BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Pengantar Komunikasi Data

Komunikasi dapat diartikan sebagai cara untuk menyampaikan atau menyebarluaskan *data* dan informasi, sedangkan *informasi* berarti berita, pikiran, pendapat dalam berbagai bentuk. Dari berbagai cara komunikasi manusia ini masih terdapat banyak kekurangan dan kelemahan, yaitu:

1. Jarak yang jauh (bahkan sampai menyeberangi lautan),
2. Waktu yang lama untuk menyampaikan pesan,
3. Biaya yang relatif mahal.

Kekurangan tersebut bisa diatasi seiring dengan perkembangan teknologi informasi. Komunikasi *data* merupakan cara mengirimkan *data* menggunakan sistem transmisi elektronik dari satu komputer ke komputer lain atau dari satu komputer ke terminal tertentu [1].

Di tahun 1970-an dan awal 1980-an terjadi pemanduan bidang ilmu komputer dengan komunikasi *data* yang secara drastis mengubah teknologi, produksi dan perusahaan yang sekarang merupakan kombinasi industri komunikasi dan komputer. Revolusi ini telah menghasilkan kenyataan yang menarik, antara lain:

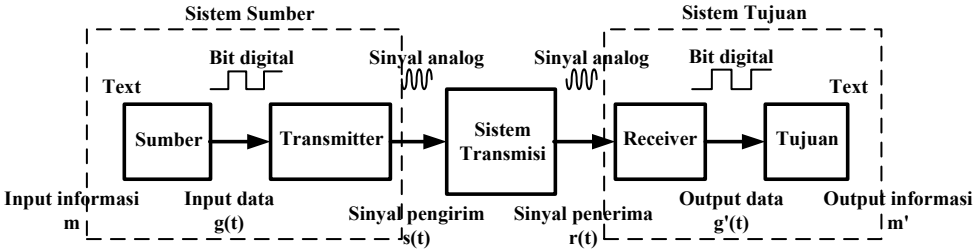
1. Tidak adanya perbedaan fundamental antara *data processing* (komputer) dan komunikasi *data* (perangkat transmisi dan pengalihan)
2. Tidak ada perbedaan fundamental antara komunikasi *data voice* (suara) dan *video*.
3. Jalur-jalur antara *Single-processor computer*, *multi-processor computer*, jaringan lokal, jaringan metropolitan dan jaringan jarak jauh sudah kabur.

2.1.1 Prinsip kerja komunikasi data

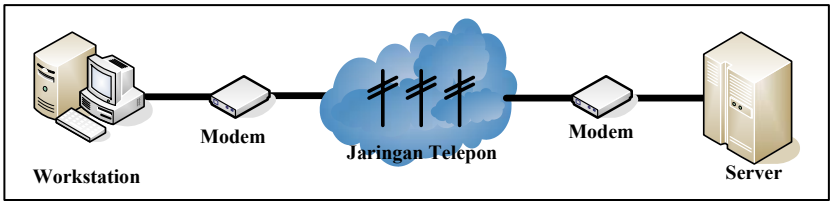
Komputer bekerja berdasarkan *data* dan *program*. *Data* merupakan bentuk lain dari informasi. Satu *data* dapat di bedakan dari *data* lainnya karena memiliki bentuk yang baku. Adapun *program* berfungsi untuk mengolah *data* di dalam komputer, tersimpan di dalam RAM dan *Harddisk*, menjadi sesuatu yang

diinginkan dan dapat dimengerti oleh manusia. Oleh karena itu, komputer berkomunikasi memakai data yang dip roses oleh sebuah program serta mengolah *data* tersebut menjadi informasi yang dimengerti pengguna komputer[2].

