

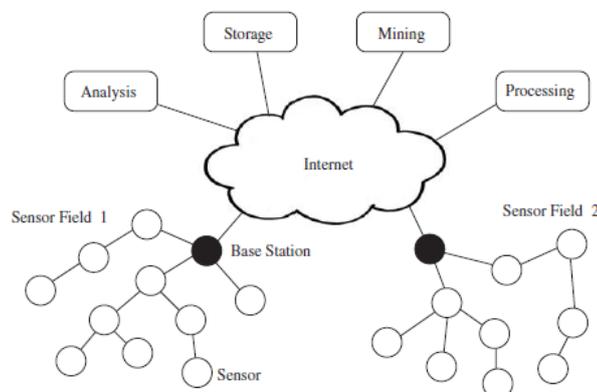
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network (WSN) adalah salah satu jenis jaringan nirkabel terdistribusi yang memanfaatkan teknologi embedded system (sistem tanam) dan sekumpulan node sensor untuk melakukan proses sensing, monitoring, pengiriman data dan penyajian informasi ke pengguna melalui komunikasi jaringan nirkabel. Sensor memiliki banyak jenis antara lain sensor udara, sensor temperatur, sensor gerak, sensor tekanan, sensor radiasi, sensor posisi, dan lain-lain. Setiap sensor juga memiliki perangkat lunak (aplikasi, sistem operasi) dan perangkat keras masing-masing yang akan dijalankan menjadi sebuah sistem Wireless Sensor Network [15].

Masing-masing titik dalam WSN dilengkapi dengan radio transceiver sebagai node penerima atau pengirim atau juga perangkat pendukung lainnya. Sehingga Wireless Sensor Network (WSN) juga dikenal sebagai sebuah sistem yang terdiri dari sejumlah besar low-cost sensor yang berukuran kecil dan tersebar pada sebuah area yang sangat luas dengan satu node penampung untuk mengumpulkan hasil proses pembacaan sensor node lainya yang dapat dilihat pada gambar 2.1 [16].



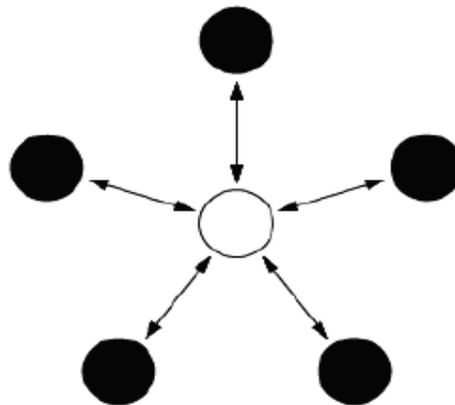
Gambar 2.1 Wireless Sensor Network [17]

2.1.1 Struktur Jaringan Topologi WSN

Struktur WSN umumnya memiliki 3 jaringan khas yang sering dipakai untuk membangun suatu wsn . jaringan tersebut merupakan : 1. Topologi Star , 2. Topologi Mesh dan 3. Topologi Tree.

1. Topologi Star

Jaringan Star pada gambar 2.2 merupakan topologi komunikasi tempat stasiun induk tunggal dapat mengirim dan / atau menerima pesan ke sejumlah node jauh. Simpul remote tidak diizinkan untuk mengirim pesan satu sama lain [17]. Sebuah topologi bintang adalah arsitektur single-hop point-to-point di mana setiap sensor node terhubung langsung ke node sink. Ini berpotensi menggunakan paling sedikit kekuatan di antara ketiganya arsitektur topologi [18].

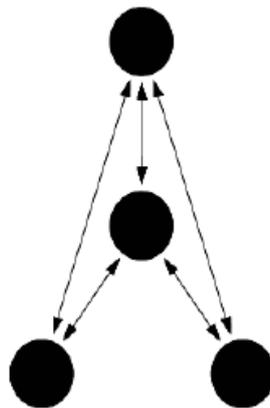


Gambar 2.2 Topologi Star [18]

