

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Drone*

2.1.1 Pengertian Drone

Drone atau pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle* atau disingkat UAV) adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot. *Drone* mampu mengendalikan dirinya sendiri, menggunakan hukum aerodinamika untuk mengangkat dirinya, bisa digunakan kembali dan mampu membawa muatan baik senjata maupun muatan lainnya. Dahulu mungkin orang mengenal *drone* atau pesawat tanpa awak digunakan oleh militer untuk memata-matai musuh di daerah konflik. Cara kerja *drone* sederhana ini tidak sepenuhnya berhasil. Beberapa balon mengenai sasaran, tetapi adapula yang terjebak angin dan berubah arah.



Gambar 2.1 Contoh *drone*
(Sumber: www.dji.com)

2.1.2 Fungsi *Drone*

Saat ini, selain digunakan untuk militer, *drone* sudah mulai dikembangkan untuk misi pencarian dan penyelamatan. Tentunya cara kerja *drone* disesuaikan

dengan fungsi dan tujuan penggunaannya. Sampai saat ini, *drone* memiliki banyak fungsi dalam berbagai layanan, seperti:

a. Bidang Militer

Dalam bidang militer, UAV atau pesawat tanpa awak memiliki kegunaan, diantaranya :

- Pesawat penyerang kamp-kamp musuh
- Pesawat pengintai atau mata-mata
- Pesawat kamikaze (untuk ditabrakkan ke musuh)
- Pesawat patroli perbatasan UAV atau pesawat tanpa awak dapat digunakan untuk menyerang kamp-kamp musuh karena ada UAV yang mampu membawa berbagai roket dan rudal, selain itu dapat mengurangi kerugian dibanding menggunakan pesawat konvensional ataupun helikopter.

b. Bidang Sipil

Dalam bidang sipil, biasanya pesawat tanpa awak atau UAV ini digunakan untuk:

- Melihat Luas lahan dan kontur yang ada sehingga memudahkan dalam perencanaan pembangunan lahan tersebut.
- Membantu pemerintah dalam membuat tata kota yang lebih teratur.
- Mengetahui luas lahan yang terbakar dalam kebakaran hutan
- Menciptakan peta tambang 3 dimensi yang telah digarap dalam bidang pertambangan

Kegunaan-kegunaan tersebut tak terlepas dari pemanfaatan UAV yang lebih ekonomis dan dapat dibekali dengan kamera-kamera yang dapat memberikan gambaran secara nyata terhadap suatu area. Bahkan data dari kamera tersebut bisa langsung ditransfer ke pengguna baik melalui video maupun gambar-gambar foto.

c. Bidang Ilmu Pengetahuan

Dalam bidang ilmu pengetahuan, UAV atau pesawat tanpa awak ini dapat digunakan untuk:

- Media untuk mempelajari aerodinamika dan penerapannya
- Untuk pemetaan
- Penelitian Atmosfir
- Penyebaran benih
- Pengamatan vitigasi daerah kritis yang sulit
- Pengawasan Bencana
- Membuat hujan buatan. Dengan memiliki kemampuan untuk membawa beban hingga ratusan kilogram, maka UAV atau pesawat tanpa awak bisa digunakan untuk membawa muatan lain seperti muatan benih ataupun bubuk kimia tertentu untuk ditebar dalam sebuah area sehingga dapat digunakan untuk penyebaran benih dan membuat hujan buatan.

Fungsi *drone* bisa dikembangkan oleh siapa saja yang memiliki keahlian khusus, digunakan untuk apa dan seperti apa pengendaliannya. Belakangan ini *drone* masih dikendalikan secara manual atau menggunakan remote kontrol. Sekarang ini, *drone* bisa dikendalikan secara semi otomatis menggunakan sistem algoritma pada unit kontrol *drone* tersebut. Tak hanya itu, *drone* juga dapat diprogram pada komputer yang terpasang pada *drone* tersebut. Dengan sistem kendali otomatis atau *autopilot*, maka *drone* dapat terbang dan kembali ke tempat semula tanpa bantuan manusia.

Melihat *drone* yang dapat digunakan untuk beragam tujuan, baik untuk kepentingan militer ataupun sipil, maka penggunaannya di Indonesia ataupun di negara lain perlu pembatasan dan pengaturan. Penggunaan *drone* beberapa tahun terakhir ini mulai marak di Indonesia, antara lain untuk pengambilan gambar kondisi banjir di Jakarta oleh beberapa stasiun TV nasional. Pemetaan cepat kondisi daerah terdampak pasca bencana juga dilakukan untuk perencanaan evakuasi korban.

2.1.3 Sejarah *Drone*

Drone yang juga dikenal sebagai pesawat atau kendaraan udara tak berawak menjadi salah satu teknologi yang berkembang pesat saat ini, terutama di

dunia militer. Meski juga diimplementasikan dalam operasi pencarian dan penyelamatan atau aplikasi sipil lainnya, seperti kepolisian dan pemadam kebakaran, teknologi ini ternyata mengalami perjalanan panjang. Konsep penerbangan udara tak berawak bukanlah yang baru. Idenya pertama kali datang pada 22 Agustus 1849, ketika Austria menyerang kota Venesia Italia dengan balon tak berawak yang sarat dengan bahan peledak. Beberapa balon diluncurkan dari kapal Austria Vulcano. Sementara beberapa balon mencapai sasarannya mereka, sebagian besar terperangkap dalam angin dan berubah arah. Adapun perkembangan teknologi ini dari masa ke masa, yaitu:

a. Era Perang Dunia

Pesawat tanpa pilot pertama dikembangkan selama dan setelah Perang Dunia I. Yang pertama adalah “Aerial Target,” dikembangkan pada 1916 ini dimaksudkan untuk meniru Zeppelins, tetapi tidak pernah terbang. Tak lama kemudian, Hewitt-Sperry Automatic Airplane (bom terbang) melakukan penerbangan perdananya, menunjukkan konsep pesawat tak berawak. UAV ini rencananya digunakan sebagai torpedo udara, versi awal dari rudal jelajah modern. Pengendalian pesawat ini dengan menggunakan giroskop. Pada bulan November 1917, Hewitt-Sperry Automatic Airplane ditunjukkan untuk Angkatan Darat AS. Setelah keberhasilan demonstrasi ini, Angkatan Darat menugaskan sebuah proyek untuk membangun sebuah torpedo udara, yang kemudian dikenal sebagai Bug Kettering dan terbang tahun 1918. Beberapa penerus dikembangkan selama periode setelah Perang Dunia I dan sebelum Perang Dunia II. Ini termasuk Laring, diuji oleh Royal Navy antara tahun 1927 dan 1929, Fairey “Queen” yang dikembangkan oleh Inggris pada tahun 1931 masih oleh Inggris dengan UAV “DH.82B Queen Bee” pada tahun 1935. Dari UAV inilah pertama kali digunakan istilah “*drone*” Pesawat tanpa pilot pertama dikembangkan selama dan setelah Perang Dunia I.

Selama Perang Dunia II, *drone* digunakan baik sebagai alat latihan untuk target menembak untuk sistem pertahanan udara maupun pesawat terbang. Nazi Jerman juga telah diproduksi dan menggunakan UAV selama Perang Dunia II. Setelah perang, mesin jet yang diterapkan untuk *drone*, dengan yang

pertama adalah Teledyne Ryan Firebee I 1951 Pada tahun 1955, Model 1001, dikembangkan oleh Beechcraft yang dibuat untuk Angkatan Laut Amerika Serikat. UAV ini tidak lebih dari pesawat yang dikendalikan remote sampai Era Vietnam.

b. Era modern

Pesawat *drone* pertama UAV dimiliki oleh Amerika Serikat. Pembuatan UAV di Amerika dimulai pada tahun 1959 ketika Angkatan Udara AS khawatir kehilangan pilot di atas wilayah musuh dan mulai merencanakan penerbangan tanpa awak. Setelah Soviet berhasil menembak pesawat mata-mata mereka U-2 pada tahun 1960, program UAV yang sangat rahasia diluncurkan dengan kode “Red Wagon”. UAV pada era modern digunakan pertama selama 2 Agustus dan 4 Agustus. Pada tahun 1964, ketika terjadi bentrokan di Teluk Tonkin antara AS dan angkatan laut Vietnam Utara (selama Perang Vietnam). Ketika China menunjukkan foto-foto pesawat tanpa awak AS yang jatuh setelah Perang Vietnam, respon Angkatan Udara AS hanyalah “*no comment*”. Namun, pada 1973, militer AS akhirnya secara resmi mengkonfirmasi bahwa mereka telah memanfaatkan teknologi UAV di Vietnam, yang menyatakan bahwa selama perang, lebih dari 3.435 misi UAV diterbangkan, dimana sekitar 554 hilang dalam pertempuran. Ketika Perang Yom Kipur pada tahun 1973, Israel mengembangkan UAV pertama dengan real-time surveilans. Setelah itu rudal permukaan udara Soviet yang digunakan Mesir dan Suriah bisa digempur jet Israel hingga rusak parah. Gambar dan radar *decoying* disediakan oleh UAV ini membantu Israel untuk menetralsir pertahanan udara Suriah Pada awal 1982 ketika Perang Libanon, sehingga tidak ada pilot yang tewas. Pada tahun 1987, Israel telah mengembangkan UAV berbasis siluman, dengan mesin dorong tiga dimensi *vectoring kontrol*, UAV jet untuk pertama kalinya. Perkembangan teknologi UAV ini pun tumbuh pesat selama tahun 1980 dan 1990 dan digunakan selama Perang Teluk Persia pada tahun 1991 dan menjadi mesin pertempuran lebih murah dan lebih canggih.

