagai  $\omega$  (= rotasi / menit atau rpm). Kecepatan putar motor stepper (rpm) bisa digambarkan memakai kecepatan pulsa (pps) sebagai berikut.

$$\omega = 60 \text{ pps}/N_p \text{ [rotasi/menit]}$$

$$\omega = 60/N_p \text{ pps} \dots\dots\dots(1)$$

Oleh karena 1 rotasi = 360 o, maka tingkat ketelitian motor stepper dapat diekspresikan dalam rumus sebagai berikut.

$$\delta = \frac{\text{puls}}{\text{rotasi}}$$

$$\delta = \frac{1 \text{ [rotasi]} \times 360^\circ}{N_p \text{ [puls]}}$$

$$\delta = 360/N_p \left[ \frac{\text{puls}}{\text{rotasi}} \right] \dots\dots\dots(2)$$

**2.2.1 Jenis Motor Stepper**

a. *Permanen Magnet*, (PM)

Seperti namanya, motor stepper dengan tipe PM memiliki rotor magnet permanen. Kebanyakan memiliki kecepatan rendah, alat torsi rendah, dan sudut aksi besar, bisa 45 atau 90 derajat.

b. *Variable Reluctance* (VR)

Motor stepper tipe VR ini memiliki bentuk rotor yang unik yaitu silinder dan pada semua perkakasnya mempunyai gerigi yang memiliki sambungan dengan kutub stator. Magnet permanen tidak digunakan pada rotor magnet ini. Stator dililitkan oleh kumparan sehingga ketika arus diberikan, stator akan menaikkan kutub magnet. Banyaknya gerigi pada rotor akan menentukan kayuhan motor.

Perbedaan motor tipe PM dan VR adalah motor tipe VR memiliki torsi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan motor stepper tipe PM. Dilihat dari sudut pandang yang berbeda, terlihat bahwa magnet yang tersisa sangat kecil sehingga pada saat motor



stepper tidak diberi energi, pada saat diputar tidak ada torsi yang berlawanan. Sudut langkah motor stepper jenis VR ini bervariasi hingga 30. Motor stepper jenis VR ini memiliki torsi yang kecil. Sering dijumpai pada printer dan komponen industri ringan yang tidak membutuhkan torsi dalam jumlah besar.

Motor memiliki tiga set tiang stator (A, B, C) yang dipasang dengan jarak lima belas derajat. Dari kutub A, arus mengalir melalui belitan motor yang menghasilkan tarikan magnet yang menyelaraskan gigi rotor ke kutub A. Jika energi diberikan ke kutub B sehingga akan menyebabkan rotor berputar lima belas derajat sejajar kutub B. selanjutnya proses ke C dan kembali lagi ke kutub A searah bersamaan jarum jam.

c. Magnet permanen – *Hybrid*, (PM-H)

Permanen magnet *Hybrid* ialah model motor stepper penyempurnaan. motor stepper ini mempunyai kecepatan seribu langkah atau detik tetapi juga mempunyai torsi yang cukup besar sehingga bisa disebut bahwa PM-H adalah motor stepper kolaborasi antara PM dan VR motor stepper. Motor *Hybrid* mengkolaborasi karakter paling baik dari motor variable reluktansi dan motor magnet permanen. Pada jenis motor ini dibangun menggunakan kutub stator yang banyak gigi dan rotor magnet permanen putaran pada 1,8 derajat sudut step dimiliki oleh motor *hybrid* standar dan 200 gigi. Motor ini diaplikasikan sangat luas karena berputar dengan kecepatan yang sangat tinggi dan dinamis serta memperlihatkan torsi tinggi.

## 2.2.2 Jenis Motor Stepper Berdasarkan Lilitanya

a. Motor Stepper Unipolar

Model motor stepper jenis ini mempunyai *center tap* dan terbentuk dari dua lilitan. Masing-masing lilitan *center tap* ada yang membentuk kabel terpisah juga ada yang sudah terhubung pada dalam sehingga satu kabel yang keluar dari *center tap*. Jenis motor stepper yang *center tap* ada pada bagian lilitan kabel *input* ada

enam kabel. Tetapi jika *center tap* sudah berhubungan di dalam kabel *input* hanya lima kabel. *Center tap* dari motor stepper bisa dihubungkan ke pentanahan atau ada juga yang menghubungkannya ke +VCC pada kasus ini sangat dipengaruhi oleh driver yang digunakan.

b. Motor Stepper Bipolar

Jenis Motor stepper ini mempunyai 2 lilitan dan memiliki perbedaan dari unipolar yaitu pada model bipolar lilitannya tidak mempunyai *center tap*. kelebihan model bipolar adalah mempunyai torsi yang lebih besar jika kita bandingkan dengan model unipolar pada ukuran yang sama. Motor stepper bipolar hanya mempunyai empat kabel *input*. Tetapi pada penggerak motor stepper bipolar lebih sulit jika kita bandingkan dengan menggerakkan motor stepper model unipolar.