2. Topologi Mesh

Topologi mesh pada gambar 2.3 merupakan arsitektur multi-hopping satu-ke-banyak di mana masing-masing node router terhubung ke beberapa node. Keuntungannya atas topologi bintang termasuk rentang yang lebih panjang jarak transmisi, penurunan kehilangan data, dan kemampuan komunikasi penyembuhan diri yang lebih tinggi. Namun, kerugiannya adalah pada biaya latensi

yang lebih tinggi dan konsumsi daya yang lebih tinggi [17]. Jaringan *mesh* memungkinkan transmisi data dari satu node ke node lain di jaringan yang berada dalam jangkauan transmisi radionya. Kerugian dari jenis jaringan ini adalah konsumsi daya untuk node yang menerapkan komunikasi multi-hop pada umumnya lebih tinggi daripada node yang tidak memiliki kemampuan ini, seringkali membatasi masa pakai baterai. Selain itu, karena jumlah hop komunikasi ke tujuan meningkat, waktu untuk menyampaikan pesan juga meningkat, terutama jika operasi dengan daya rendah dari simpul adalah persyaratan [18].

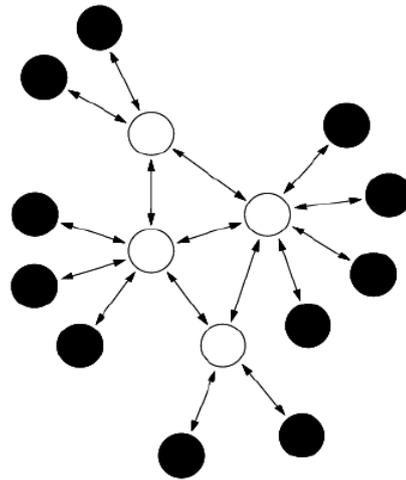


Gambar 2.3 Topologi Mesh [18]

3. Topologi Tree

Topologi Tree pada gambar 2.4 merupakan arsitektur hibrida bintang-mesh. Dibutuhkan keuntungan dari konsumsi daya rendah dan arsitektur sederhana dari topologi bintang, serta jangkauan diperpanjang dan toleransi kesalahan dari satu mesh. Namun, mungkin ada beberapa latensi [18] Pada topologi jaringan ini, node sensor dengan daya terendah tidak diaktifkan dengan kemampuan untuk meneruskan pesan. Umumnya, node dengan kemampuan multi-hop adalah daya yang lebih tinggi, dan jika

mungkin, sering dihubungkan ke saluran listrik. Ini adalah topologi yang diimplementasikan oleh jaring jaringan *mesh* [18].

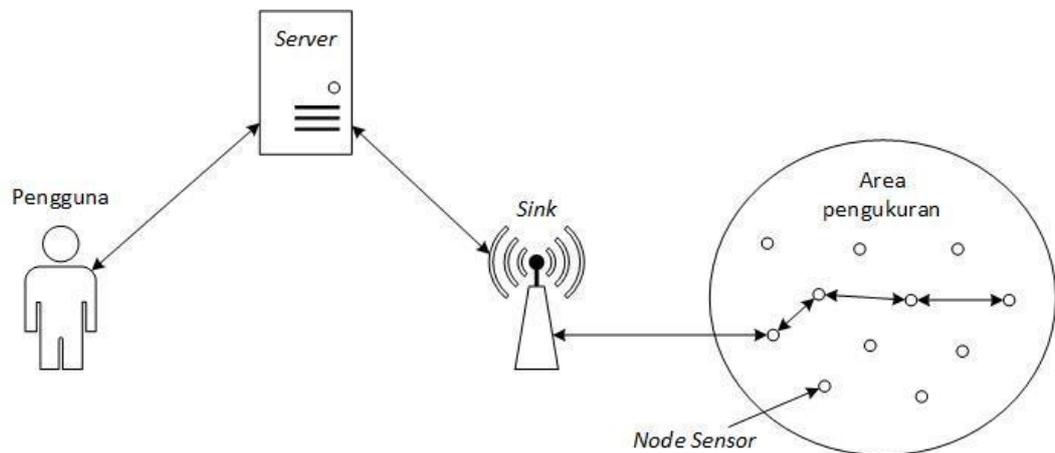


Gambar 2.4 Topologi Tree/ hybrid star [18]