Sementara sebagian besar *drone* dari tahun-tahun sebelumnya yang terutama pesawat pengintai, beberapa telah berevolusi dengan mampu membawa amunisi. General Atomics MQ-1, yang menggunakan AGM-114 Hellfire rudal udara-ke-permukaan dikenal sebagai kendaraan udara tempur tak berawak (UAV). Sementara kebanyakan UAV ditugaskan oleh CIA, yang digunakan oleh militer setelah serangan teroris 11 September 2001.

Operasi pengumpulan intelijen dimulai pada tahun 2004. Dengan menggunakan UAV, CIA mendapat tugas dioperasikan terutama terbang di atas Afghanistan, Pakistan, Yaman, dan Somalia. Program UAV pertama CIA disebut *Eagle Program*. Pada 2008, USAF (*United States Air Force*) telah mempekerjakan 5.331 UAV, yang berarti dua kali jumlah pesawat berawak. Dari jumlah tersebut, teknologi atau yang disebut sebagai “Predator” ini telah menjadi yang paling dipuji karena kemampuannya. Tidak seperti UAV lain, Predator juga dipersenjatai dengan rudal Hellfire. Predator digunakan selama perburuan Osama Bin Laden dan telah menunjukkan kemampuan menunjuk laser pada target untuk akurasi. Keberhasilan keseluruhan dari misi Predator jelas karena dari Juni 2005 sampai Juni 2006 saja, Predator melakukan 2,073 misi sukses dalam 242 serangan terpisah. Sementara Predator dioperasikan dari jarak jauh melalui satelit dari lebih dari 7.500 mil jauhnya, Global Hawk beroperasi hampir mandiri.

Setelah pengguna menekan tombol, menyiagakan UAV lepas landas, satu-satunya interaksi antara darat dan UAV adalah petunjuk arah melalui GPS. Global Hawks memiliki kemampuan untuk lepas landas dari San Francisco, terbang melintasi Amerika Serikat, dan memetakan seluruh negara bagian Maine sebelum kemudian kembali. Pada Februari 2013, dilaporkan bahwa UAV yang digunakan oleh setidaknya 50 negara, beberapa di antaranya telah membuat sendiri, termasuk Iran, Israel dan China.

2.1.4 Jenis- Jenis *Drone*

Drone mempunyai 2 variasi, yaitu:

- a. Variasi pertama adalah dikendalikan oleh pilot secara manual dari jarak jauh dengan menggunakan sistem radio kontrol.
- b. Variasi kedua adalah dikendalikan secara otomatis oleh program yang telah ditentukan sebelum terbang. Pesawat tanpa awak ini hampir mirip dengan rudal atau peluru kendali, namun tentunya tidak sama. *Drone* bisa digunakan kembali dan bisa mengangkat atau menjatuhkan senjata, sedangkan rudal hanya bisa digunakan sekali dan merupakan senjata tersebut. Pada awalnya, pesawat tanpa awak ini berfungsi untuk pengintaian dan penyerangan. Oleh karenanya penggunaan terbesar dari pesawat tanpa awak ini adalah di bidang militer.

Berdasarkan baling baling, terdapat 2 jenis *Drone*, diantaranya:

- *Fixed Wing Drone* (Tunggal)

Drone jenis ini berbentuk seperti pesawat komersial dan digunakan untuk proses yang cepat, daya jangkau lebih cepat serta lebih luas, biasanya untuk pemetaan (mapping) atau konsepnya seperti scanning. *Drone* jenis Fixed wins memiliki Energi lebih irit baterai karena single baling-baling.



Gambar 2.2 Bentuk *Fixed Wing Drone*
(Sumber: <http://www.aerialdatasystems.com>)

- *Multicopter Drone* (Multi)

Bagi pengguna yang ingin membuat video yang bagus sangat cocok memilih *drone* yang multi copter dikarenakan lebih stabil dan daya angkut

serta kekuatan untuk mengangkat beban (kamera) bisa yang lebih berat. Semakin banyak baling baling semakin stabil dan lebih aman.



Contoh 2.3 Bentuk Multicopter *Drone*
(Sumber: <http://www.ardupilot.org>)

Drone terdapat dua jenis, walaupun polanya sama. *Drone* versi pertama adalah combat *drone* atau *drone* untuk keperluan pengintaian, peperangan dan penyerangan. Dan *drone* versi kedua yaitu *drone* yang dibuat dengan fungsi untuk sarana pengangkutan sesuatu benda atau barang atau juga terkadang digunakan untuk melakukan tugas yang dianggap kotor dan terlalu berbahaya bagi manusia, contohnya di tempat yang memiliki tingkat radiasi tinggi.

Drone versi yang pertama dikarenakan memiliki fungsi sebagai alat pengintai sekaligus penyerang, maka pesawat terbang tanpa awak ini dilengkapi dengan senjata. Dan tentunya karena tidak memiliki awak, maka *drone* dilengkapi dengan kamera *infrared*, *Global Positioning Systems* (GPS) dan sistem komputer yang terkoneksi dengan pusat kendalinya.

Jenis *drone* berdasarkan baling baling, diantaranya :

1. TriCopter : Sebuah *drone* yang mempunyai 3 Motor, dan 3 Baling – Baling
2. Quadcopter : Sebuah *Drone* yang mempunyai 4 Motor dan 4 Baling – Baling
3. Hexacopter : Sebuah *Drone* yang mempunyai 6 Motor dan 6 Baling – Baling
4. Octocopter : Sebuah *Drone* yang mempunyai 8 Motor dan 8 Baling – Baling

2.1.5 Uji Coba *Drone*

Saat ini, Indonesia telah mampu memproduksi sendiri pesawat tanpa awak, yang disebut dengan istilah PTTA (Pesawat Terbang Tanpa Awak). PTTA telah diproduksi oleh industri dalam negeri antara lain : PT. Dirgantara Indonesia, PT. UAV Indo, PT. Globalindo Teknologi Service Indonesia, PT. RAI (Robo Aero Indonesia), PT. Aviator dan PT. Carita.

Adapun PTTA hasil produk dalam negeri tersebut saat ini digunakan untuk kepentingan olah raga kedirgantaraan dan beberapa industri masih mengadakan pengembangan PTTA untuk kepentingan sasaran latihan Arhanud. Dengan adanya kemampuan berbagai industri dalam negeri dalam mengembangkan PTTA tersebut, merupakan potensi dan peluang yang dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan PTTA yang memiliki kemampuan sebagai pesawat pengintai/pemantau sasaran/obyek dari udara. Pengembangan PTTA tersebut dilakukan dengan melengkapi sebuah kamera dan hasilnya secara langsung dapat diamati pada *layer Display* di Ground Station.

2.1.6 Cara Kerja *Drone*

Drone yang sering kita lihat di beberapa tempat umum ini memiliki ukuran yang tidak begitu besar dan lebih mirip seperti mainan anak-anak yaitu helicopter yang menggunakan remote. Sebenarnya memang mirip jika melihat cara kerja yang sederhana namun *drone* memiliki kerumitan dan harga yang jauh berbeda dari segi pembuatan.

Jika mainan anak-anak yang memiliki hobi aero modelling, biasanya menggunakan pesawat mini berbahan bakar bensin atau baterai, yang lain biasanya dikendalikan dengan menggunakan remote control *drone*. Bedanya *drone* yang menggunakan remote control memiliki jarak radio yang lebih luas sekitar 2,4 GHz.

Selain itu, *drone* dapat dikontrol dengan menggunakan *smartphone* karena *drone* memiliki chip komputer serupa Arduino namun lebih kompleks. Chip ini membuat *drone* dapat mengolah gambar dari kamera yang terpasang padanya kemudian mengirimkan hasilnya ke *smartphone* yang digunakan sebagai control.

Gambar yang dikirimkan oleh chip *drone* adalah *real time*, dimana pengguna dapat mengatur resolusi sesuai spesifikasi *drone*, mengarahkan kemana *drone* itu saat akan pergi belok kanan dan kiri sesuai dengan tampilan video yang dikirimkan. Pada *drone* ini, pengguna juga dapat mengatur apakah video atau foto yang akan digunakan oleh pengguna.

Beberapa *drone* mahal dilengkapi dengan chip GPS (*Global Positioning System*). Cara kerjanya adalah sebelum terbang harus dipastikan dapat sinyal GPS terlebih dahulu dan ada batas minimal sinyal yang didapatkan untuk *drone* bisa terbang. *Drone* yang akan di terbangkan menggunakan GPS sangat tergantung dengan kekuatan sinyal GPS. Karena *drone* yang di terbangkan dengan GPS tidak terikat jarak antara pilot dengan *drone*, sehingga dimanapun pengguna berada *drone* akan tetap terbang sesuai perintah kamu.

Drone yang memiliki GPS juga memerlukan satelit GPS. Pengguna mengirimkan data ke satelit dan satelit mengirimkan data ke *drone*. Oleh karena itu, sinyal tersebut harus kuat atau jika tidak maka *drone* akan hilang selamanya atau bisa juga *lost control*.

Namun sekarang ini, *Drone* dengan kemampuan GPS sudah diwajibkan untuk dilakukan *setting home based* (tempat pulang) melalui koordinat sesuai keinginan pengguna. Sehingga *drone* akan kembali ke koordinat yang telah diatur sebelumnya jika hilang kontak dengan perhitungan baterai pada jarak tertentu.

Keuntungan lain dari adanya GPS yang dimiliki bagi photographer adalah bisa menentukan pilihan *auto fly* dan *record* pada titik koordinat tertentu. Sehingga pengguna tidak perlu mengawasi *drone* dan pengguna pun dapat berkonsentrasi untuk berpose dengan sempurna.