2.2.3 Cara Kerja Motor Stepper

Cara kerja motor stepper sangat sederhana. Pada koil motor stepper diberikan energi maka poros akan menyesuaikan diri dengan kutub - kutub kumparan magnet. Sehingga poros motor cenderung akan menyesuaikan diri sesuai dengan kumparan dan karenanya berputar, ketika kumparan motor terpacu dalam urutan tertentu. Lihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.6 Poros magnet dalam posisi awal

(Sumber: Piter, 2011)

Akan tercipta dua kutub polaritas ketika koil “A” diberikan energi, yaitu kutub utara dan selatan. Poros magnet akan menyesuaikan diri saat tercipta kutub-kutub tersebut.

### 2.3 Sensor Suhu Termokopel

Termokopel ialah komponen elektronik yang dibuat dari dua konduktor listrik yang dibentuk sambungan listrik. Efek seebeck yang timbul dari suhu kemudian menghasilkan tegangan yang diterjemahkan oleh termokopel menjadi suhu. Termokopel ini banyak digunakan untuk mengukur suhu atau bisa disebut juga sebagai sensor suhu.

Termokopel komersial harganya relative murah, bisa diganti, kabel konektor sebagai pelengkap serta bisa mengukur banyak alat maupun suhu udara. Beda dengan metode kebanyakan sensor suhu yang lain, termokopel bertenaga sendiri serta tidak perlu bentuk peningkatan energi dari luar. Kekurangan dari termokopel adalah akurasi ketepatan kurang dari 1 derajat selsius sangat sulit terdapai.

Pengaplikasian termokopel sangat banyak sekali seperti di industry maupun sains, Termokopel sering digunakan pada perkakas industri seperti mesin uap, pembuangan asap, mesin disel, dan perkakas industri lainnya. Termokopel juga sering digunakan di kantor, rumah, pebisnis untuk sensor suhu pada thermostat seta sebagai sensor suhu untuk menyalakan di komponen perangkat keamanan peralatan energi gas. Termokopel ini tidak memerlukan waktu khusus atau kalibrasi dari luar.

Thomas Johan Seebeck fisikawan asal jerman pada tahun 1821, mengetahui bahwa sirkuit yang terbentuk dari 2 logam berbeda dibelokkan didekatkan pada jarum magnet ketika salah satu persimpangan logam yang berbeda dipanaskan, pada saat itu seebeck menyebut konsekuensi ini sebagai thermo magnetism. Magnet yang diamati selanjutnya terbukti disebabkan karena arus termo listrik. Dalam aplikasinya, persimpangan dua jenia kabel yang berbeda selanjutnya menghasilkan tegangan adalah yang menarik karena dapat difungsikan sebagai pengukur suhu yang sangat dingin maupun yang



sangat panas. Jenis kabel yang digunakan mempengaruhi jumlah tegangan yang dihasilkan. Biasanya hasil tegangan ada pada kisaran mikro volt serta harus teliti untuk mendapatkan pengukuran yang dapat digunakan. Meski arus yang muncul sangat sedikit, daya bisa dihasilkan dari sambungan termokopel tunggal. Pembangkit energi listrik menggunakan sejumlah termokopel seperti pada athermopile bisa terjadi.

Suhu yang diinginkan didapatkan dengan menggunakan 3 masukan fungsi karakteristik  $E(T)$  dari termokopel, voltase terukur  $V$ , dan suhu persimpangan referensi  $T_{ref}$ . Solusi dari persamaan  $E(T_{sense}) = V + E(T_{ref})$  menghasilkan  $T_{sense}$ . Rincian ini sering disembunyikan dari pengguna karena blok persimpangan referensi (dengan  $T_{ref}$  termometer), voltmeter, dan pemecah persamaan digabungkan menjadi satu produk.

### 2.3.1 Efek Seebeck

Efek Seebeck mengacu pada perkembangan gaya gerak listrik di dua titik bahan berkonduksi listrik ketika ada perbedaan suhu di antara kedua titik tersebut. Dalam kondisi sirkuit terbuka di mana tidak ada aliran arus internal, gradien tegangan  $\nabla V$  berbanding lurus dengan gradien suhu  $\nabla T$ :

$$\nabla V = -S(T)\nabla T \dots\dots\dots(2)$$

dimana  $S(T)$  adalah properti material yang bergantung pada suhu yang dikenal sebagai koefisien Seebeck. Konfigurasi pengukuran standar yang ditunjukkan pada gambar menunjukkan empat wilayah suhu dan dengan demikian empat kontribusi tegangan.

- 1) Berubah dari  $T_{meter}$  untuk  $T_{ref}$ , di kabel tembaga bagian bawah.
- 2) Berubah dari  $T_{ref}$  untuk  $T_{sens}$ , di kawat alumel.
- 3) Berubah dari  $T_{sens}$  untuk  $T_{ref}$ , di kawat kromel.
- 4) Berubah dari  $T_{ref}$  untuk  $T_{meter}$ , di kawat tembaga bagian atas.

