

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Saat ini Indeks standar kualitas udara yang dipergunakan secara resmi di Indonesia adalah Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP 45 / MENLH / 1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Dalam keputusan tersebut yang dipergunakan sebagai bahan pertimbangan diantaranya: bahwa untuk memberikan kemudahan dari keseragaman informasi kualitas udara ambien kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu serta sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara perlu disusun Indeks Standar Pencemar Udara.

Indeks Standar Pencemar Udara adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Indeks Standar Pencemar Udara ditetapkan dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka yang tidak berdimensi. Rentang Indeks Standar Pencemar Udara dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Rentang Indeks Standar Pencemaran Udara

| ISPU | Tingkat Pencemaran Udara | Dampak Kesehatan |
|---------|--------------------------|--|
| 0–50 | Baik | Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika |
| 51–100 | Sedang | Kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitive dan nilai estetika |
| 101–199 | Tidak Sehat | Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitive atau bias menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika |
| 200–299 | Sangat Tidak Sehat | Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar |
| 300–500 | Berbahaya | Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi |

Data Indeks Standar Pencemar Udara diperoleh dari pengoperasian Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien Otomatis. Sedangkan Parameter Indeks Standar Pencemar Udara meliputi:

- a. Partikulat (PM10)
- b. Karbondioksida (CO)
- c. Sulfur dioksida (SO₂).
- d. Nitrogen dioksida (NO₂).
- e. Ozon (O₃)

Perhitungan dan pelaporan serta informasi Indeks Standar Pencemar Udara ditetapkan oleh Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, yaitu Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 Tanggal 21 November 1997. Keputusan Kepala Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup, memuat diantaranya adalah:

1. Parameter-parameter dasar untuk Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) dan periode waktu pengukuran, selengkapanya dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Parameter-parameter dasar Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Periode Waktu Pengukuran

| No. | PARAMETER | WAKTU PENGUKURAN |
|-----|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Partikulat (PM10) | 24 jam (Periode pengukuran rata-rata) |
| 2. | Sulfur Dioksida (SO ₂) | 24 jam (Periode pengukuran rata-rata) |
| 3. | Carbon Monoksida (CO) | 8 jam (Periode pengukuran rata-rata) |
| 4. | Ozon (O ₃) | 1 jam (Periode pengukuran rata-rata) |
| 5. | Nitrogen Dioksida (NO ₂) | 1 jam (Periode pengukuran rata-rata) |

Catatan:

- Hasil pengukuran untuk pengukuran kontinyu dimbil rata-rata tertinggi waktu pengukuran
- ISPU disampaikan kepada masyarakat setiap 24 jam dari rata-rata sebelumnya (24 jam sebelumnya)
- Waktu terakhir pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 Waktu Indonesia Bagian Barat (WIBB)
- ISPU yang dilaporkan kepada masyarakat berlaku 24 jam ke depan (pukul 15 tanggal n) sampai pukul 15.00 tanggal (n+1)

2. Angka dan kategori Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) selengkapanya dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Angka dan Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

| Indeks | Kategori |
|-------------|--------------------|
| 1 - 50 | Baik |
| 51 - 100 | Sedang |
| 101 - 199 | Tidak Sehat |
| 200 - 299 | Sangat Tidak Sehat |
| 300 - lebih | Berbahaya |

3. Pengaruh Indeks Standar Pencemar Udara untuk setiap parameter pencemar, dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Pengaruh Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) untuk Setiap Parameter Pencemar

| Kategori | Rentang | Carbon Monoksida (CO) | Nitrogen (NO ₂) | Ozon O ₃ | Sulfur Dioksida (SO ₂) | Partikulat |
|--------------------|-------------|--|--|--|---|--|
| Baik | 0-50 | Tidak ada efek | Sedikit berbau | Luka pada Beberapa spesies tumbuhan akibat Kombinasi dengan SO ₂ (Selama 4 Jam) | Luka pada Beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan O ₃ (Selama 4 Jam) | Tidak ada efek |
| Sedang | 51 - 100 | Perubahan kimia darah tapi tidak terdeteksi | Berbau | Luka pada Babarapa spesies tumbuhan | Luka pada Beberapa spesies tumbuhan | Terjadi penurunan pada jarak pandang |
| Tidak Sehat | 101 - 199 | Peningkatan pada kardiovaskularpada perokok yang sakit jantung | Bau dan kehilangan warna. Peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan pada penderita asma | Penurunan kemampuan pada atlit yang berlatih keras | Bau, Meningkatnya kerusakan tanaman | Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu di mana-mana |
| Sangat Tidak Sehat | 200-299 | Maningkatnya kardiovaskular pada orang bukan perokok yang berpanyakit Jantung, dan akan tampak beberapa kelemahan yang terlihat secara nyata | Meningkatnya sensitivitas pasien yang berpanyakit asma dan bronhitis | Olah raga ringan mangakibatkan pengaruh parnafasan pada pasien yang berpanyakit paru-paru kronis | Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpanyakit asthma dan bronhitis | Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpanyakit asthma dan bronhitis |
| Berbahaya | 300 - lebih | Tingkat yang berbahaya bagi semua populasi yang terpapar | | | | |