2.2 Baterai Lithium Polimer (Li-Po)

Baterai Li-Po tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai Li-Po dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Diluar dari kelebihan arsitektur baterai Li-Po,

terdapat juga kekurangan yaitu lemahnya aliran pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada *charging* dan *discharging rate*. Masalah ini sebenarnya bisa diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion menjadi lebih cepat, namun metode ini dianggap tidak dapat untuk diaplikasikan pada keadaan sehari-hari.

Seandainya para ilmuwan dapat memecahkan masalah ini maka risiko keamanan pada baterai jenis lithium akan sangat berkurang. Ada tiga kelebihan utama yang ditawarkan oleh baterai berjenis Li-Po dibandingkan baterai jenis lain seperti NiCad atau NiMH yaitu :

1. Baterai Li-Po memiliki bobot yang ringan dan tersedia dalam berbagai macam bentuk dan ukuran.
2. Baterai Li-Po memiliki kapasitas penyimpanan energi listrik yang besar.
3. Baterai Li-Po memiliki tingkat *discharge rate* energi yang tinggi, dimana hal ini sangat berguna sekali dalam bidang RC selain keuntungan lain yang dimilikinya.

Baterai jenis ini juga memiliki beberapa kelemahan yaitu:

1. Harga baterai Li-Po masih tergolong mahal jika dibandingkan dengan baterai jenis NiCad dan NiMH.
2. Performa yang tinggi dari baterai Li-Po harus dibayar dengan umur yang lebih pendek. Usia baterai Li-Po sekitar 300-400 kali siklus pengisian ulang. Sesuai dengan perlakuan yang diberikan pada baterai.
3. Alasan keamanan, baterai Li-Po menggunakan bahan elektrolit yang mudah terbakar.
4. Baterai Li-Po membutuhkan penanganan khusus agar dapat bertahan lama. *Charging, Discharging*, maupun penyimpanan dapat mempengaruhi usia dari baterai jenis ini.

Baterai Li-Po memiliki beberapa *Rating*, yaitu

1. Tegangan (*Voltage*)

Pada baterai jenis NiCad atau NiMH tiap sel memiliki 1,2 volt sedangkan pada baterai Li-Po memiliki *rating* 3,7 volt per sel. Keuntungannya adalah

tegangan baterai yang tinggi dapat dicapai dengan menggunakan jumlah sel yang lebih sedikit.

Pada setiap paket baterai Li-Po selain tegangan ada label yang disimbolkan dengan “S”. Di sini “S” berarti sel yang dimiliki sebuah paket baterai (*battery pack*). Sementara bilangan yang berada di depan simbol menandakan jumlah sel dan biasanya berkisar antar 2-6S (meskipun kadang ada yang mencapai 10S). Berikut adalah beberapa contoh notasi baterai Li-Po.

- a. 3.7 volt *battery* = 1 cell x 3.7 volts
- b. 7.4 volt *battery* = 2 cells x 3.7 volts (2S)
- c. 11.1 volt *battery* = 3 cells x 3.7 volts (3S)
- d. 14.8 volt *battery* = 4 cells x 3.7 volts (4S)
- e. 18.5 volt *battery* = 5 cells x 3.7 volts (5S)
- f. 22.2 volt *battery* = 6 cells x 3.7 volts (6S)

2. Kapasitas (*Capacity*)

Kapasitas baterai menunjukkan seberapa banyak energi yang dapat disimpan oleh sebuah baterai dan diindikasikan dalam *miliampere hours* (mAh). Notasi ini adalah cara lain untuk mengatakan seberapa banyak beban yang dapat diberikan kepada sebuah baterai selama 1 jam, dimana setelah 1 jam baterai akan benar-benar habis.

Sebagai contoh sebuah baterai RC Li-Po yang memiliki rating 5000 mAh akan benar-benar habis apabila diberi beban sebesar 5000 *miliampere* selama 1 jam. Apabila baterai yang sama diberi beban 2500 *miliampere*, maka baterai akan benar-benar habis setelah selama 2 jam. Pada pemakaian di *quadcopter* arus yang dibutuhkan ESC untuk mengerakkan 4 buah motor adalah 25A jadi baterai tersebut akan benar-benar habis dalam waktu ± 12 menit.

3. Discharge Rate

Discharge rate biasa disimbolkan dengan “C” merupakan notasi yang menyatakan seberapa cepat sebuah baterai untuk dapat dikosongkan (*discharge*) secara aman. Sesuai dengan penjelasan diatas bahwa energi listrik pada baterai Li-

Po berasal dari pertukaran ion dari anoda ke katoda. Semakin cepat pertukaran ion yang dapat terjadi maka berarti semakin nilai dari “C”.

Sebuah baterai dengan discharge rate 20-30c berarti baterai tersebut dapat di discharge 20-30 kali dari kapasitas baterai sebenarnya. Mari gunakan contoh baterai 5000 mAh diatas sebagai contoh. Jika baterai tersebut memiliki *rating* 20-30C maka berarti baterai tersebut dapat menahan beban maksimum hingga 150.000 *miliampere* atau 150 *Ampere*. ($30 \times 5000 \text{ miliampere} = 150 \text{ Ampere}$). Angka ini berarti sama dengan 2500 mA per menit, maka energi baterai 5000 mAh akan habis dalam 83,3 menit. Angka ini berasal dihitung dengan mengkalkulasi jumlah arus per menitnya. 5000 mAh dibagi 60 menit = 83,3 mA per menit. Lalu kemudian kalikan 83,3 dengan *C rating* (dalam hal ini 30) = 250 mA beban per menit.



(a)



(b)

Gambar 2.4 (a) Baterai Li-Po 2200 mAh (b) Baterai Li-Po 5000 mAh
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

2.3 Arduino

Proyek arduino berawal dilvire, italia pada tahun 2005. sekarang telah lebih dari 120.000 unit terjual sampai dengan 2010. Pendirinya adalah Massimo Banzi dan David Cuartielles. (Sumber: www.academia.edu/9267031/mikrokontroler_makalah_arduino_and_raspberry)

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan perangkat lunaknya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Saat ini Arduino sangat populer di seluruh dunia. Banyak pemula yang belajar mengenal robotika dan elektronika lewat Arduino karena mudah dipelajari. Tapi tidak hanya pemula, para *hobbyist* atau *profesional* pun ikut senang mengembangkan aplikasi elektronik menggunakan Arduino. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan *assembler* yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (*libraries*) Arduino. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan mikrokontroler, sekaligus menawarkan berbagai macam kelebihan antara lain:

a. Murah

Papan (perangkat keras) Arduino biasanya dijual relatif murah, dibandingkan dengan *platform* mikrokontroler pro lainnya. Jika ingin lebih murah lagi, tentu bisa dibuat sendiri dan itu sangat mungkin sekali karena semua sumber daya untuk membuat sendiri Arduino tersedia lengkap di website Arduino bahkan di website-website komunitas Arduino lainnya. Tidak hanya cocok untuk *Windows*, namun juga cocok bekerja di *Linux*.

b. Sederhana dan mudah pemrogramannya

Perlu diketahui bahwa lingkungan pemrograman di Arduino mudah digunakan untuk pemula, dan cukup fleksibel bagi mereka yang sudah tingkat lanjut. Untuk guru/dosen, Arduino berbasis pada lingkungan pemrograman *processing*, sehingga jika mahasiswa atau murid-murid

terbiasa menggunakan *processing* tentu saja akan mudah menggunakan Arduino.

c. Perangkat lunaknya *Open Source*

Perangkat lunak Arduino IDE dipublikasikan sebagai *Open Source*, tersedia bagi para pemrogram berpengalaman untuk pengembangan lebih lanjut. Bahasanya bisa dikembangkan lebih lanjut melalui pustaka-pustaka C++ yang berbasis pada Bahasa C untuk AVR.

d. Perangkat kerasnya *Open Source*

Perangkat keras Arduino berbasis mikrokontroler ATmega 8, ATmega 168, ATmega 328 dan ATmega 1280 (yang terbaru ATmega 2560). Dengan demikian siapa saja bisa membuatnya (dan kemudian bisa menjualnya) perangkat keras Arduino ini, apalagi bootloader tersedia langsung dari perangkat lunak Arduino IDE-nya. Bisa juga menggunakan breadboard untuk membuat perangkat Arduino beserta periferal-periferal lain yang dibutuhkan.

2.3.1 Kelebihan Arduino

Tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani upload program dari komputer. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, Sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki *port serial*/RS323 bisa menggunakannya. Memiliki modul siap pakai (*Shield*) yang bisa ditancapkan pada board arduino. Contohnya: *shield GPS (Global Positioning System)*, Ethernet, dan lain-lain.

2.3.2 Soket USB

Soket USB (*Universal Serial Bus*) adalah soket kabel USB yang disambungkan kekomputer atau laptop, yang berfungsi untuk mengirimkan program ke arduino dan juga sebagai *port* komunikasi serial.

2.3.3 Input atau Output Digital dan Input Analog

Input atau *output* digital (*digital pin*) adalah pin pin untuk menghubungkan arduino dengan komponen atau rangkaian digital. Contohnya, jika ingin membuat

LED (*Light Emitting Dioda*) berkedip, LED tersebut bisa dipasang pada salah satu pin *input* atau *output* digital dan *ground*. komponen lain yang menghasilkan output digital atau menerima input digital bisa disambungkan ke pin-pin ini. *Input analog* (*analog pin*) adalah pin-pin yang berfungsi untuk menerima sinyal dari komponen atau rangkaian *analog*. Contohnya , potensiometer, sensor suhu, sensor cahaya, dll.

2.3.4 Catu Daya

Pin-pin catu daya adalah pin yang memberikan tegangan untuk komponen atau rangkaian yang dihubungkan dengan arduino. Pada bagian catu daya ini pin V_{in} dan *Reset*. V_{in} digunakan untuk memberikan tegangan langsung kepada arduino tanpa melalui tegangan pada USB atau adaptor, sedangkan *reset* adalah pin untuk memberikan sinyal reset melalui tombol atau rangkaian eksternal.