Kontribusi pertama dan keempat meniadakan dengan tepat, karena daerah ini melibatkan perubahan suhu yang sama dan bahan yang identik. Hasil dari,  $T_{meter}$  tidak mempengaruhi tegangan yang diukur. Kontribusi kedua dan ketiga tidak membatalkan, karena melibatkan materi yang berbeda.

Tegangan yang diukur ternyata

$$v = \int_{T_{raf}}^{T_{sense}} (S_+ - S_-) dT \quad \dots\dots\dots(4)$$

dimana S+ dan S- adalah koefisien Seebeck dari konduktor yang terpasang ke terminal positif dan negatif voltmeter, masing-masing.

Fungsi karakteristik

Perilaku termokopel ditangkap oleh fungsi karakteristik E(T) yang hanya perlu dikonsultasikan pada dua argumen:

$$V = E(T_{sense}) - E(T_{ref}) \quad \dots\dots\dots(5)$$

Dalam koefisien Seebeck, fungsi karakteristik didefinisikan oleh

$$E(T) = \int^T S_+(T') - S_-(T') dT' + const \quad \dots\dots\dots(6)$$

konstanta integrasi dalam integral tak tentu memiliki arti, tetapi secara konvensional dipilih sedemikian rupa sehingga E(0°C)=0.

### 2.3.2 Persimpangan Referensi

Untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan Tsens, tidak cukup hanya mengukur V. Suhu di persimpangan referensi Tref pasti sudah tahu. Dua strategi sering digunakan di sini:

Metode "rendaman es": Blok sambungan referensi direndam dalam wadah air suling semi beku pada tekanan atmosfer. Suhu yang tepat dari transisi fase titik lebur bertindak sebagai termostat alami, penguat Tref hingga 0 ° C.

Sensor persimpangan referensi (dikenal sebagai "kompensasi persimpangan dingin"): Blok persimpangan referensi dibiarkan bervariasi dalam suhu, tetapi suhu diukur pada blok ini menggunakan sensor suhu terpisah. Pengukuran sekunder ini digunakan untuk mengkompensasi variasi suhu di blok persimpangan. Sambungan termokopel adalah sering terpapar lingkungan yang ekstrim, sedangkan sambungan referensi sering dipasang di dekat lokasi instrumen. Perangkat termometer semikonduktor sering digunakan pada instrumen termokopel modern.

Dalam kedua kasus, nilainya V+E(Tref) dihitung, lalu fungsinya E(T) adalah mencari untuk nilai yang cocok. Argumen di mana kecocokan ini terjadi adalah nilai Tsens.

### 2.3.3 Konstruksi Sirkuit

Kesalahan umum dalam konstruksi termokopel terkait dengan kompensasi persimpangan dingin. Jika terjadi kesalahan pada estimasi Tref, kesalahan akan muncul dalam pengukuran suhu. Untuk pengukuran paling sederhana, kabel termokopel dihubungkan ke tembaga jauh dari titik panas atau dingin yang suhunya diukur; persimpangan referensi ini kemudian diasumsikan berada pada suhu kamar, tetapi suhu tersebut dapat bervariasi. Karena nonlinier dalam kurva tegangan termokopel, kesalahan dalam Tref dan Tsens adalah nilai yang umumnya tidak sama. Beberapa termokopel, seperti Tipe B, memiliki kurva tegangan yang relatif datar di dekat suhu kamar, yang berarti ketidakpastian yang besar dalam suhu kamar Tref diterjemahkan menjadi hanya kesalahan kecil di Tsens.

Persimpangan harus dibuat dengan cara yang dapat diandalkan, tetapi ada banyak pendekatan yang mungkin untuk mencapai hal ini. Untuk suhu rendah, sambungan dapat dibrazing atau disolder; namun, mungkin sulit untuk menemukan fluks yang sesuai dan ini mungkin tidak cocok pada sambungan penginderaan karena titik leleh solder yang rendah. Oleh karena itu, sambungan referensi dan ekstensi biasanya dibuat dengan blok terminal sekrap. Untuk suhu tinggi, pendekatan yang paling umum adalah pengelasan titik atau kerutan menggunakan bahan tahan lama.

Salah satu mitos umum mengenai termokopel adalah bahwa sambungan harus dibuat dengan bersih tanpa melibatkan logam ketiga, untuk menghindari penambahan EMF yang tidak diinginkan. Ini mungkin hasil dari kesalahpahaman umum lainnya bahwa tegangan dihasilkan di persimpangan. Nyatanya, sambungan pada prinsipnya harus memiliki suhu internal yang seragam; oleh karena itu, tidak ada tegangan yang dihasilkan di persimpangan tersebut. Tegangan dihasilkan dalam gradien termal, di sepanjang kabel.