2.2 Arsitektur *Wireless Sensor Network* (WSN)

Wireless Sensor Network (WSN) terdiri dari *node* yang memiliki fungsi dan pengindraan tersendiri. Jumlah *node* yang digunakan pada WSN dapat berjumlah ratusan bahkan ribuan dengan menggunakan *node* berbiaya rendah yang ditempatkan pada lokasi tertentu sesuai pengaplikasiannya. Ukurannya yang kecil tidak menutup kemungkinan terdapat kelemahan dan keterbatasan pada *sensor node*. Pada *wireless sensor network* sendiri biasanya berkomunikasi menggunakan komunikasi *multi-hop* yang bertujuan untuk penghematan penggunaan daya. Data dari hasil pembacaan *sensor node* akan berakhir pada *node* khusus yang disebut *sink node* yang telah dilengkapi dengan modul komunikasi lain atau gerbang ke jaringan lain yang biasa disebut *gateway* dan bertugas untuk meneruskan ke penyimpanan cloud atau internet. *Sink node* melakukan pengolahan dan perhitungan data menjadi lebih kompleks yang mungkin tidak dapat dilakukan oleh *sensor node*, hal ini yang membuat *sink node* memiliki prosesor, memori,

dan energi yang cukup untuk melaksanakan tugas-tugasnya dengan baik. Arsitektur dari *Wireless sensor network* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Jaringan WSN[19]

Arsitektur jaringan *wireless sensor network* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sebagai berikut :

- a. **Toleransi kesalahan.** *sensor node* saat proses peggaplikasiannya kemungkinan akan gagal atau mati karena kurangnya daya, kerusakan fisik, atau gangguan lingkungan. saat terjadinya kegagalan pada *sensor node* seharusnya tidak akan mempengaruhi keseluruhan tugas WSN. Inilah sebuah keandalan atau masalah toleransi kesalahan. Toleransi kesalahan adalah kemampuan untuk mempertahankan fungsi jaringan sensor tanpa gangguan ketika terjadi kegagalan *sensor node*.
- b. **Skalabilitas.** *Sensor node* yang diaplikasikan untuk proses monitoring atau memantau fenomena pada suatu lingkungan dimungkinkan berjumlah ratusan atau ribuan tergantung pada kebutuhan. Kepadatan dapat berkisar dari satuan hingga ratusan *sensor node* di lokasi tertentu.

- c. Biaya produksi.** WSN terdiri dari banyak *sensor node*, perhitungan biaya satu *node* sangat penting untuk menjadi pertimbangan biaya keseluruhan jaringan karena biaya setiap *sensor node* dalam pembangunan sebuah WSN harus tetap rendah.
- d. Kendala hardware.** Sebuah sensor node terdiri dari empat komponen dasar yaitu sebuah unit penginderaan, unit pengolahan, unit *transceiver* dan unit daya. Unit penginderaan biasanya terdiri dari dua bagian: sensor dan Analog to Digital Converter (ADC). Sinyal analog yang diproduksi oleh sensor berdasarkan fenomena yang diamati diubah menjadi sinyal digital oleh ADC dan kemudian dimasukkan ke unit pengolahan. Unit pengolahan, yang umumnya dikaitkan dengan unit penyimpanan yang kecil, mengelola prosedur yang membuat sensor node berkolaborasi dengan node lain untuk melaksanakan tugas penginderaan yang ditetapkan. Unit *transceiver* menghubungkan node ke jaringan. Salah satu komponen yang paling penting dari sebuah node penginderaan adalah unit daya. Unit daya mungkin didukung oleh unit daya seperti baterai. Sebagian besar teknik routing dan tugas-tugas penginderaan memerlukan pengetahuan tentang lokasi dengan akurasi yang tinggi. Dengan demikian, sangat umum jika sebuah sensor node memiliki sistem penemu lokasi yaitu Global Positioning System (GPS). Selain itu, terdapat beberapa kendala lain yang ada pada sensor node. Sensor node ini harus mengkonsumsi daya yang sangat rendah, beroperasi dalam kepekaan tinggi, diproduksi dengan biaya rendah, dan dapat beroperasi tanpa pengawasan.
- e. Topologi jaringan.** Ratusan hingga ribuan sensor node digunakan di sepanjang area pengamatan. Menyebarkan node dalam kepadatan tinggi membutuhkan penanganan lebih khusus agar tidak ada node yang saling bertumpuk.

- f. Lingkungan.** Sensor node dapat dikerahkan sangat dekat atau langsung didalam fenomena yang diamati. Mereka biasanya bekerja tanpa pengawasan di wilayah geografis terpencil. Mereka dapat bekerja di pedalaman, di bawah laut, di lapangan biologis atau kimiawi terkontaminasi, bidang pertempuran melampaui garis musuh, atau di sebuah bangunan besar.