2.3.5 Baterai atau Adaptor

Soket baterai atau adaptor digunakan untuk menyuplai arduino dengan tegangan dari baterai/adaptor 9V pada saat arduino sedang tidak disambungkan kekomputer. Jika arduino sedang disambungkan kekomputer dengan USB, Arduino mendapatkan suplai tegangan dari USB, Jika tidak perlu memasang baterai atau adaptor pada saat memprogram arduino. (*Sumber: www.ariefeeiiiggeennblog.wordpress.com/2014/02/07/pengertian-fungsi-dan-kegunaan-arduino/*)

2.4 Arduino Uno

Arduino adalah sebuah mikrokontroler yang mudah digunakan, karena menggunakan bahasa pemrograman basic yang menggunakan bahasa C. Arduino memiliki prosesor yang besar dan memori yang dapat menampung cukup banyak.

Arduino Uno menggunakan board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328, mempunyai 14 pin digital input dan output(6 diantaranya sebagai output PWM), 6 input analog yang merupakan osilator kristal 16Mhz, koneksi USB, power jack, ICSP header, dan tombol reset.

Arduino Uno dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah power suplai eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Suplai eksternal

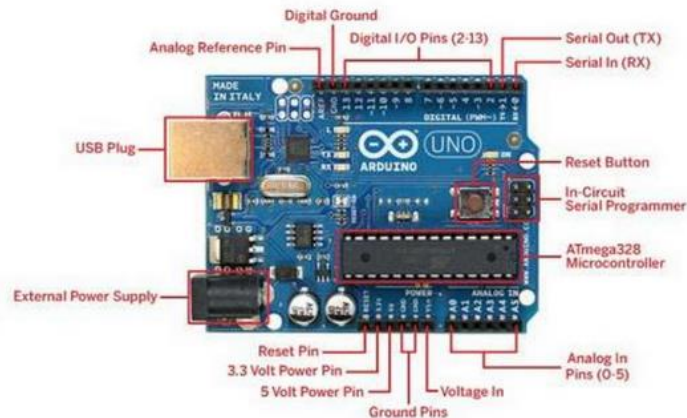
(non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau battery. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan sebuah center-positive plug yang panjangnya 2,1 mm ke power jack dari board. Kabel *lead* dari sebuah *battery* dapat dimasukkan dalam *header*/kepala pin Ground (Gnd) dan pin Vin dari konektor power.

Memory arduino, ATmega328 mempunyai 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader). ATmega 328 juga mempunyai 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) yang dapat dibaca dan ditulis (RW / *read and written*) dengan EEPROM *library*.

Arduino Uno mempunyai sejumlah fasilitas untuk komunikasi dengan sebuah komputer, Arduino lainnya atau mikrokontroler lainnya. ATmega 328 menyediakan serial komunikasi UART TTL (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter – Transistor Transistor Logic*) (5V), yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX).



Gambar 2.5 Arduino Uno
(Sumber: www.arduino.cc)



Gambar 2.6 Pin Mapping Arduino Uno

(Sumber: Lujan, Jose L.P., 2014. *Arduino as an embedded industrial controller*.

<http://www.slideshare.net.>)

Adapun data teknis board Arduino Uno R3 adalah sebagai berikut:

- Mikrokontroler : ATmega328
- Tegangan Operasi : 5V
- Tegangan Input (recommended) : 7 - 12 V
- Tegangan Input (limit) : 6-20 V
- Pin digital I/O : 14 (6 diantaranya pin PWM)
- Pin Analog input : 6
- Arus DC per pin I/O : 40 mA
- Arus DC untuk pin 3.3V : 150 mA
- Flash Memory : 32 KB dengan 0.5 KB digunakan untuk bootloader
- SRAM : 2 KB
- EEPROM : 1 KB
- Kecepatan Pewaktuan : 16 Mhz

2.4.1 Pin Masukan dan Keluaran Arduino Uno

Masing-masing dari 14 pin digital Arduino Uno dapat digunakan sebagaimasukan atau keluaran menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite() dan digitalRead(). Setiap pin beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin mampu menerima atau menghasilkan arus maksimum sebesar 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (diputus secara default) sebesar 20-30 KOhm. Sebagai tambahan, beberapa pin masukan digital memiliki kegunaan khusus yaitu:

- a. Komunikasi serial: pin 0 (RX) dan pin 1 (TX), digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data secara serial.
- b. *External Interrupt*: pin 2 dan pin 3, pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interrupt pada nilai rendah, sisi naik atau turun, atau pada saat terjadi perubahan nilai.
- c. *Pulse-Width Modulation* (PWM): pin 3,5,6,9,10 dan 11, menyediakan keluaran PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi `analogWrite()`.
- d. *Serial Peripheral Interface* (SPI): pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) dan 13 (SCK), pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI library.
- e. LED: pin 13, terdapat built-in LED yang terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai HIGH maka LED menyala, sebaliknya ketika pin bernilai LOW maka LED akan padam.

Arduino Uno memiliki 6 masukan analog yang diberi label A0 sampai A5, setiap pin menyediakan resolusi sebanyak 10 bit (1024 nilai yang berbeda). Secara default pin mengukur nilai tegangan dari ground (0V) hingga 5V, walaupun begitu dimungkinkan untuk mengganti nilai batas atas dengan menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference()`. Sebagai tambahan beberapa pin masukan analog memiliki fungsi khusus yaitu pin A4 *Data line* (SDA) dan pin A5 *Clock Line* (SCL) yang digunakan untuk komunikasi *Two Wire Interface* (TWI) atau *Inter Integrated Circuit* (I2C) dengan menggunakan *Wire library*.

2.4.2 Bahasa Pemrograman Arduino Uno

Arduino board merupakan perangkat yang berbasis mikrokontroler. Perangkat lunak (*software*) merupakan komponen yang membuat sebuah mikrokontroler dapat bekerja. Arduino board akan bekerja sesuai dengan perintah yang ada dalam perangkat lunak yang ditanamkan padanya.

Bahasa Pemrograman Arduino adalah bahasa pemrograman utama yang digunakan untuk membuat program untuk arduino board. Bahasa pemrograman arduino menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya.

2.4.3 Sistem Komunikasi Pada Arduino Uno

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk dapat berkomunikasi dengan Komputer, arduino lain, maupun mikrokontroler lainnya. ATmega328 ini menyediakan serial komunikasi UART TTL (5V), yang tersedia pada pin digital 0 (Rx) dan 1 (Tx). Sebuah ATmega 16U2 pada saluran board komunikasi serialnya melalui USB dan muncul sebagai com port virtual untuk perangkat lunak pada komputer. Firmware Arduino menggunakan USB driver standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan. Bagaimanapun pada windows, sebuah file.inf pasti dibutuhkan. Perangkat lunak Arduino termasuk serial monitor yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke board arduino. Led Rx dan Tx pada board akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). ATmega328 juga mendukung komunikasi I2C dan SPI (*Serial Peripheral Interface*).

2.4.4 *Integrated Development Environment (IDE)* Arduino

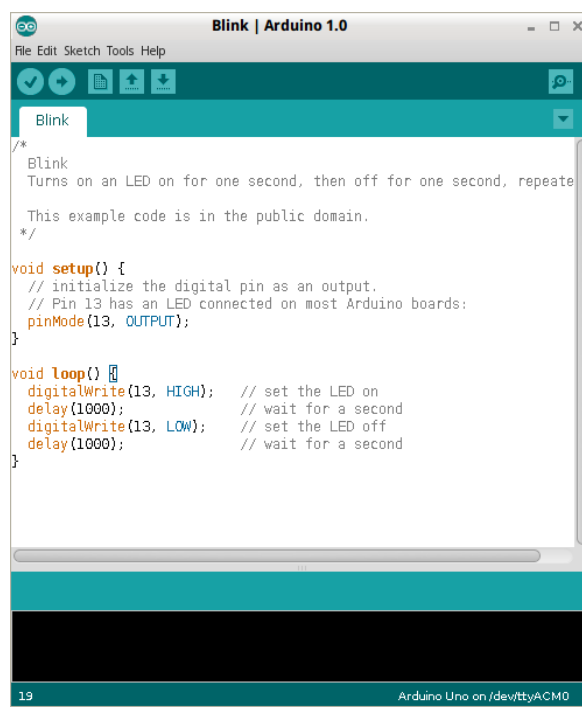
Arduino Uno dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino . Pada ATmega328 di Arduino terdapat *bootloader* yang memungkinkan Anda untuk meng-upload kode baru untuk itu tanpa menggunakan *programmer hardware eksternal*.

Integrated Development Environment (IDE) Arduino terdiri dari editor teks untuk menulis kode, sebuah area pesan, sebuah konsol, sebuah toolbar dengan tombol- tombol untuk fungsi yang umum dan beberapa menu. *Integrated Development Environment (IDE)* Arduino terhubung ke arduino board untuk meng-upload program dan juga untuk berkomunikasi dengan arduino board.

Perangkat lunak (*software*) yang ditulis menggunakan *Integrated Development Environment (IDE)* Arduino disebut *sketch*. *Sketch* ditulis pada editor teks. *Sketch* disimpan dengan file berekstensi .ino. area pesan memberikan informasi dan pesan *error* ketika kita menyimpan atau membuka sketch. Konsol menampilkan output teks dari *Integrated Development Environment (IDE)* Arduino dan juga menampilkan pesan error ketika kita mengkompilasi sketch. Pada

sudut kanan bawah jendela *Integrated Development Environment (IDE)* Arduino menunjukkan jenis board dan port serial yang sedang digunakan. Tombol toolbar digunakan untuk mengecek dan meng-upload sketch, membuat, membuka, atau menyimpan *sketch*, dan menampilkan serial monitor. IDE Arduino terdiri dari:

1. *Editor* program, sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
2. *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.
3. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan Arduino.