Sebuah termokopel menghasilkan sinyal kecil, seringkali dalam besaran mikrovolt. Pengukuran yang tepat dari sinyal ini memerlukan amplifier dengan tegangan offset input rendah dan dengan hati-hati untuk menghindari EMF termal dari pemanasan sendiri di dalam voltmeter itu

sendiri. Jika kabel termokopel memiliki resistansi tinggi karena alasan tertentu (kontak yang buruk pada persimpangan, atau kabel sangat tipis yang digunakan untuk respons termal cepat), alat ukur harus memiliki impedansi masukan yang tinggi untuk mencegah offset pada tegangan yang diukur. Fitur yang berguna dalam instrumentasi termokopel secara bersamaan akan mengukur resistansi dan mendeteksi koneksi yang salah pada kabel atau pada sambungan termokopel.

Sementara jenis kawat termokopel sering dijelaskan oleh komposisi kimianya, tujuan sebenarnya adalah untuk menghasilkan sepasang kabel yang mengikuti standar E(T) melengkung.

Kotoran mempengaruhi setiap kumpulan logam secara berbeda, menghasilkan variabel koefisien Seebeck. Untuk menyesuaikan dengan perilaku standar, produsen kawat termokopel akan dengan sengaja mencampurkan kotoran tambahan untuk "mengotori" paduan, mengkompensasi variasi bahan sumber yang tidak terkontrol. Hasilnya, terdapat nilai standar dan khusus dari kawat termokopel tergantung pada tingkat presisi yang diminta dalam perilaku termokopel. Nilai presisi mungkin hanya tersedia dalam pasangan yang cocok, di mana satu kabel dimodifikasi untuk mengkompensasi kekurangan pada kabel lainnya.

Sebuah kasus khusus dari kawat termokopel dikenal sebagai "extension grade", yang dirancang untuk membawa sirkuit termoelektrik pada jarak yang lebih jauh. Kabel ekstensi mengikuti yang disebutkan E(T) kurva tetapi karena berbagai alasan mereka tidak dirancang untuk digunakan di lingkungan yang ekstrim dan karena itu tidak dapat digunakan di persimpangan penginderaan dalam beberapa aplikasi. Misalnya, kabel ekstensi mungkin dalam bentuk yang berbeda, seperti sangat fleksibel dengan konstruksi pilin dan isolasi plastik, atau menjadi bagian dari kabel kawat ganda untuk membawa banyak sirkuit termokopel. Dengan termokopel logam mulia yang mahal, kabel ekstensi bahkan dapat dibuat dari bahan yang sama sekali berbeda dan lebih murah yang meniru tipe standar pada rentang suhu yang dikurangi E(T).

### 2.3.4 Penuaan

Termokopel sering digunakan pada suhu tinggi dan di atmosfer tungku reaktif. Dalam hal ini, masa pakai praktis dibatasi oleh penuaan termokopel. Koefisien termoelektrik dari kabel dalam termokopel yang digunakan untuk mengukur suhu yang sangat tinggi dapat berubah seiring waktu, dan tegangan pengukuran akan turun. Hubungan sederhana antara perbedaan suhu persimpangan dan tegangan pengukuran hanya benar jika setiap kabel homogen (seragam dalam komposisi). Seiring bertambahnya usia termokopel dalam suatu proses, konduktivitasnya dapat kehilangan homogenitas karena perubahan kimia dan metalurgi yang disebabkan oleh paparan suhu tinggi yang ekstrim atau berkepanjangan. Jika bagian tua dari rangkaian termokopel terkena gradien suhu, tegangan yang diukur akan berbeda, sehingga terjadi kesalahan.

Termokopel tua hanya dimodifikasi sebagian, misalnya, tidak terpengaruh di bagian luar tungku. Untuk alasan ini, termokopel yang sudah tua tidak dapat dikeluarkan dari lokasi pemasangannya dan dikalibrasi ulang dalam bak atau tungku uji untuk menentukan kesalahan. Ini juga menjelaskan mengapa kesalahan kadang-kadang dapat diamati ketika termokopel tua ditarik sebagian dari tungku — saat sensor ditarik kembali, bagian yang sudah tua dapat melihat paparan peningkatan gradien suhu dari panas ke dingin karena bagian tua sekarang melewati pendingin area tahan api, memberikan kontribusi kesalahan yang signifikan pada pengukuran. Demikian juga, termokopel tua yang didorong lebih dalam ke dalam tungku terkadang memberikan pembacaan yang lebih akurat jika didorong lebih jauh ke dalam tungku menyebabkan gradien suhu hanya terjadi di bagian baru.

### 2.3.5 Termokopel Tipe K

Tipe K ( chromel – alumel ) adalah termokopel serba guna yang paling umum dengan sensitivitas sekitar  $41 \text{ V}/^\circ\text{C}$ . Ini murah, dan bermacam-macam probe ada dalam kisaran  $-200 \text{ }^\circ\text{C}$  sampai  $+1350 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $-330 \text{ }^\circ$  sampai  $+2460 \text{ }^\circ\text{F}$ ). Model K ditentukan pada saat metalurgi masih kurang maju dari sekarang, serta diperoleh karakteristik yang bervariasi macam-macam. Salah satu logam penyusunnya, nikel, bersifat magnetis; karakteristik termokopel yang dibuat dengan bahan magnetik

adalah bahwa mereka mengalami penyimpangan output ketika bahan mencapai titik Curie -nya , yang terjadi untuk termokopel tipe K pada sekitar 185 °C.