Pencemar atau polutan di udara biasanya dikonversi menjadi satu nilai indeks yang ditampilkan pada stasiun pemantauan kualitas udara. Stasiun pemantauan kualitas udara ini dapat bersifat sebagai *public awareness* atau *public warning*.

- *Public awareness* terkait ISPU adalah peningkatan kesadaran masyarakat perihal kualitas udara untuk setiap harinya. Stasiun pemantauan kualitas udara yang menerapkan sistem *public awareness* ini hanya seperti memberikan informasi kepada masyarakat agar masyarakat sekedar tahu dan lebih sadar (*aware*) akan kualitas udara dan kemungkinan pencemaran udara yang terjadi serta efeknya terhadap masyarakat, lingkungan, dan makhluk hidup. Negara-negara yang lebih banyak menerapkan sistem *public awareness* adalah negara berkembang, salah satunya Indonesia.
- *Public warning* terkait ISPU adalah sarana peringatan dini bagi masyarakat terutama bila kualitas udaranya sudah masuk ke dalam golongan yang cukup berbahaya. Untuk stasiun pemantauan kualitas udara yang menerapkan sistem *public warning* ini seringkali menyediakan data yang berada satu tingkat bahaya di atasnya agar masyarakat mendapatkan peringatan dan segera bertindak untuk menghindari terjadinya bahaya dari efek yang mungkin dihasilkan dari kualitas udara tersebut. Negara-negara yang menerapkan sistem *public warning* ini biasanya merupakan negara - negara yang sudah maju, contohnya seperti Perancis. Untuk Perancis, setiap hari, sebuah balon diluncurkan didekat Menara Eiffel, di tengah Kota Paris, Perancis. Balon itu menjadi indikator kualitas udara. Dengan melibatkan kerjasama dengan AIRPARIF (Pemantau kualitas udara di Perancis), Balloon Air de Paris yang baru itu dapat berubah warna tergantung dari kualitas udara ambien di Paris (hijau untuk baik, oranye untuk sedikit buruk, merah untuk buruk)
- Dilihat dari kedua definisi di atas, Negara Indonesia masih belum mampu mengadakan fasilitas *public warning* mengenai perihal udara. Hal tersebut dikarenakan selama ini, Indonesia hanya memiliki papan-papan berisi

informasi saja belum sampai kepada alat yang dapat berubah seketika seperti yang sudah dimiliki negara maju.

2.2 *Drone*

2.2.1 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.

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.

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, menyalakan 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.

2.2.2 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 *drone* mengenai sasaran, tetapi adapula yang terjebak angin dan berubah arah.



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

2.2.3 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 kepengguna 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.

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.

2.2.4 Jenis- Jenis *Drone*

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 winG memiliki Energi lebih irit baterai karena single baling-baling.

Fixed wing drone memiliki sayap yang kokoh dan memiliki *airfoil* yang ditentukan sehingga mampu mengangkat pesawat maju dengan dorongan dari kecepatan *drone* tersebut. Daya dorong ini dihasilkan dari baling-baling yang diputar oleh mesin pembakaran internal atau motor listrik.

Kontrol dari *drone* jenis ini berasal dari papan control yang tertanam dalam pesawat dan terdiri dari *ailerons* sebagai pengangkat pesawat dan kemudi pesawat, sehingga *drone* dapat terbang.

Drone jenis ini dapat dikendalikan secara otomatis oleh program yang telah ditentukan sebelum terbang. Pesawat tanpa awak ini hampir mirip dengan *drone* yang digunakan dalam peperangan (pembawa rudal), namun tentunya tidak sama seperti *drone* pembawa rudal yang memiliki bodi yang lebih besar, dibandingkan yang hanya berfungsi untuk pemetaan udara pada area tambang.