Gambar 2.7 Tampilan *Software Compiler* Arduino
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Di bawah ini merupakan tombol-tombol toolbar serta fungsinya yang terdapat pada IDE Arduino, diantaranya:



Verify : berfungsi untuk mengecek error pada kode program



Upload : berfungsi untuk meng-*compile* dan meng-*upload* program ke
Arduino board.



New : berfungsi untuk membuat *sketch* baru



Open : berfungsi untuk menampilkan sebuah menu dari seluruh *sketch*
yang berada di dalam *sketchbook*.



Save : berfungsi untuk menyimpan *sketch*.

2.5 Arduino Nano

Arduino Nano merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang memiliki ukuran yang kecil. Arduino Nano memiliki chip USB to TTL *converter* yang menggunakan FTDI FT232RL, sehingga Arduino Nano ini dapat langsung dihubungkan dengan PC (*Personal Computer*) atau peralatan berbasis USB serial lainnya melalui konektor USB mini yang terpasang pada Arduino Nano. Dibawah ini merupakan spesifikasi yang dimiliki oleh Arduino Nano, diantaranya:

Tabel 2.1 Spesifikasi pada Arduino Nano

Mikrokontroler	Atmel ATmega 168 atau ATmega 328
Tegangan Operasi	5 Volt
Tegangan Masukan	7-12 Volt (disarankan)
Tegangan Masukan	6-20 Volt (<i>limit</i>)
Pin Digital I/O	14 (pin digunakan sebagai output PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>))
Pin Input Analog	8
Arus DC per pin I/O	40 Ma

Flash Memory	16KB (ATMega 168) atau 32KB (ATMega 328) 2KB digunakan sebagai <i>bootloader</i>
SRAM (<i>Static Random Access Memory</i>)	1KB (ATMega 168) atau 2KB (ATMega328)
EEPROM (<i>Electrically Erasable Programmable Read Only Memory</i>)	512byte (ATMega 168) atau 1KB(ATMega 328)
Clock Speed	16MHz
Ukuran	1.85 X 4.3 cm

(Sumber: <http://www.hendriono.com>)



Gambar 2.8 Tampak Belakang Arduino Nano
(Sumber: <http://www.arduino.cc>)



Gambar 2.9 Tampak Depan Arduino Nano
(Sumber: <http://www.arduino.cc>)

2.5.1 Sumber Daya Arduino Nano

Untuk mengaktifkan Arduino Nano dapat dilakukan dengan cara menghubungkannya melalui USB mini atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan yang belum teregulasi dengan *range* 6- 20 volt yang dapat dihubungkan melalui pin 30 (pin Vin), atau dapat juga dilakukan dengan cara menghubungkan melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27 (pin

5 volt). Sumber daya tersebut akan secara otomatis dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi. Pada Arduino Nano, chip FTDI FT232L akan segera aktif apabila memperoleh daya melalui USB. Namun apabila Arduino Nano diberikan daya eksternal (non-USB), maka chip FTDI tidak aktif dan pin 3.3 volt juga tidak tersedia (tidak memberikan tegangan), sedangkan LED Tx dan Rx pun akan berkedip apabila pin digital 0 dan 1 dalam kondisi aktif (*high*).

2.5.2 *Memory Arduino Nano*

Apabila mikrokontroler pada Arduino Nano merupakan ATmega 168, maka Arduino Nano tersebut akan memiliki 16KB *flash memory* yang berfungsi untuk menyimpan kode (2KB digunakan untuk *bootloader*). Namun, apabila mikrokontroler pada Arduino Nano tersebut merupakan ATmega328, maka Arduino tersebut memiliki *flash memory* sebesar 32KB (2KB digunakan untuk *bootloader*). ATmega168 memiliki 1 KB memory pada SRAM dan 512 byte pada EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM); Sedangkan ATmega328 memiliki 2 KB memory pada SRAM dan 1 KB pada EEPROM.

2.5.3 *Input dan Output Arduino Nano*

Pada Arduino Nano, masing-masing 14 pin digital dapat digunakan sebagai masukan ataupun keluaran, yaitu dengan menggunakan fungsi fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead(). Kesemua pin tersebut dapat beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal (yang terputus secara default) sebesar 20-50 KOhm. Pada Arduino Nano, terdapat beberapa pin yang mempunyai pin khusus, diantaranya:

a. **Serial** : 0 (Rx) dan 1 (Tx)

Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari chip FTDI USB-to-TTL Serial.

b. External Interrupt (Interupsi Eksternal): Pin 2 dan pin 3

Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.

c. PWM : Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11.

Pada pin ini menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi `analogWrite()`.diberi tanda

titik atau strip.

d. SPI : Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).

Pin ini mendukung komunikasi SPI. Sebenarnya komunikasi SPI ini tersedia pada hardware, tapi untuk saat belum didukung dalam bahasa Arduino.

e. LED : Pin 13.

Pin ini tersedia secara built-in pada papan Arduino Nano. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai HIGH, maka LED menyala, dan ketika pin diset bernilai LOW, maka LED padam.

Pada Arduino Nano, label A0 sampai A7 berfungsi sebagai input analog, yang masing-masing memiliki resolusi 10 bit. Secara default, pin ini data diatur dari mulai GND (*ground*) hingga 5 Volt, yang juga dapat mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah dengan menggunakan fungsi `analogReference()`. Namun, pin analog 6 dan 7 tidak dapat digunakan sebagai pin digital. Beberapa pin yang dikhususkan, yaitu:

a. I2C : Pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL).

Pin ini mendukung komunikasi I2C (TWI) menggunakan perpustakaan Wire.

b. AREF : Referensi tegangan untuk input analog.

Pin ini digunakan dengan fungsi `analogReference()`.

c. RESET : Jalur LOW

Pada pin ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino.

2.5.4 Komunikasi Pada Arduino Nano

Pada Arduino Nano memiliki sejumlah fasilitas yang digunakan untuk berkomunikasi dengan komputer, atau dengan mikrokontroller yang lainnya. Pada Arduino Nano ini terdapat komunikasi serial UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) sebesar 5 Volt yang tersedia pada pin digital 0 (Rx) dan pin digital 1 (Tx). Chip FTDI FT232RL berfungsi sebagai media komunikasi serial melalui USB driver FTDI (tersedia pada software Arduino IDE) yang akan menyediakan COM Port Virtual (pada Device komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak pada Arduino terdapat serial monitor yang memungkinkan data tekstual sederhana dikirim data dari dan ke Arduino. LED Rx dan Tx akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip FTDI dan koneksi US yang terhubung melalui USB komputer (Tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan pin 1). Mikrokontroller ATmega168 atau ATmega328 yang terdapat pada Arduino Nano juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan Wire digunakan untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C.

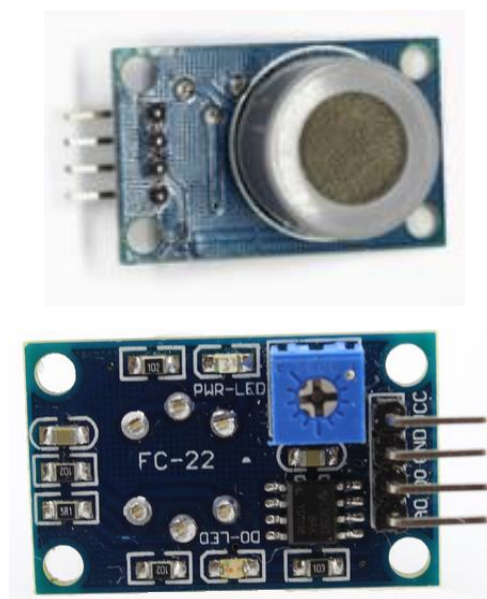
2.5.5 Reset Otomatis pada Arduino Nano

Arduino Nano didesain yang memungkinkan pengguna untuk melakukan reset ulang melalui perangkat lunak yang berjalan pada komputer yang terhubung. Salah satu jalur kontrol hardware (DTR) mengalir dari FT232RL dan terhubung ke jalur reset dari ATmega168 atau ATmega328 melalui kapasitor 100 Nanofarad. Implikasi lain dari adanya pengaturan ini yaitu saat Arduino Nano terhubung dengan komputer yang menggunakan sistem operasi Mac OS X atau

Linux, papan Arduino akan di-reset setiap kali dihubungkan dengan perangkat lunak pada komputer (melalui USB). Saat setengah detik kemudian atau lebih, *bootloader* berjalan pada papan Arduino Nano. Proses reset melalui program ini digunakan untuk mengabaikan data yang cacat (yaitu apapun selain meng-upload kode baru), ia akan memotong dan membuang beberapa byte pertama dari data yang dikirim ke papan setelah sambungan terbuka.

2.6 Sensor MQ9

Sensor asap adalah perangkat yang mendeteksi asap dan gas, biasanya sebagai indikator kebakaran. Perangkat perumahan komersial, industri, dan massamengeluarkan sinyal ke sebuah sistem alarm kebakaran, sedangkan rumah tangga detektor, yang dikenal sebagai alarm asap, umumnya mengeluarkan suara atau visual lokal alarm dari detektor itu sendiri.



Gambar 2.10 Sensor MQ9
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Sensor MQ-9 merupakan sensor asap yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi kadar gas, salah satunya Karbon Monoksida (CO). Struktur dan konfigurasi MQ-9 sensor gas ditunjukkan pada gambar. 4 (Konfigurasi A atau B), sensor disusun oleh mikro AL₂O₃ tabung keramik, *Tin Dioksida* (SnO₂) lapisan sensitif, elektroda pengukuran dan pemanas adalah tetap menjadi kerak yang

dibuat oleh plastik dan stainless steel bersih. Pemanas menyediakan kondisi kerja yang diperlukan untuk pekerjaan komponen sensitif. MQ-9 dibuat dengan 6 pin, 4 dari mereka yang digunakan untuk mengambil sinyal, dan 2 lainnya digunakan untuk menyediakan arus pemanasan.