Mereka beroperasi dengan sangat baik di atmosfer pengoksidasi. Namun, jika sebagian besar atmosfer yang mereduksi (seperti hidrogen dengan sedikit oksigen) bersentuhan dengan kabel, kromium dalam paduan kromel teroksidasi. Ini mengurangi keluaran ggl, dan termokopel membaca rendah. Fenomena ini dikenal sebagai busuk hijau , karena warna paduan yang terpengaruh. Meskipun tidak selalu berwarna hijau, kawat chrome akan mengembangkan kulit keperakan berbintik-bintik dan menjadi magnetis. Cara mudah untuk memeriksa masalah ini adalah dengan melihat apakah kedua kabel bersifat magnetis (biasanya chromel bersifat non-magnetik).

Hidrogen di atmosfer adalah penyebab umum pembusukan hijau. Pada suhu tinggi, ia dapat berdifusi melalui logam padat atau thermowell logam utuh. Bahkan selubung magnesium oksida yang mengisolasi termokopel tidak akan menahan hidrogen.

Busuk hijau tidak terjadi di atmosfer yang cukup kaya oksigen, atau bebas oksigen. Sebuah termowell tertutup dapat diisi dengan gas inert, atau pemulung oksigen (misalnya kawat titanium korban) dapat ditambahkan. Atau, oksigen tambahan dapat dimasukkan ke dalam thermowell. Pilihan lain adalah menggunakan jenis termokopel yang berbeda untuk atmosfer rendah oksigen di mana busuk hijau dapat terjadi; termokopel tipe N adalah alternatif yang cocok.



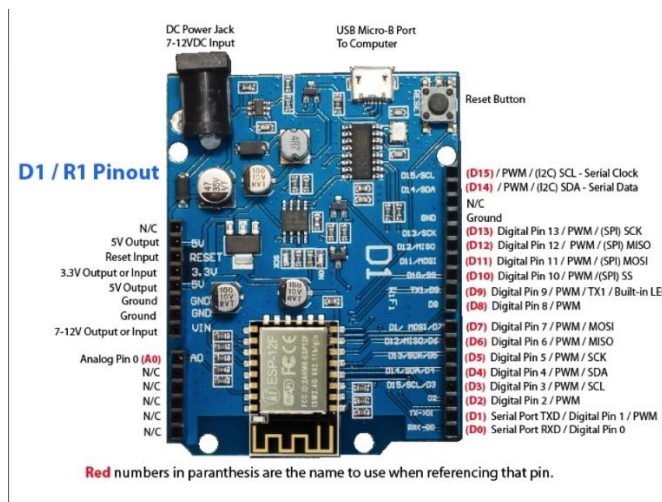
Gambar 2.7 Sensor suhu termokopel

(Sumber: [www.twinschip.com](http://www.twinschip.com))

## 2.4 Arduino

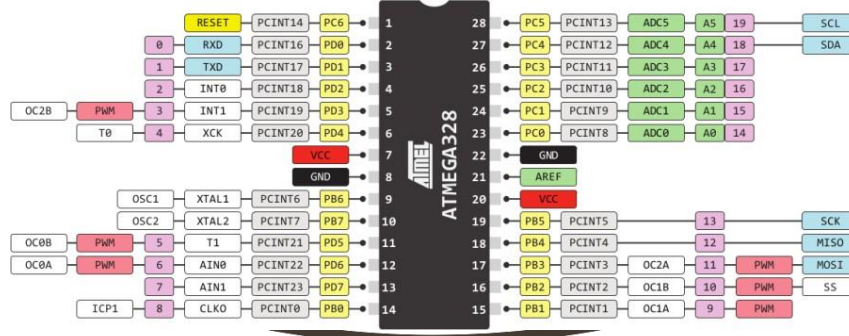
Perusahaan Atmel mengeluarkan sebuah *chip* mikrokontroler yang berjenis AVR dimana merupakan sebuah komponen utama dalam rangkaian kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang disebut sebagai Arduino. Robot mini yang dirancang *open source* adalah perangkat keras yang digemari oleh penggemar elektronika sebab Arduino memudahkan dalam merancang. Arduino memiliki kelebihan yaitu mudah untuk dirangkai dengan alat elektronika lain dan kemudahan dalam memprogram dengan bahasa pemrograman C/C++ (Sumber: Dzulfarnain, 2015).