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

- *Multicopter Drone (Multi)*

Jenis *drone* ini terdiri dari rotor sebagai penggerak baling-baling. 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 Contoh *Multicopter Drone*
(Sumber: <http://www.ardupilot.org>)

Berdasarkan jumlah baling-baling, multicopter *drone* dibagi menjadi 4 macam 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

2.2.5 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.

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 diterbangkan 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 pengguna.

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.

2.3 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.

Terdapat tiga kelebihan utama yang dimiliki oleh baterai berjenis Li-Po, 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.

Baterai jenis ini juga memiliki beberapa kelemahan yaitu:

1. Harga baterai Li-Po masih tergolong mahal.
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 perawatan yang diberikan pada baterai.
3. 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.

2.3.1 Rating Baterai Li-Po

Baterai Li-Po memiliki beberapa *Rating*, yaitu:

2.3.1.1 Tegangan (*Voltage*)

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”. Disini “S” berarti sel yang dimiliki sebuah paket baterai (*battery pack*). Sementara bilangan yang berada didepan 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)

2.3.1.2 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 yg di butuhkan ESC (*Electronic Speed Control*) untuk menggerakkan 4 buah motor adalah 25A jadi baterai tersebut akan benar-benar habis dalam waktu ± 12 menit.

2.3.1.3 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 beteraai 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*.



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

2.4 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 perifer-al-perifer-al lain yang dibutuhkan.

2.4.1 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.

2.4.2 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.

2.4.3 *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.

2.4.4 *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.

2.4.5 *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.

2.5 *Arduino Uno*

Arduino adalah sebuah mikrokontroler yang mudah digunakan, karena menggunakan bahasa pemrograman basic yang menggunakan bahasa C. Arduino memiliki procesor 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.

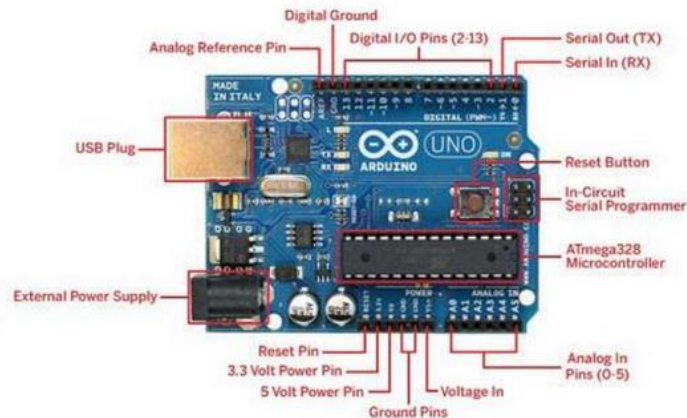
Arduino Uno dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah power suplai eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Suplai eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau battery. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan sebuah center-positive plug yang panjangnya 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

2.5.1 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*.

2.5.2 Bahasa Pemograman 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.

2.5.3 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*).

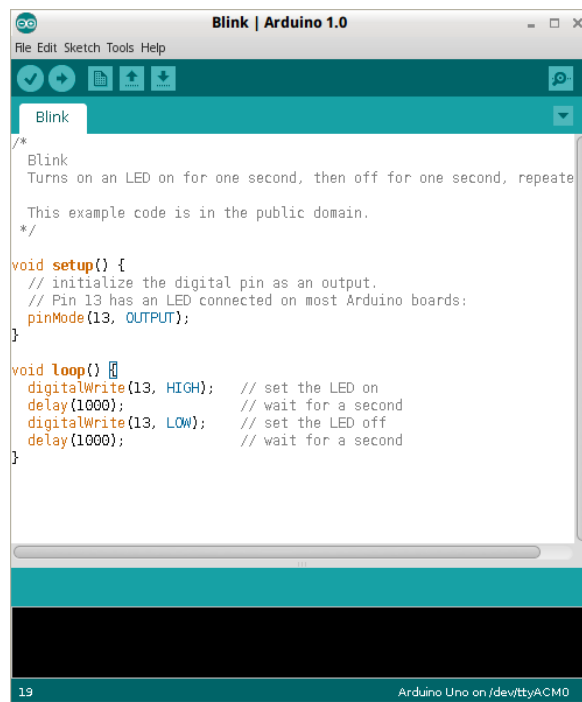
2.5.4 Integrated Development Environment (IDE) Arduino

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*.