MQ-9 dapat mendeteksi gas Karbon Monoksida (CO) di udara dan nilainya merupakan tegangan analog. Sensor ini dapat mengukur konsentrasi CO mulai dari 10 hingga 1000 ppm dan kepekatan gas dari 100 hingga 10.000 ppm. Sensor ini dapat bekerja pada rentang suhu -10 hingga 50°C dan membutuhkan arus kurang dari 150 mA pada tegangan 5V. Kondisi standar sensor bekerja seperti yang ditunjukkan dalam tabel 2.2.

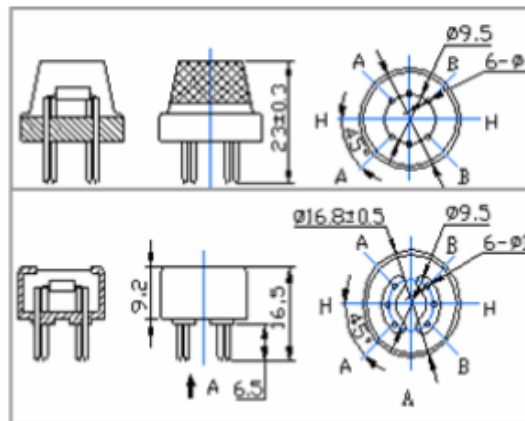
Tabel 2.2 Daerah Kerja Sensor MQ-9

Keterangan	Nilai
VC (Tegangan Rangkaian)	$5V \pm 0.1$
VH (H) / Tegangan Pemanas (Tinggi)	$5V \pm 0.1$
VH (L) / Tegangan Pemanas (Rendah)	$1.4V \pm 0.1$
RL / Resistansi Beban	Dapat Disesuaikan
RH / Resistansi Pemanas	$33\Omega \pm 5\%$
TH (H) Waktu Pemanasan (Tinggi)	$60 \pm 1 \text{ second}$
TH (L) Waktu Pemanasan (Rendah)	$90 \pm 1 \text{ second}$
PH Konsumsi Pemanasan	Sekitar 350mW

(Sumber: http://www.dfrobot.com/image/data/SEN0134/SEN0134_MQ-9.pdf)

Elemen yang digunakan untuk sensor asap yaitu menggunakan photoelectric yaitu Sensor fotolistrik memancarkan cahaya merah terlihat inframerah atau terlihat untuk mendeteksi keberadaan suatu benda. Target baik istirahat seberkas cahaya atau mencerminkan kembali ke detektor untuk mengaktifkan output sensor. Keuntungan dari sensor fotolistrik termasuk jarak

kebuntuan lebih lama dari sensor kedekatan induktif, kemampuan untuk mendeteksi hampir semua bahan target, kemampuan untuk membedakan antara sasaran dari warna yang berbeda atau karakteristik permukaan, dan kemampuan untuk beroperasi di mode penginderaan berbeda.



Gambar 2.11 Karakteristik MQ9
(Sumber: <http://www.datasheetspdf.com>)

Elemen yang digunakan untuk sensor asap yaitu menggunakan photoelectric yaitu Sensor fotolistrik memancarkan cahaya merah terlihat inframerah atau terlihat untuk mendeteksi keberadaan suatu benda. Target baik istirahat seberkas cahaya atau mencerminkan kembali ke detektor untuk mengaktifkan output sensor. Keuntungan dari sensor fotolistrik termasuk jarak kebuntuan lebih lama dari sensor kedekatan induktif, kemampuan untuk mendeteksi hampir semua bahan target, kemampuan untuk membedakan antara sasaran dari warna yang berbeda atau karakteristik permukaan, dan kemampuan untuk beroperasi di mode penginderaan berbeda.

2.7 Sensor SHT 10

Modul ini berfungsi untuk memberikan informasi kepada sistem tentang suhu dan humiditas di sekitarnya. Modul SHT10 yang digunakan adalah modul yang sudah dilengkapi dengan *Control Processing Unit* (CPU) internal berupa Attiny2313 yang berfungsi untuk mengubah protocol I2C (*Inter Integrated Circuit*) yang mudah digunakan. Pada saat sistem dinyalakan pertama kali, modul ini memberikan informasi berupa suhu ruangan dan humiditas dengan akurasi

yang tinggi. Respon pembacaan suhu jauh lebih cepat daripada pembacaan suhu dengan thermometer ruangan konvensional (air raksa).



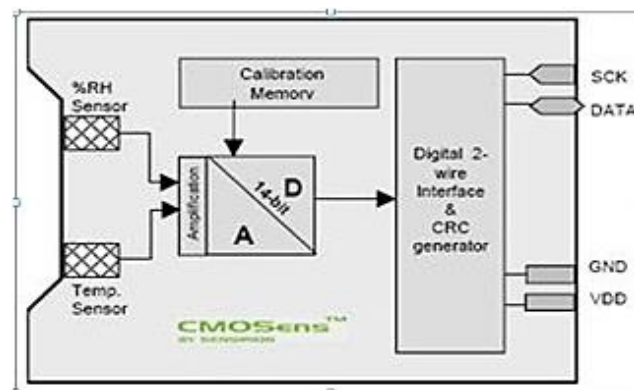
Gambar 2.12 Sensor SHT10
(Sumber: www.sensirion.com)

Pada saat digunakan untuk pengukuran, modul ini beberapa kali mengalami *error*. Hal ini diakibatkan distribusi daya tidak mampu menyuplai CPU dari SHT10 sehingga sensor ini tidak memberikan informasi yang semestinya. Dalam keadaan yang seperti ini, nilai yang dikembalikan modul ini adalah -40°C dengan kelembaban 0%. Modul dapat bekerja baik pada tegangan 4.9Volt. Spesifikasi dari SHT10 ini adalah sebagai berikut:

1. Berbasis sensor suhu dan kelembaban relatif Sensirion SHT10.
2. Mengukur suhu dari -40°C hingga $+123,8^{\circ}\text{C}$ atau dari -40°F hingga $+254,9^{\circ}\text{F}$ dan kelembaban relatif dari 0% RH hingga 100% RH.
3. Memiliki ketetapan (akurasi) pengukuran suhu hingga $0,5^{\circ}\text{C}$ dan ketepatan (akurasi) pengukuran kelembaban relatif hingga 4,5%RH.
4. Memiliki antarmuka serial *synchronous 2-wire*.
5. Jalur antarmuka telah dilengkapi dengan rangkaian pencegah kondisi sensor *lock-up*.
6. Membutuhkan catu daya +5V DC dengan konsumsi daya rendah $30\ \mu\text{W}$.
7. Modul ini memiliki faktor bentuk 8 pin DIP 0,6 sehingga memudahkan pemasangannya.

SHT10 adalah keluarga sensor suhu dan kelembapan dari Sensirion. Sensor ini mengintegrasikan elemen sensor dan pemroses sinyal yang memberikan keluaran digital yang terkalibrasi dalam kemasan yang kecil. Elemen sensor kapasitif yang unik digunakan untuk mengukur kelembapan relatif, sementara temperatur diukur oleh sensor band-gap. Kedua sensor dihubungkan ke 14-bit ADC dan rangkaian antarmuka serial. Hal ini menghasilkan kualitas sinyal yang superior, waktu respon yang cepat, dan ketidakpekaan terhadap gangguan eksternal (EMC).

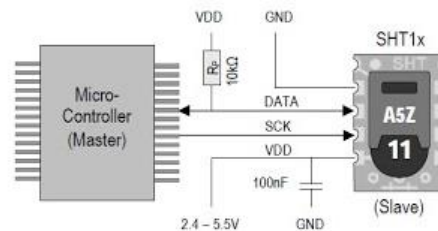
Setiap SHT10 secara individual dikalibrasi dalam ruang berkelembapan presisi. Koefisien kalibrasi diprogram ke dalam memori OTP pada chip. Koefisien ini digunakan untuk mengkalibrasi sinyal dari sensor secara internal. Antarmuka serial *2-Wire* dan pengaturan tegangan internal mempermudah dan mempercepat integrasi ke dalam suatu sistem.



Gambar 2.14 Diagram Blok SHT10
(Sumber: <https://sensirion.com>)

Pengambilan data untuk masing-masing pengukuran dilakukan dengan memberikan perintah pengalamatan oleh mikrokontroler. Kaki serial Data yang terhubung dengan mikrokontroler memberikan perintah pengalamatan pada pin Data SHT10 “00000101” untuk mengukur kelembaban relatif dan “00000011” untuk pengukuran temperatur. SHT10 memberikan keluaran data kelembaban dan temperatur pada pin Data secara bergantian sesuai dengan clock yang diberikan mikrokontroler agar sensor dapat bekerja. Sensor SHT10 memiliki ADC (*Analog to Digital Converter*) di dalamnya sehingga keluaran data SHT10 sudah terkonversi dalam bentuk data digital dan tidak memerlukan ADC (*Analog to Digital Converter*) eksternal dalam pengolahan data pada mikrokontroler.

Sumber tegangan SHT1x harus berada di kisaran 2,4V – 5.5V, tegangan yang disarankan adalah 3.3V. Antarmuka serial SHT1x dioptimalkan untuk pembacaan sensor dan konsumsi daya yang efektif. Sensor tidak dapat dibaca oleh protokol I2C. Namun, sensor dapat dihubungkan ke jalur I2C tanpa perangkat lain yang terhubung ke jalur. Kontroler harus tetap menggunakan protokol SHT1x. Skema pengambilan data SHT10 dapat dilihat pada gambar 2.15 berikut ini.