Modul Arduino Uno ini mempunyai 20 *pin Input* dimana 14 *pin digital Input/Output* yang diantaranya 6 *pin* memberikan *Output PWM* dan 6 *pin Input analog* berlabel A0 hingga A5 yang tiap-tiap menyimpan 10 *bit resolusi*, misal sistem *error* pada *reset hardware* mikrokontroler, modul Arduino mempunyai tombol reset. Koneksi *USB*, *power jack* dan *ICSP header* sendiri sebuah 16MHz kristal *oscillator* yang dimiliki oleh modul Arduino. Arduino Uno memiliki versi akhir yaitu versi R3 dan dibekali oleh mikrokontroler ATMEGA328P. Dalam pemenuhan kebutuhan untuk mendorong mikrokontroler bekerja, modul Arduino sudah melengkapinya. Terlihat pada gambar 2.8 terdapat ATMEGA328P yang sudah terbentuk modul Arduino uno sebagai berikut:



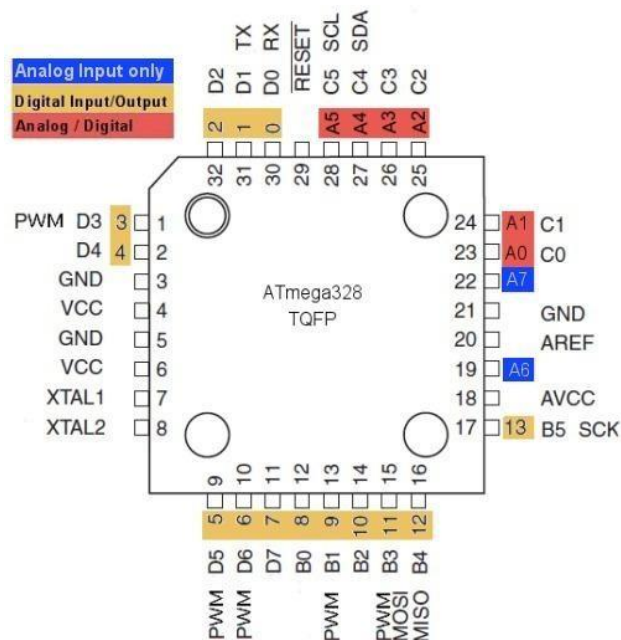
Gambar 2.82 Arduino uno  
 (Sumber: kprappcompile.medium.com, 2020)

ATMega328 ialah mikrokontroller besutan oleh atmel yang mempunyai desain RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yaitu setiap proses kerja data akan lebih cepat dari pada desain arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).



Gambar 2.9 Pinout ATmega328 model DIP  
 (Sumber: Junaid, 2018)





Gambar 2. 10 Pinout ATmega328 model SMD  
(Sumber: Junaid, 2018)

Berdasarkan istilah atau definisi yang sering dipakai, mikrokontroler ialah chip yang dipakai untuk kontrol rangkaian perangkat elektronika yang terbentuk dari CPU (*central Processing Unit*), *memory* I/O masukan/keluaran), bahkan juga dilengkapi dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) sudah tergabung didalamnya. Mikrokontroler memiliki keunggulan utama ialah adanya RAM (*Random Acces Memory*) dan perangkat pendukung I/O, menjadikan papan mikrokontroler mempunyai ukuran yang *compact*.

Mikrokontroler diperkenalkan pertamakali oleh Texas Instruments pada tahun 1974 yang mempunyai seri TMS 1000. 4 bit adalah mikrokontroler pertama kali. Mikrokontroler ini mempunyai *chip* yang disempurnakan dengan RAM serta ROM (*Read Only Memory*). Setelah itu pada tahun 1976 Intel menciptakan mikrokontroler 8 bit tipe 8748, mikrokontroler dari jenis MCS 48. Saat ini yang banyak kita temui jenis mikrokontroler, mulai 8 bit sampai 64 bit. Setiap pabrik/produsen menghasilkan mikrokontroler yang disempurnakan dengan fasilitas beda untuk memudahkan pemakai mendesain dan merangkai sistem dengan komponen luar yang cukup sedikit.

Mikrokontroler saat ini yang sering didistribusikan dipasar ialah varian 8bit dari keluarga MCS51 dengan model CISC yaitu (*Complex Instruction Set Computing*) yang di produksi oleh Atmel dengan nomor seri AT89S xxx, serta mikrokontroler AVR yang mempunyai RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) mikrokontroler dengan seri ATMega xxx. Menggunakan mikrokontroler ini pemakai bisa membuat sistem guna keperluan kehidupan sehari hari yaitu remot kontrol, perkakas rumah tangga dengan menggunakan remot kontrol TV (rumah pintar), teks berjalan, alat ukur digital, dan lain sebagainya.

Didalam kemajuannya, *minimum system* atau modul mikrokontroler dibuat berbentuk *chip* yang mempermudah pemakaian saat emnggunakannya. Saat ini salah satu yang populer dan sangat disukai pemakai mikrokontroler adalah modul Arduino. Arduino dapat digolongkan sebagai *platfrom prototyping*. Pada Bahasa Indonesia, *prototype* adalah alat yang bisa digunakan guna menghasilkan bermacam hasil kreatif pada tahap perancangan.