- g. Media transmisi.** WSN yang berkomunikasi secara multi hop, komunikasi infrared dan media optik membutuhkan lintasan line-of-sight antara pengirim dan penerima. Untuk mengaktifkan operasi WSN secara global, media transmisi yang dipilih harus tersedia di seluruh dunia.

- h. Konsumsi daya.** Sensor node dapat hanya dilengkapi dengan sumber daya terbatas (<0,5 Ah, 1,2 V). Umur sensor node tergantung pada umur hidup baterai. Dalam jaringan multi hop, setiap node memainkan peran ganda pencari data dan perute data. Kegagalan fungsi beberapa node dapat menyebabkan perubahan topologi yang signifikan dan mungkin memerlukan perutean ulang paket dan reorganisasi jaringan. Oleh karena itu, konservasi daya dan manajemen daya mengambil tambahan penting. Konsumsi daya dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu penginderaan, komunikasi, dan pengolahan data. Kekuatan penginderaan bervariasi dengan sifat aplikasi. Energi dalam komunikasi data melibatkan pengiriman dan penerimaan data[19].

2.3 WSN Sebagai Sistem Monitoring Lingkungan

Pembangunan industri dan konstruksi mengakibatkan meningkatnya polusi industri pada lingkungan. Pencemaran industri terdiri dari limbah dalam bentuk air, gas dan padat. Secara umum, limbah ini berbahaya karena sebagian besar komponennya terdiri dari adiktif dan bahan-bahan kimia yang sulit terdegradasi.

Zat-zat ini memiliki dampak buruk terhadap lingkungan dan mengancam kelangsungan hidup makhluk hidup [20].

Lingkungan saat ini sudah sangat tercemar ini disebabkan banyaknya faktor yang mendukung terjadinya pencemaran. pencemaran lingkungan tidak tercipta dari hanya limbah industri tetapi juga dari limbah pembuangan emisi kendaraan. Mesin telah meningkat secara substansial dari hari ke hari. Sebagai tambahannya meluasnya penggunaan mesin-mesin ini dengan banyak kelebihan, mereka memainkan peran penting dalam pencemaran lingkungan masalah di seluruh dunia. Mesin diesel dianggap sebagai satu kontributor terbesar untuk pencemaran lingkungan disebabkan oleh emisi gas buang, dan mereka bertanggung jawab atas beberapa masalah kesehatan [21].

Wireless Sensor Network atau Jaringan sensor nirkabel merupakan perangkat otonom yang terdistribusi khusus menggunakan sensor dalam memantau kondisi fisik atau lingkungan, seperti suhu, suara, getaran, tekanan, gerakan di lokasi yang berbeda dan secara kooperatif meneruskan data melalui jaringan ke jaringan utama atau *Base Station* yaitu lokasi dimana data dapat diamati dan dianalisis dan berperan sebagai antarmuka antara pengguna dan jaringan [17].

Aplikasi untuk WSN banyak dan beragam. Mereka digunakan dalam aplikasi komersial dan industri untuk memonitor data yang akan sulit atau mahal untuk dipantau dengan menggunakan sensor kabel. Dalam aplikasi yang khas, WSN tersebar di wilayah yang dimaksudkan untuk mengumpulkan data melalui node sensornya [17].

2.4 Aplikasi *Wireless Sensor Network* (WSN)

Wireless Sensor Network (WSN) terdiri dari sejumlah sensor node berukuran kecil yang digunakan untuk mengamati suatu fenomena. Sensor node terdiri dari komponen penginderaan, pengolahan data, dan komponen untuk komunikasi. Peletakan sensor node dapat ditentukan maupun secara acak, sesuai dengan kebutuhan. Saat ini sensor node yang biasa digunakan sudah dilengkapi dengan

prosesor inboard. Komponen pengolahan data digunakan untuk memisahkan data yang diperlukan. Karena sensor node yang digunakan sangat banyak, maka kemungkinan jarak antar node akan berdekatan. Oleh karena itu, komunikasi multi hop banyak dipilih agar dapat mengkonsumsi lebih sedikit daya dibandingkan dengan komunikasi single hop. Komunikasi multi hop efektif digunakan untuk mengatasi beberapa efek propagasi sinyal yang sering terjadi pada komunikasi nirkabel jarak jauh. WSN dapat digunakan dalam berbagai bidang di antaranya dapat disebutkan sebagai berikut[22].