Gambar 2.15 Skema Pengambilan Data
(Sumber: <https://sensirion.com>)

Tabel 2.3 Konfigurasi Pin SHT10

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected



(Sumber: <https://sensirion.com>)

2.8 Modul GSM SIM900A

Modul komunikasi GSM/GPRS (*Global System for Mobile Communication/ General Packet Radio Service*) menggunakan core IC (*Integrated Circuit*) SIM900A. Modul ini mendukung komunikasi *dual band* pada frekuensi 900 / 1800 MHz (GSM900 dan GSM1800) sehingga fleksibel untuk digunakan bersama kartu SIM dari berbagai operator telepon seluler di Indonesia. Operator GSM yang beroperasi di frekuensi *dual band* 900 MHz dan 1800 MHz sekaligus: Telkomsel, Indosat, dan XL. Operator yang hanya beroperasi pada band 1800 MHz: Axis dan Three.

Modul ini sudah terpasang pada *breakout-board* (modul inti dikemas dalam SMD / *Surface Mounted Device packaging*) dengan *pin header* standar 0,1" (2,54 mm) sehingga memudahkan penggunaan, bahkan bagi penggemar elektronika pemula sekalipun. Modul GSM SIM900 ini juga disertakan antena GSM yang kompatibel dengan produk ini. Pada gambar 2.24 dapat dilihat tampilan dari modul GSM SIM900 yang dilengkapi dengan antena.



Gambar 2.16 Tampilan Modul GSM SIM900A.
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Spesifikasi modul GSM SIM900A :

- GPRS multi-slot class 10/8, kecepatan transmisi hingga 85.6 Kbps (*Kilo Bits Per Second*) (*downlink*), mendukung PBCCH, PPP *stack*, skema penyandian CS 1,2,3,4
- GPRS mobile station class B
- Memenuhi standar GSM 2/2
 - a. Class 4 (2 W @900 MHz)
 - b. Class 1 (1 W@1800 MHz)
- SMS (*Short Messaging Service*): point-to-point MO & MT, SMS cell broadcast, mendukung format teks dan PDU (*Protocol Data Unit*)
- Dapat digunakan untuk mengirim pesan MMS (*Multimedia Messaging Service*)
- Mendukung transmisi faksimili (*fax group 3 class 1*)
- *Handsfree mode* dengan sirkit reduksi gema (*echo suppression circuit*)
- Dimensi: 24 x 24 x 3 mm
- Pengendalian lewat perintah AT (GSM 07.07, 07.05 & SIMCOM Enhanced AT Command Set)
- Rentang catu daya antara 7 Volt hingga 12 Volt DC (*Direct Current*)
- SIM Application Toolkit

- Hemat daya, hanya mengkonsumsi arus sebesar 1 mA pada moda tidur (*sleep mode*)
- Rentang suhu operasional: -40 °C hingga +85 °C

2.8.1 Cara Kerja Modul GSM SIM900A

Modul GSM SIM900A dapat bekerja dengan diberi perintah “AT Command”, (AT = Attention). AT Command adalah perintah-perintah standar yang digunakan untuk melakukan komunikasi antara komputer dengan ponsel melalui serial port. Melalui AT Command, data-data yang ada di dalam ponsel dapat diketahui, mulai dari vendor ponsel, kekuatan sinyal, membaca pesan, mengirim pesan, dan lain-lain. Berikut ini beberapa perintah “AT Command” yang biasa digunakan pada modul GSM SIM900A, yaitu :

AT+CPBF : cari no telpon

AT+CPBR : membaca buku telpon

AT+CPBW : menulis no telp di buku telpon

AT+CMGF : menyetting mode SMS text atau PDU

AT+CMGL : melihat semua daftar sms yg ada.

AT+CMGR : membaca sms.

AT+CMGS : mengirim sms.

AT+CMGD : menghapus sms.

AT+CMNS : menyetting lokasi penyimpanan ME(hp) atau SM(SIM Card)

AT+CGMI : untuk mengetahui nama atau jenis ponsel

AT+CGMM : untuk mengetahui kelas ponsel

AT+COPS? : untuk mengetahui nama provider kartu GSM

AT+CBC : untuk mengetahui level baterai

AT+CSCA : untuk mengetahui alamat SMS Center

2.9 GPS APM2.5 NEO-6M Module

Modul GPS (*Global Positioning System*) APM2.5 NEO-6M berukuran 25x35mm untuk modul, 25x25mm untuk antenna. Modul GPS APM2.5 NEO-6M

berfungsi sebagai penerima *GPS (Global Positioning System Receiver)* yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. Aplikasi dari modul ini melingkupi sistem navigasi, sistem keamanan terhadap kemalingan pada kendaraan / perangkat bergerak, akuisisi data pada sistem pemetaan medan, penjejak lokasi / ***location tracking***, dan lainnya.



Gambar 2.17 Modul GPS APM2.5 Neo-6M
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Modul ini kompatibel dengan APM2 dan APM2.5 dengan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) terpadu yang dapat digunakan untuk menyimpan data konfigurasi. Komunikasi antarmuka menggunakan serial TTL (*Transistor Transistor Logic*) (RX/TX) yang dapat diakses dari mikrokontroler yang memiliki fungsi UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) atau emulasi serial TTL (pada Arduino dapat menggunakan pustaka komunikasi serial / *serial communication library* yang sudah tersedia dalam paket Arduino IDE). Baud rate diset secara *default* pada 9600 bps.

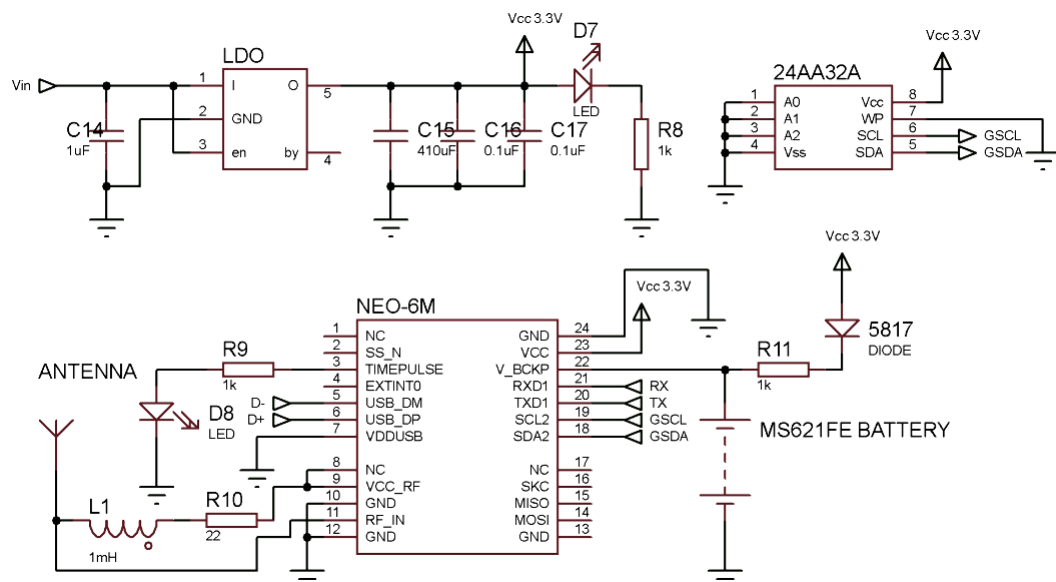
GPS Processor dari modul ini menggunakan u-blox NEO-6 GPS Module. Modul ini dapat memproses hingga 50 kanal sinyal secara cepat dengan waktu Cold TTFF (*Cold-Start Time-To-First-Fix*, waktu yang diperlukan untuk menentukan posisi dari kondisi mati total) kurang dari 27 detik.

Spesifikasi Modul u-blox NEO-6M

- Tipe penerima: 50 *channel*, GPS L1 frekuensi, C/A Code. SBAS (*Satellite Based Augmentation System*): WAAS (*Wide Area Augmentation System*),

EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*), MSAS (*Multi-functional Satellite Augmentation System*).

- Sensitivitas penjejak & navigasi: -161 dBm (reakuisisi dari *blank-spot*: -160 dBm)
- Sensitivitas saat baru memulai: -147 dBm pada cold-start, -156 dBm pada hot start
- Kecepatan pembaharuan data / *navigation update rate*: 5 Hz
- Akurasi penetapan lokasi GPS secara horisontal: 2,5 meter (SBAS = 2m)
- Rentang frekuensi pulsa waktu yang dapat disetel: 0,25 Hz hingga 1 kHz
- Akurasi sinyal pulsa waktu: RMS 30 ns (99% dalam kurang dari 60 ns) dengan granularitas 21 ns atau 15 ns saat terkompensasi
- Akurasi kecepatan: 0,1 meter / detik
- Akurasi arah (heading accuracy): 0,5°
- Batasan operasi: daya tarik maksimum 4x gravitasi, ketinggian maksimum 50 Km, kecepatan maksimum 500 meter / detik (1800 km/jam). *red*: dengan limit seperti ini, modul ini bahkan dapat digunakan di pesawat jet super-cepat sekalipun.



Gambar 2.18 Rangkaian Modul GPS APM2.5 NEO-6M
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

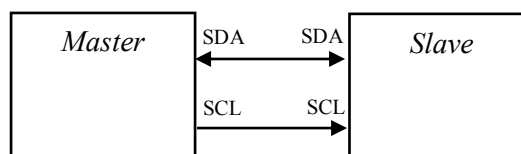
2.10 Protokol Komunikasi Serial pada Rangkaian Pendeteksi Asap

Komunikasi serial adalah suatu proses pengiriman data satu bit dalam waktu tertentu secara berurutan, pada suatu *channel* komunikasi atau *bus* komputer. Pada komunikasi serial, terdapat dua protokol, di antaranya:

- Protokol komunikasi I²C (*Inter-Integrated Circuit*).
- Protokol komunikasi UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*).