Kode ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) merupakan kode yang dipakai pada komputer. Tabel ASCII terdiri dari 256 karakter dari 0 desimal sampai 255 desimal. Misal, karakter A memiliki kode decimal 65 atau dalam kode binernya 01000001. Jika di layar monitor tampil karakter A, komputer hanya mengetahui bahwa ada data biner 01000001 yang terdiri atas 8 bit. Setelah komputer menerima semua bit, program akan menerjemahkan data 01000001 tadi sesuai dengan kode ASCII, yaitu karakter A.



(a) Blok diagram model komunikasi data secara umum



(b) Contoh model komunikasi data sederhana

Gambar 2.1 *Model komunikasi data*

Gambar 2.1 menjelaskan tentang informasi yang akan ditukar adalah sebuah pesan yang berlabel *m*. Informasi ini diwakili sebagai data *g* dan secara umum ditujukan ke sebuah transmitter dalam bentuk sinyal yang berubah terhadap waktu. Sinyal *g(t)* ditransmisikan, umumnya sinyal tidak akan dalam bentuk yang sesuai yang sesuai untuk transmisi dan harus diubah ke sinyal *s(t)* yang sesuai dengan karakteristik medium transmisi. Sinyal tersebut kemudian ditransmisikan melalui medium tersebut. Pada akhirnya sinyal *r(t)*, yang mana mungkin berbeda dengan *s(t)*, diterima. Sinyal ini kemudian diubah oleh pesawat penerima ke dalam bentuk yang sesuai untuk output. Pengubahan sinyal *g(t)* atau *data g* adalah

sebuah pendekatan atau perkiraan dari input. Akhirnya peralatan output akan menampilkan pesan perkiraan tersebut, *m'*, kepada perantara tujuan.

Pada gambar 2.1 terdapat beberapa komponen seperti:

1. Sistem sumber, merupakan komponen yang bertugas mengirimkan informasi, misalnya pesawat telepon dan PC (*Personal Computer*) yang terhubung dengan jaringan. Tugas sistem sumber adalah membangkitkan *data* atau informasi dan menempatkannya pada media transmisi.
2. *Transmitter*, berfungsi untuk mengubah informasi yang akan dikirim menjadi bentuk yang sesuai dengan media transmisi yang akan digunakan misalnya pulsa listrik, gelombang elektromagnetik, PCM (*Pulse Code Modulation*) dan sebagainya. Sebagai contoh, sebuah *modem* bertugas menyalurkan suatu *digital bit stream* dari suatu alau yang sebelumnya sudah dipersiapkan, misalnya PC, dan mentransformasikan aliran *bit* tersebut sebagai sinyal analog yang dapat melintasi jaringan telepon.
3. Sistem transmisi, merupakan jalur transmisi tunggal atau jaringan transmisi kompleks yang menghubungkan sistem sumber dengan sistem tujuan. Sistem transmisi ini bisa juga kabel, gelombang elektromagnetik atau yang lain.
4. Sistem tujuan, merupakan sistem yang sama dengan sistem sumber tetapi berfungsi untuk menerima sinyal dari sistem transmisi dan menggabungkannya ke dalam bentuk tertentu yang dapat ditangkap pleh sistem tujuan. Contoh *modem* berfungsi sebagai pesawat penerima akan menerima sinyal analog yang datang dan mengubahnya menjadi aliran bit digital agar dapat diterjemahkan oleh komputer.

2.1.2 Media transmisi dalam komunikasi data

Media transmisi merupakan suatu jalur fisik antara *transmitter* dan *receiver* dalam sistem transmisi *data*. Beberapa faktor yang berhubungan dengan media transmisi dan sinyal sebagai penentu *data rate* dan jarak adalah sebagai berikut:

1. *Bandwidth* (lebar pita)

   Semakin besar *bandwidth* sinyal maka semakin besar pula *data* yang dapat ditangani.

2. *Transmission Impairment* (Kerusakan Transmisi)

   Untuk media *guided*, kabel twisted pair secara umum mengalami kerusakan transmisi lebih daripada kabel *coaxial*, dan *coaxial* mengalaminya lebih daripada serat optik.