- a. **Pengamatan lingkungan.** WSN dapat digunakan untuk memantau perubahan lingkungan. Contohnya adalah deteksi polusi air danau yang letaknya berdekatan dengan pabrik yang menggunakan bahan kimia. Sensor node secara acak dikerahkan di tempat-tempat yang tidak diketahui dan aktif ketika mendeteksi polutan. Contoh lain termasuk deteksi kebakaran hutan, polusi udara, pengamatan aktifitas hewan dan pengamatan curah hujan untuk lahan pertanian.
- b. **Pemantauan militer.** Militer menggunakan WSN pada area tempur. Sensor dapat memantau lalu lintas kendaraan, melacak posisi musuh atau bahkan menjaga peralatan perang.
- c. **Pemantauan bangunan.** WSN juga dapat digunakan di gedung-gedung besar atau pabrik untuk memantau perubahan iklim. Termostat dan sensor node suhu digunakan pada seluruh area bangunan. Selain itu, sensor dapat digunakan untuk memantau getaran yang dapat merusak struktur bangunan.
- d. **Perawatan kesehatan.** Sensor dapat digunakan dalam aplikasi biomedis untuk meningkatkan kualitas perawatan yang diberikan. Sensor yang ditanamkan dalam tubuh manusia untuk memantau masalah medis seperti kanker dan membantu pasien yang menjaga kesehatan mereka.
- e. **Pengaplikasian pada perumahan.** Pengaplikasian WSN pada perumahan, dapat dilakukan dengan membuat WSN dalam membangun

rumah otomatis, di mana rumah tersebut dapat melakukan tugas-tugasnya secara otomatis, seperti pada *smart home*.

- f. Pengaplikasian bidang lain.** Bidang-bidang lain yang dapat diaplikasikan WSN misalnya adalah pengendalian lingkungan pada bangunan kantor, pada museum interaktif, pendeteksi dan pengawasan pencurian mobil, pengolahan inventaris, serta pada pelacakan dan pendeteksi kendaraan.

2.5 Standar *Wireless Sensor Network*

Pada pengaplikasian wireless sensor network, terdapat 2 standar komunikasi wireless, diantaranya:

- 1) IEEE 802.15.4

Protokol IEEE 802.15.4 ini merupakan salah satu jenis dari protokol- protokol pada WPAN (Wireless Area Personal Network), yang salah satu contohnya adalah bluetooth. Protokol IEEE 802.15.4 merupakan standar untuk gelombang radio (RF) yang bekerja pada data rate yang rendah agar baterai dapat tahan lama, dan sederhana. Suatu device yang menggunakan protocol ini, dapat terkoneksi dengan baik pada radius maksimal 10 m dengan data rate maksimal 250 Kbit/s dengan alat lainnya. Protocol ini menggunakan 3 pita frekuensi untuk keperluan operasionalnya, seperti:

- a) 868-868.8 MHz untuk daerah Eropa
- b) 902-928 MHz untuk daerah Amerika Utara
- c) 2400-2483.5 MHz untuk area lain di seluruh dunia.

ZigBee merupakan salah satu vendor yang mengembangkan layer layer di atas layer untuk IEEE 802.15.4. Pada perkembangannya saat ini, protocol ini sudah mendukung penggunaan Ipv6, dengan ditandai lahirnya RFC 4919 (Request For Comments 4919) dan RFC 4944 (Request For Comments 4844).

2) IEEE. 802.11

Protokol IEEE 802.11 terdiri atas beberapa jenis standar lain untuk WLAN (Wireless Local Area Network), saat ini yang paling populer adalah IEEE 802.11g dan IEEE 802.11b. Pada Wireless Sensor Network digunakan protokol IEEE 802.11b/g. Protokol ini memiliki beberapa channel yang frekuensinya berbeda, agar tidak terjadi interferensi antar device dan pembagian frekuensi untuk tiap-tiap channel diatur oleh kebijakan masing-masing negara.

Protokol IEEE 802.11b yang digunakan pada Wireless Sensor Network mempunyai data rate maksimum 11 Mbit/s/ Pada kenyataannya, protokol ini hanya mampu mempunyai data rate maksimum 5,9 Mbit/s dengan TCP, dan 7,1 Mbit/s untuk UDP karena adanya overhead pada CSMA. Protokol IEEE 802.11b ini mampu beroperasi pada radius 38 m dari device lain memiliki frekuensi operasi pada 2,4 GHz [18].