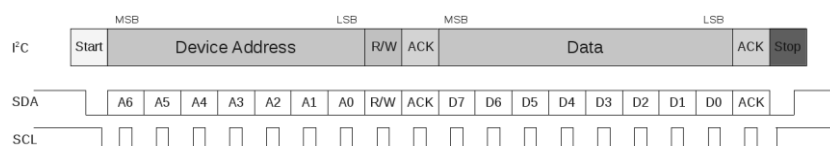
2.10.1 Protokol Komunikasi I²C (*Inter-Integrated Circuit*) pada Rangkaian Pendeteksi Asap

Protokol komunikasi I²C ini menggunakan pin SDA (*Serial Data*) yang berfungsi sebagai pengantar data dan pin SCL (*Serial Clock*) yang berfungsi sebagai pembangkit sinyal *clock* sehingga data dapat dikirim atau sebagai penyelar. Gambar 2.19 di bawah ini merupakan skema komunikasi I²C.



Gambar 2.19 Skema Komunikasi I²C

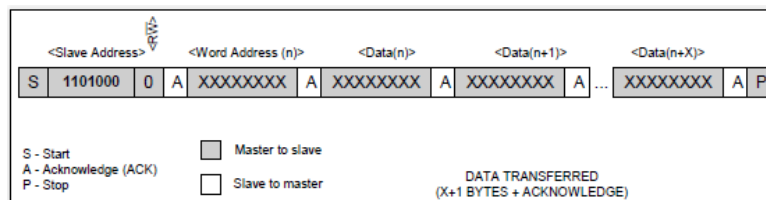
Perangkat yang mengendalikan operasi transfer data pada komunikasi ini disebut *master device*, sedangkan perangkat lainnya yang dikendalikan oleh master disebut *slave device*. Komunikasi I²C sepenuhnya dikendalikan oleh *master device* sehingga perintah pertama dan sinyal *clock* dikirimkan oleh *master device*. Komunikasi I²C juga merupakan mode komunikasi dua arah sehingga komunikasi ini bias dilakukan hingga 128 perangkat. Bentuk *frame* data pada komunikasi I²C ditunjukkan pada gambar 2.20.



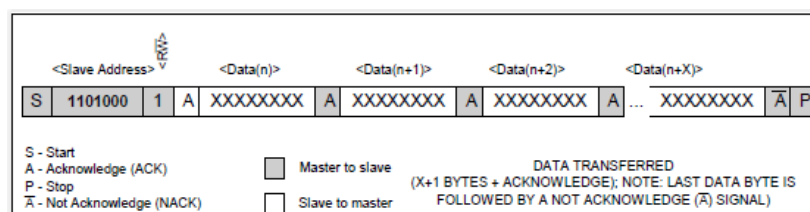
Gambar 2.20 *Frame* Data Komunikasi I²C

Berdasarkan bentuk *frame* data gambar 2.20, berikut ini adalah penjelasan proses pengiriman data komunikasi I²C.

1. Data dikirimkan secara serial pada setiap bit.
2. SCL akan membangkitkan satu sinyal clock pada setiap bit data yang dikirimkan oleh SDA secara bersamaan.
3. Pada saat ini bus tidak sibuk, yaitu tidak sedang dalam pengiriman data, kondisi SCL dan SDA dua-duanya dalam keadaan *high*.
4. *Start data bit* merupakan bit penanda data akan ditransfer dan ditandai dengan perubahan kondisi SDA dari *high* ke *low*.
5. *Device Address* terdiri atas 7 bit sehingga alamat *slave device* maksimal yang dapat ditujukan oleh *master device* sebanyak 127 alamat.
6. *R/W bit* merupakan perintah pemilihan arah komunikasi oleh *master device*. Arah komunikasi ini yaitu *Write* yang berfungsi untuk menulis data ke *slave device* dengan menulis kondisi *low* pada *R/W bit* atau *Read* yang berfungsi untuk membaca data yang dikirim oleh *slave device* dengan menulis kondisi *high* pada *R/W bit*. Gambar 2.21 dan gambar 2.22 merupakan bentuk *frame* pada setiap kondisi *R/W bit*.



Gambar 2.21 Pengiriman Data dari *Master Device* ke *Slave Device*



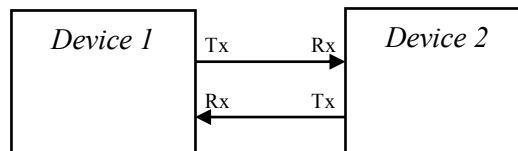
Gambar 2.22 Pengiriman Data dari *Slave Device* ke *Master Device*

7. *Data bits*, merupakan data biner yang dikirim oleh SDA yang terdiri dari 8 bit.

8. *Acknowledge bit* merupakan sinyal balasan dari *device* penerima data yang berfungsi sebagai tanda satu *byte* data telah dikirim. Sinyal ini ditunjukkan dengan kondisi *low* pada SDA.
9. *Stop data bit* merupakan bit penanda data selesai ditransfer dan ditandai dengan perubahan kondisi SDA dari *low* ke *high*.

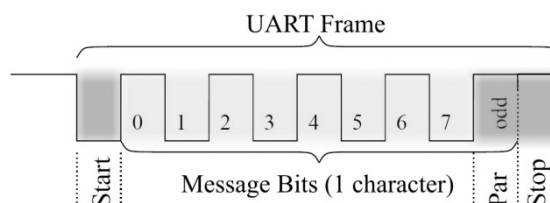
2.10.2 Protokol Komunikasi UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) pada Rangkaian Pendeteksi Asap

Protokol komunikasi UART ini menggunakan pin Tx (*Transmitter*) yang berfungsi sebagai pengirim data dan pin Rx (*Receiver*) yang berfungsi sebagai penerima data. Gambar 2.23 merupakan skema komunikasi UART.



Gambar 2.23 Skema Komunikasi UART

Komunikasi UART merupakan komunikasi satu arah sehingga komunikasi ini hanya bias dilakukan antara dua perangkat saja. Karena tidak membutuhkan sinyal *clock* saat pengiriman data, maka kedua perangkat harus mengatur terlebih dahulu kecepatan, bentuk, serta ukuran data sesuai dengan parameter yang berlaku pada komunikasi antara kedua perangkat. Parameter tersebut bias dilihat pada *datasheet* setiap perangkat yang digunakan. Bentuk *frame* data pada protokol komunikasi serial UART seperti pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 Frame Data Komunikasi UART

Berdasarkan bentuk *frame* data gambar 2.24, berikut ini adalah penjelasan proses pengirim data komunikasi UART.

1. Data dikirimkan secara serial pada setiap bit oleh *transmitter* (Tx) *device* pengirim menuju *receiver* (Rx) *device* penerima data.
2. Keadaan normal komunikasi saat sedang tidak mengirimkan data, data yang terbaca *receiver* dalam kondisi *high*.
3. *Start bit* merupakan bit untuk memulai pengiriman data dan ditandai dengan perubahan kondisi data yang diterima *receiver* dari *high* ke *low*.
4. *Message bits*, merupakan data ASCII yang dikirimkan oleh *transmitter* sebesar 8 bit. Satu data ASCII mewakili satu karakter. Gambar 2.25 di bawah ini merupakan pengkodean data ASCII pada setiap karakter.

ASCII Code: Character to Binary

0	0011 0000	O	0100 1111	m	0110 1101
1	0011 0001	P	0101 0000	n	0110 1110
2	0011 0010	Q	0101 0001	o	0110 1111
3	0011 0011	R	0101 0010	p	0111 0000
4	0011 0100	S	0101 0011	q	0111 0001
5	0011 0101	T	0101 0100	r	0111 0010
6	0011 0110	U	0101 0101	s	0111 0011
7	0011 0111	V	0101 0110	t	0111 0100
8	0011 1000	W	0101 0111	u	0111 0101
9	0011 1001	X	0101 1000	v	0111 0110
A	0100 0001	Y	0101 1001	w	0111 0111
B	0100 0010	Z	0101 1010	x	0111 1000
C	0100 0011	a	0110 0001	y	0111 1001
D	0100 0100	b	0110 0010	z	0111 1010
E	0100 0101	c	0110 0011	.	0010 1110
F	0100 0110	d	0110 0100	,	0010 0111
G	0100 0111	e	0110 0101	!	0011 1010
H	0100 1000	f	0110 0110	;	0011 1011
I	0100 1001	g	0110 0111	?	0011 1111
J	0100 1010	h	0110 1000	!	0010 0001
K	0100 1011	I	0110 1001	'	0010 1100
L	0100 1100	J	0110 1010	"	0010 0010
M	0100 1101	k	0110 1011	(	0010 1000
N	0100 1110	l	0110 1100	)	0010 1001
				space	0010 0000

Gambar 2.25 Kode ASCII pada Setiap Karakter

5. *Parity bit*, merupakan bit yang bertujuan untuk memeriksa kebenaran data *message bits* yang telah dikirim sehingga tidak terdapat kesalahan data (*data error*). *Parity bit* akan memeriksa kebenaran jumlah bit 1. Sebagai ilustrasi, jika jumlah bit 1 pada *message bits* adalah 3, *parity bit* akan berlogika 1 apabila *parity bit* diatur genap, dan akan berlogika 0 apabila *parity bit* diatur ganjil. Jika data *parity bit* yang diterima *receiver* tidak sesuai dengan kebenaran jumlah bit 1, *message bits* akan dikirim ulang.
6. *Stop bit* merupakan bit penanda selesainya pengiriman satu *byte* data dan ditandai pada keadaan *high*.