Realitasnya, Arduino dipakai pada fase desain saja, melainkan pada produk akhir juga. Kita dapat menghasilkan berbagai maca alat dengan Arduino, seperti robotika, atau *embedded system* lain sebagainya. Arduino mempunyai banyak kemudahan untuk pengguna guna menghasilkan pekerjaan manusia. Arduino dilengkapi juga dengan *system IDE (integrated Development Environment)* untuk memrogram aplikasi yang dibuat. Lain dari itu Arduino juga disempurnakan dengan fasilitas guna memudahkan pemakai atau peminatnya.

Dari paparan yang sudah disampaikan diatas terlihat bahwa Arduino merupakan platfrom prototip perangkat keras *open source* yang bisa digunakan untuk membuat sebuah alat berbasis program. *Hardware* Arduino mempunyai prosesor mikrokontroler ATMega yang diproduksi oleh Atmel AVR, tetapi memiliki Bahasa sendiri pada *software*. Rancangan Arduino dibuat untuk memudahkan pemakai elektronika atau siapa saja yang ingin mengemembangkan peralatan elektronik interaktif berbasis perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel serta mudah diaplikasikan. Arduino merupakan *board* elektronik yang memakai mikrokontroler tipe tertentu.

Seperti, jenis Arduino yang sering digunakan adalah Arduino UNO. tipe ini menggunakan mikrokontroler Atmel yaitu seri ATmega328.

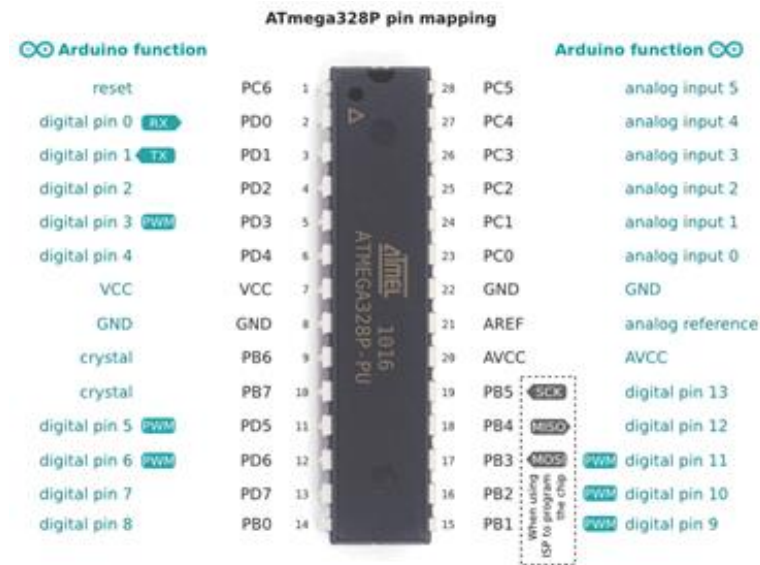
Berbagai penerapan, Arduino bisa digunakan untuk membaca lingkungan dengan menerima rangsangan *input* dari beberapa sensor atau tombol (cahaya, suhu, inframerah, ultrasonik, jarak, tekanan, sensor kelembaban) serta bisa kontrol perangkat lainnya, seperti kontrol arah motor dan kecepatan rotasi, menyalakan lampu LED, dan lain sebagainya. Beberapa manfaat yang didapat saat memakai Arduino adalah:

- a. Keunggulan yang didapatkan mikrokontroler dan relative tidak mahal dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya.
- b. bisa diterapkan di berbagai sistem oprasi Windows, Linux, Max dan lainnya.
- c. Dengan bahasa pemrograman yang mudah dimengerti, proyek Arduino banyak dipelajari karena bersifat *open source*.

Tabel 2. 1 Datasheet mikrokontroler atmega328

<i>Datasheet</i>	ATMEGA328
<i>Category</i>	Integrated Circuit (IC)
<i>Family</i>	Embedded – Microcontrollers
<i>Series</i>	AVR ® Atmega
<i>Core Processor</i>	AVR
<i>Core Size</i>	8 bit
<i>Speed</i>	20MHz
<i>Connectivity</i>	I <sup>2</sup> C, SPI, UART/USART
<i>Program Memory Size</i>	32Kb (16k X 16)
<i>EEPROM Size</i>	1k X 8
<i>RAM Size</i>	2k X 8
<i>Voltage Supply (Vcc/Vdd)</i>	1.8V ~ 5.5V

*Arsitektur AVR* secara efektif menggabungkan perintah dengan 32 register umum. Semua register terhubung langsung ke *Arithmetic Logic Unit (ALU)* yang memungkinkan dua register terpisah untuk diproses dengan satu perintah dalam satu siklus *clock*. Ini menghasilkan kode yang efektif dan kecepatan pemrosesan hingga 10 kali lipat dari mikrokontroler *CISC* tipikal.