2.6 Bagian – Bagian Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network (WSN) terbagi atas 5 (lima) bagian, yaitu.

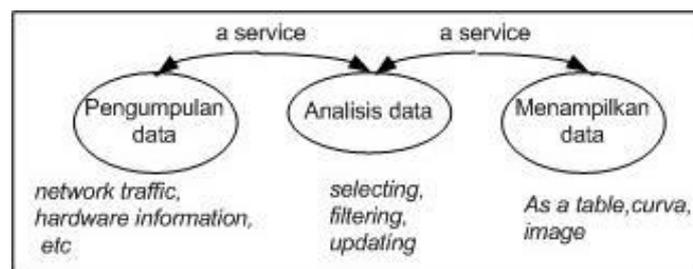
- a) Transceiver, berfungsi untuk menerima/mengirim data kepada device lain;
- b) Mikrokontroler, berfungsi untuk melakukan fungsi perhitungan, mengontrol dan memproses device yang terhubung dengan mikrokontroler;
- c) Power source, berfungsi sebagai sumber energi bagi sistem nirkabel sensor secara keseluruhan;
- d) External memory, berfungsi sebagai tambahan memori bagi sistem sensor nirkabel, pada dasarnya sebuah unit mikrokontroler memiliki unit memory sendiri;
- e) Sensor, berfungsi untuk men-sensing besaran-besaran fisis yang hendak diukur. Sensor adalah suatu alat yang mampu untuk mengubah suatu bentuk energi ke bentuk energi lain, dalam hal ini adalah mengubah dari energi besaran yang diukur menjadi energi listrik yang kemudian diubah

oleh ADC menjadi deretan pulsa terkuantisasi yang kemudian bisa dibaca oleh mikrokontroler [23].

2.7 Sistem Monitoring

Sistem pemantauan (monitoring) merupakan suatu proses untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber daya. Biasanya data yang dikumpulkan merupakan data yang real time. Secara garis besar tahapan dalam sebuah sistem pemantauan terbagi ke dalam tiga proses besar seperti terlihat pada Gambar 2.6 yaitu:

1. Proses di dalam pengumpulan data *monitoring*;
2. Proses di dalam analisis data *monitoring*;
3. Proses di dalam menampilkan data hasil *monitoring*.



Gambar 2.6 Proses dalam sistem *monitoring*[24]

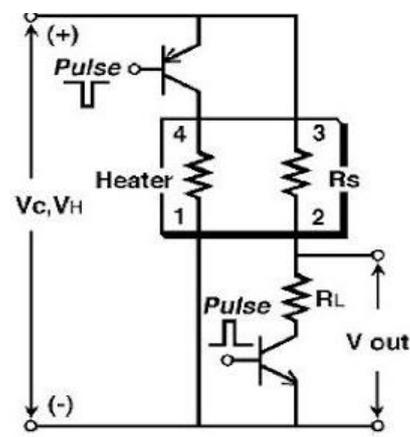
Aksi yang terjadi diantara proses-proses dalam sebuah sistem pemantauan adalah berbentuk *service*, yaitu suatu proses yang terus menerus berjalan pada interval waktu tertentu. Proses yang terjadi pada suatu sistem pemantauan dimulai dari pengumpulan data seperti data dari *network traffic*, informasi *hardware*, dan lain-lain yang kemudian data tersebut dianalisis pada proses analisis data dan akhirnya data tersebut akan ditampilkan. Beberapa aplikasi sistem pemantauan (*monitoring*), akses akan dibatasi dari *localhost* terminal saja. Pertanyaannya apakah bisa dilakukan pemantauan dari jarak jauh, dimana semua data yang dikumpulkan dari terminal komputer yang berada di lokasi berada dengan instrumennya misalnya dengan menggunakan jaringan *Local Area Network* (LAN) atau bahkan internet. Untuk menjalankan sistem pemantauan yang seperti sangat memungkinkan sekali dapat dilakukan dengan menggunakan program antar muka

(*interface*) yang dapat menjebatani pengguna melalui *web browser* pada *remote terminal*. Program antar muka (*interface*) ini disebut *Common Gateway Interface* (CGI) yang biasanya tersedia pada *Linux* [24].