2.6 Arduino Nano

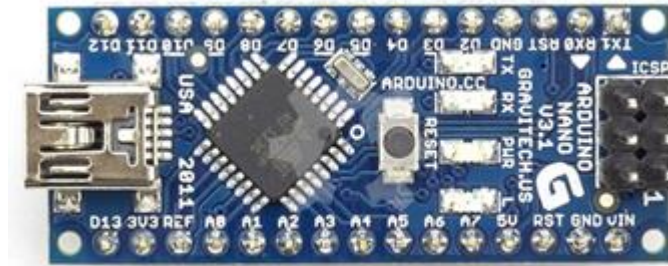
Arduino Nano merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang memiliki ukuran yang kecil. Arduino Nano memiliki chip USB to TTL *converter* yang

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. Tabel 2.5 dibawah ini merupakan spesifikasi yang dimiliki oleh Arduino Nano, diantaranya:

Tabel 2.5 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.arduino.cc>)



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



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

2.6.1 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*).

2.6.2 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.

2.6.3 *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.

2.6.4 Komunikasi pada Arduino Nano

Pada Arduino Nano memiliki sejumlah fasilitas yang digunakan untuk berkomunikasi dengan komputer, atau dengan mikrokontroler 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). Mikrokontroler 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.

2.6.5 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.

2.7 Sensor Asap 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 MQ9 sensor gas 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

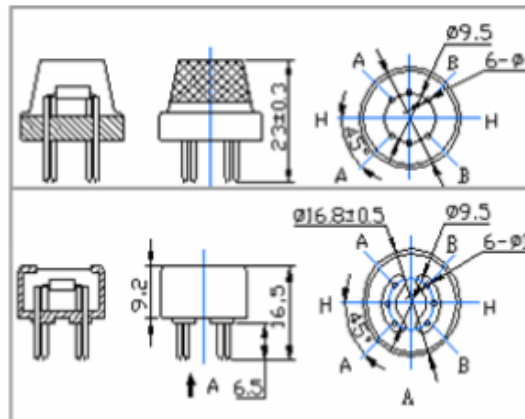
mulai dari 10 hingga 1000 ppm dan kepekatan gas dari 100 hingga 10.000 ppm. Sensor ini dapat bekerja pada rentang suhu -10 hingga 50°C dan membutuhkan arus kurang dari 150 mA pada tegangan 5V. Kondisi standar sensor bekerja seperti yang ditunjukkan dalam tabel 2.6.

Tabel 2.6 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.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.

2.8 Sensor Suhu SHT 10

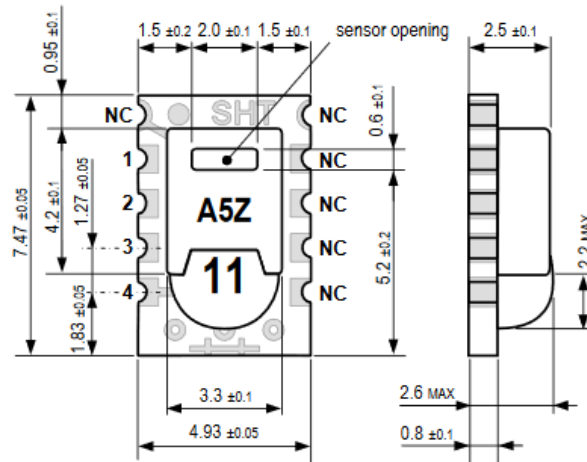
Modul ini berfungsi untuk memberikan informasi kepada sistem tentang suhu dan humiditas di sekitarnya. Modul SHT10 yang digunakan adalah modul yang sudah dilengkapi dengan *Control Processing Unit* (CPU) internal berupa Attiny2313 yang berfungsi untuk mengubah protocol I2C (*Inter Integrated Circuit*) 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 SHT 10
(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 humiditas 0%. Modul dapat bekerja baik pada tegangan 4.9Volt. Spesifikasi dari SHT10 ini adalah sebagai berikut:

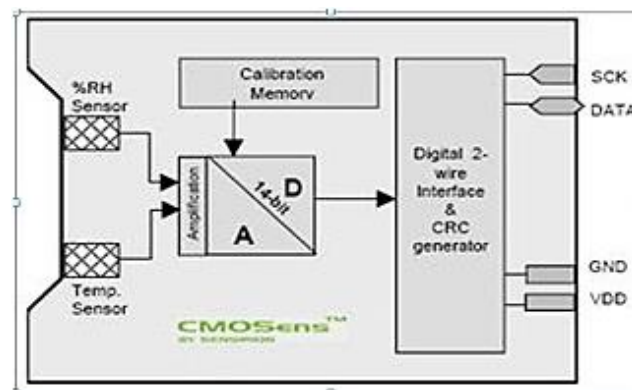
1. Berbasis sensor suhu dan kelembaban relatif Sensirion SHT10.
2. Mengukur suhu dari -40C hingga $+123,8\text{C}$ atau dari -40F hingga $+254,9\text{F}$ dan kelembaban relatif dari 0% RH hingga 100% RH.
3. Memiliki ketetapan (akurasi) pengukuran suhu hingga $0,5^{\circ}\text{C}$ dan ketepatan (akurasi) 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.



Gambar 2.13 Dimensi SHT10 (dalam satuan mm)
(Sumber: <https://sensirion.com>)

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 ketidakepekaan terhadap gangguan eksternal (EMC).

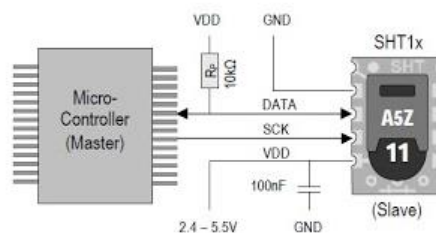
Setiap SHT10 secara individual dikalibrasi dalam ruang berkelembapan presisi. Koefisien kalibrasi diprogram ke dalam memori OTP pada chip. Koefisien ini digunakan untuk mengkalibrasi sinyal dari sensor secara internal. Antarmuka serial *2-Wire* dan pengaturan tegangan internal mempermudah dan mempercepat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



Gambar 2.14 Diagram Blok SHT 10
(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 2.7 Konfigurasi Pin SHT 10

| 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>)

2.9 Modul GSM SIM900

Modul komunikasi GSM/GPRS (*Global System for Mobile Communication/ General Packet Radio Service*) menggunakan core IC (*Integrated Circuit*) SIM900. 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 SIM900.
(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

2.9.1 Cara Kerja Modul GSM SIM900

Modul GSM SIM900 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 SIM900, yaitu :

- AT+CPBF : cari no telpon
- AT+CPBR : membaca buku telpon
- AT+CPBW : menulis no telp di buku telpon
- AT+CMGF : menyeting 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 : menyeting 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

2.10 Sensor GPS APM2.5 Neo-6M

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.



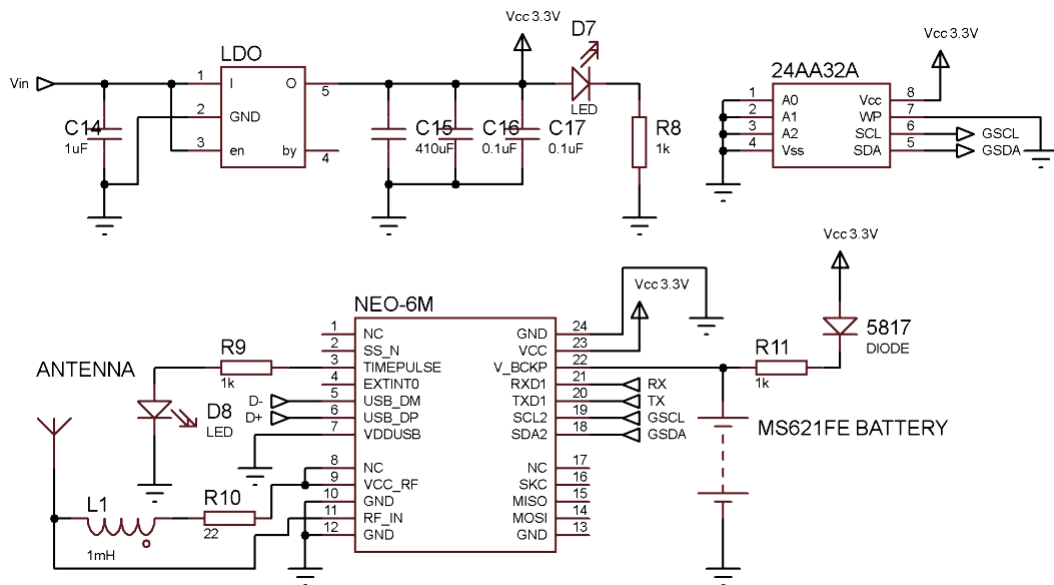
Gambar 2.17 Modul GPS APM2.5 NEO-6M
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

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 TTF (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)