Gambar 2.11 Diagram blok AVR Atmega328  
(Sumber: [www.tips-triks-elektronika.blogspot.com](http://www.tips-triks-elektronika.blogspot.com), 2016)

Secara praktis, konfigurasi pin Atmega328 adalah sebagai berikut :

- VCC**  
VCC yaitu tegangan sumber.
- GND (Ground)**  
Ground yaitu suatu jalur yang langsung dari listrik menuju bumi.
- AREF (Analog Reference)**  
AREF yaitu pin yang dapat digunakan untuk mengkonfersikan *Output analog* menjadi bentuk *digital*.
- AVCC (Autonomous Vehicle Computing Consortium)**  
AVCC adalah pemberi tegangan untuk pin *ADC*. AVCC secara *eksternal* juga dapat dihubungkan dengan VCC jika pin *ADC* tidak digunakan.
- Port B (B0-B7)**

*Port B* adalah jalur data 8 bit *Input* atau *Output* yang bersifat *bi-directional* dan setiap *pin* memiliki internal *pull up resistor*. Setiap *pin* pada *port B* memiliki kegunaan alternatif, diantaranya :

- 1) *XTAL* pada *port B6*, dapat berguna sebagai *pin Input* pembalik tegangan *Oscilator* dan *Input* dari *clock internal*.
- 2) *XTAL* pada *B7* dapat digunakan sebagai *Output* dari pembalik tegangan *Oscilator*.

Fungsi-fungsi alternatif *port B* akan dijabarkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Fungsi alternatif port B

<i>Port</i>	Fungsi Alternatif
PB7	XTAL2/TOSC2
PB6	XTAL1/TOSC1
PB5	SCK jalur SPI ( <i>pin</i> 13)
PB4	MISO jalur SPI ( <i>pin</i> 12)
PB3	Keluaran PWM ( <i>pin</i> 11)
PB2	Keluaran PWM ( <i>pin</i> 10)
PB1	Keluaran PWM ( <i>pin</i> 9)
PB0	Timer/Counter ( <i>pin</i> 8)

f. *Port C (C0-C6)*

*Port C* ialah *line* data 8 bit masukan dan keluaran. *Port A* akan menghasilkan arus jika *internal pull up resistor* dinyalakan dan *port C* digunakan sebagai masukan dan *pull down* secara langsung. Contoh *reset disable fuse* ada pada koncisi on, maka *pin C6* bisa digunakan untuk masukan atau keluaran. Tapi, jika riset *disable fuse* ada pada konndisi mati, maka *pin C6* bida difungsikan sebagai *pin* riset. Kegunaan khusus *port C* dapat dilihat pada table 2.3.

Tabel 2. 3 Fungsi alternatif port C

<b>Port</b>	<b>Fungsi Alternatif</b>
	<i>Reset Pin</i>
PC5	<i>Analog Input Pin 5</i>
PC4	<i>Analog Input Pin 4</i>
PC3	<i>Analog Input Pin 3</i>
PC2	<i>Analog Input Pin 2</i>
PC1	<i>Analog Input Pin 1</i>
PC0	<i>Analog Input Pin 0</i>

g. *Port D*

*Port D* adalah 9 bit masukan/keluaran yang mempunyai sifat *bi directional* dan setiap *pin* mempunyai internal *pull up* resistor. Output *buffer port D* mempunyai sifat pencatutan yang simetris dengan keahlian penbenaman dan pencatutan yang tinggi. Jika resistor *pull up* dinyalakan *pin* pada *port D* sebagai masukan yang secara eksteternal diberi logika 0 maka akan mengeluarkan sumber arus. Pada tabel 2.4 akan dijabarkan fungsi alternatif *port D*.

Tabel 2. 4 Fungsi alternatif port D

<b>Port</b>	<b>Fungsi Alternatif</b>
PD7	<i>Digital Pin 7</i>
PD6	<i>Digital Pin 6 (PWM)</i>
PD5	<i>Digital Pin 5 (PWM)</i>
PD4	<i>Digital Pin 4</i>

Tabel 2. 5 Fungsi alternatif port D

<i>Port</i>	<i>Fungsi Alternatif</i>
PD3	<i>Digital Pin 3 (PWM)</i>
PD2	<i>Digital Pin 2</i>
PD1	<i>Digital Pin 1 (PWM)</i>
PD0	<i>Digital Pin 0 (PWM)</i>

Arduino Uno mempunyai keunggulan-keunggulan yang membuat jenis Arduino ini menjadi lebih fleksibel dan menyenangkan, yaitu:

- a. Pengembangan proyek mikrokontroler akan menjadi lebih fleksibel dan menyenangkan. Penggunaan dapat langsung menghubungkan *board* Arduino ke komputer atau laptop melalui kabel USB. *Board* Arduino juga tidak memerlukan downloader untuk mendownloadkan program yang telah dirancang dari komputer ke mikrokontrolernya.
- b. Didukung oleh Arduino IDE dengan bahasa pemrograman dengan library yang komplit.
- c. Terdapat modul yang siap pakai *shield* sehingga dapat langsung diaplikasikan pada *board* Arduino (Junaidi, 2018).