2.8 Multi Sensor Sebagai Monitoring Kualitas Udara

2.8.1 Sensor TGS 2442 Sebagai Pendeteksi Karbon Monoksida (CO)

Karbon Monoksida (CO) adalah gas yang tak berwarna, tak berbau, dan tak berasa. Ia terdiri dari satu atom karbon yang secara kovalen berikatan dengan satu atom oksigen. Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksigen. Gas CO sebagian besar berasal dari sisa pembakaran dan emisi dan kendaraan bermotor. Gas CO sangat berbahaya apabila terhirup oleh manusia, terutama masalah pernapasan bahkan dapat menyebabkan kematian [25]. Pada gambar 2.7 sensor CO yang digunakan pada sistem ini adalah sensor TGS 2442, sensor ini merupakan sensor pendeteksi gas karbon monoksida (CO) yang memiliki fitur sedikit mengkonsumsi daya, ukuran yang minimalis, dan sensitifitas yang tinggi. Sensor ini bekerja pada tegangan referensi sebesar 5 V yang dihubungkan pada pemanas (Vh) dan Rs. Rs sendiri merupakan resistansi sensor yang terhubung pada pin 2 dan pin 3, selain sebagai tegangan referensi nilai Rs digunakan untuk *input* pada elemen pemanas (*heater*), pada pin 1 dan pin 2.



Gambar 2.7 Sensor Tgs 2442 [20]

Hambatan sensor (R_s) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R_s = ((V_{cc} \times R_L) / V_{out}) - R_L$$

dimana :

R_L = Hambatan antara kedua elektroda sensor (Ohm)

V_{cc} = Tegangan rangkaian (Volt)

V_{out} = Tegangan keluaran (Volt)

R_s = Hambatan *variable* sensor (Ohm)

2.8.2 Sensor MG-811 Sebagai Pendeteksi Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon Dioksidan (CO₂) adalah gas tak berwarna dengan kerapatan sekitar 60% lebih tinggi dari pada udara (1.225 g / L) yang tidak berbau pada konsentrasi yang biasanya ditemui. Karbon dioksida terdiri dari karbon atom kovalen ganda terikat ke dua oksigen atom. Ini terjadi secara alami di atmosfer bumi sebagai gas jejak dengan konsentrasi sekitar 0,04 persen (400 ppm) menurut volume.

Berikut adalah tingkat normal kada CO₂ pada ruangan terbuka :

- a. Tingkat luar normal: 350 - 450 ppm
- b. Tingkat yang dapat diterima: <600 ppm
- c. Keluhan kekakuan dan bau: 600 - 1000 ppm
- d. Standar ASHRAE dan OSHA: 1000 ppm
- e. Kantuk umum: 1000 - 2500 ppm
- f. Efek kesehatan yang merugikan mungkin diharapkan: 2500 - 5000 ppm
- g. Konsentrasi maksimum yang diizinkan dalam jangka waktu 8 jam kerja: 5000 - 10000 ppm
- h. Konsentrasi maksimum yang diizinkan dalam jangka waktu 15 menit : 30000 ppm.

Tingkat di atas cukup normal dan tingkat maksimum kadang kala terjadi dari waktu ke waktu. Secara umum - tingkat ventilasi harus menjaga konsentrasi karbon dioksida di bawah 1000 ppm untuk menciptakan kondisi kualitas udara dalam ruangan yang dapat diterima oleh kebanyakan individu [26]. Untuk deteksi CO₂ pada sistem ini menggunakan sensor MG-811, Modul sensor MG-811 yang

mampu melakukan pendeteksian gas karbon dioksida dengan *range* 350 - 10000 ppm dengan catu daya rangkaian 5V DC. Sensor MG-811 cocok digunakan pada sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan, sistem kontrol proses fermentasi, dll. Dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8 Sensor MG-811 [26]

2.8.3 Sensor GP2Y1010AU0F Sebagai Pendeteksi PM10

Particulate matter (PM) adalah istilah untuk partikel padat atau cair yang ditemukan di udara. Partikel dengan ukuran besar atau cukup gelap dapat dilihat sebagai jelaga atau asap. Sedangkan partikel yang sangat kecil dapat dilihat dengan mikroskop electron. Partikel berasal dari berbagai sumber baik mobile dan stasioner (diesel truk, woodstoves, pembangkit listrik, dan lain lain) [27]. Sensor PM yang digunakan pada sistem ini adalah sensor Sharp GP2Y1010AU0F, Sensor GP2Y1010AU0F adalah sensor debu yang memanfaatkan hamburan cahaya atau disebut dengan sistem penginderaan optik. Sensor ini dilengkapi dengan LED dan fotodiode yang diatur secara diagonal. Dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut ini.



Gambar 2.9 Sensor GP2Y1010AU0F [27]

2.8.4 Sensor TGS 2611 Sebagai Pendeteksi Hidro Carbon (HC)

Hidro karbon (HC) merupakan gas yang tidak begitu merugikan manusia, akan tetapi merupakan penyebab terjadinya kabut campuran asap (smoke). Pancaran hidro karbon yang terdapat pada gas buang berbentuk gasoline yang tidak terbakar. Hidrokarbon terdapat pada proses penguapan bahan bakar pada tangki, karburator, serta kebocoran gas yang melalui celah antara silinder engkol yang biasa disebut gas lalu. Untuk batas emisi gas hidrokarbon di Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup sudah ditetapkan ambang batas maksimum HC yaitu 2000 ppm untuk kendaraan beroda 2 dan beroda 3. Untuk kendaraan beroda 4 atau beroda lebih dari 4 ditetapkan ambang batas maksimum HC yaitu 200 ppm (part per million) [28]. Sensor HC yang digunakan pada sistem ini adalah sensor Sensor TGS 2611 dari figaro ini memiliki tingkat sensitivitas dan selektifitas yang baik terhadap gas metana (CH_4). Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas metana dan juga memiliki sebuah pemanas (heater) yang berfungsi untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Sensor TGS 2611 membutuhkan tegangan sumber sebesar 5 Volt yang teregulasi dengan baik. Sensor ini memerlukan dua buah tegangan masukan yakni tegangan pemanas (VH) dan tegangan rangkaian (VC). Dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut ini.

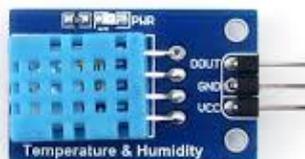


Gambar 2.10 Sensor Tgs 2611[26]

2.8.5 Sensor DHT-11 Sebagai Pendeteksi Suhu dan Kelembapan

Suhu merupakan suatu bentuk energi yang dapat berpindah dari suhu yang lebih tinggi ke suhu yang lebih rendah. Suhu lingkungan adalah tingkat panasnya udara di suatu tempat yang dinyatakan dalam derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$). Suhu tertinggi biasanya pada pukul 13.00 – 14.00 siang dan terendah pada pukul 04.00 - 05.00 pagi.

Kelembaban adalah kandungan uap air di dalam udara yang dapat diukur dengan higrometer dalam satuan %. Kelembaban udara berubah berbanding terbalik dengan perubahan suhu udara, yaitu bila udara dingin maka kelembaban meningkat dan bila udara panas maka kelembaban menurun [28]. Sensor suhu dan kelembapan yang digunakan pada sistem ini adalah sensor DHT-11 karena memiliki range pengukuran yang luas yaitu 0 sampai 100% untuk kelembaban dan -40 derajat celcius sampai 125 derajat celcius untuk suhu. Sensor ini juga memiliki output digital (single-bus) dengan akurasi yang tinggi. Dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut ini.

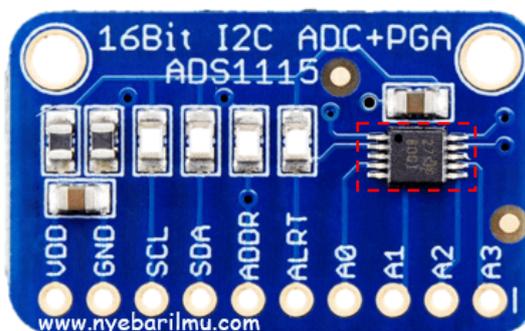


Gambar 2.11 Sensor DHT-11 [26]

2.9 Analog to Digital Converter

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran atau pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim

komputer seperti sensor suhu, gas, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistem digital (komputer). ADC (Analog to Digital Converter) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. *Kecepatan sampling* suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample per second (SPS). *Resolusi* ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC [28]. Dapat dilihat pada gambar 2.12 berikut ini.



Gambar 2.12 Analog Digital Converter [28]