3. *Interference* (interferensi)

   Interferensi dari sinyal dalam pita frekuensi yang saling *overlapping* dapat menyebabkan *distorsi* atau dapat merusak sebuah sinyal.

4. Jumlah penerima (*receiver*)

   Media transmisi dapat digunakan untuk membangun sebuah media *point to point* atau sebuah hubungan yang dapat digunakan bersama-sama.

Media transmisi dapat berupa :

1. Sepasang kawat (*twisted pair*) tembaga dengan masing-masing pasangan membelit satu sama lain. Dengan membelit pasangan, hal itu akan meningkatkan mutu sinyal. Terdapat dua jenis media ini, yaitu: UTP (*Unshielded Twisted Pair*) dan STP (*Shielded Twisted Pair*).
2. Kabel *coaksial*: sering digunakan sebagai kabel pengantar gelombang *analog* pada TV.
3. Kabel serat optic: merupakan media yang memiliki kemampuan *transfer data* melebihi media *twisted pair* dan *coaksial*. Media transmisi yang digunakan adalah cahaya.
4. Free space: gelombang elektromagnetik dan gelombang radio.

2.1.3 Modulasi dan demodulasi data

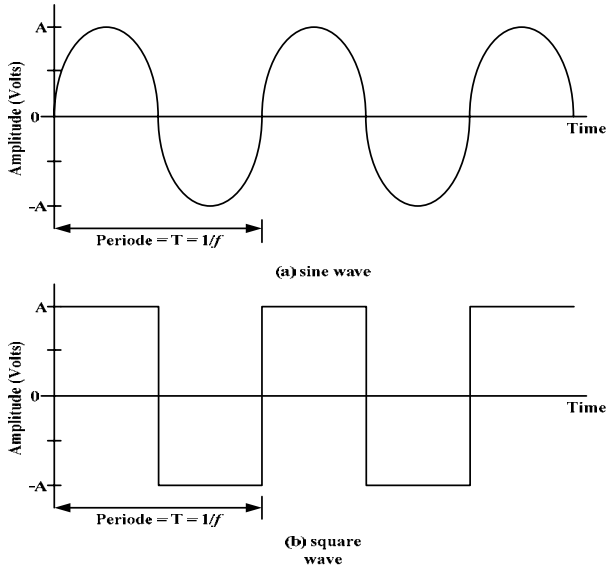
Setiap informasi yang dikirimkan melalui media transmisi harus disesuaikan dengan media transmisi yang digunakan. Proses penyesuaian ini disebut dengan Modulasi.

Bila suatu sinyal diubah dalam bentuk modulasi maka sinyal tersebut bisa menempuh jarak yang jauh sedangkan untuk menerjemahkan sinyal yang sudah dimodulasi kembali kebentuk semula disebut dengan Demodulasi.

2.1.4 Transmisi data

Transmisi data dibagi menjadi dua yaitu :

1. Sinyal *analog*, adalah sinyal data dalam bentuk gelombang yang sambung-menyambung (kontinu), tidak ada perubahan tiba-tiba dan mempunyai besaran, yaitu amplitudo dan frekuensi.
2. Sinyal *Digital*, merupakan sinyal *data* dalam bentuk pulsa yang dapat mengalami perubahan yang tiba-tiba dan mempunyai besaran 0 dan 1.



Gambar 2.2 *Transmisi data analog dan digital*

Tabel 2.1. *Perbedaan antara analog dan digital*

Analog	Digital
1. Dirancang untuk suara (*voice*). 2. Tidak efisien untuk *data*. 3. Banyak terdapat *noise* dan rentan kesalahan (error). 4. Kecepatan relative rendah. 5. *Overhead* tinggi. 6. Setiap sinyal *analog* dapat dikonversikan ke bentuk *digital*.	1. Dirancang untuk data dan suara. 2. Informasi *discrete-level*. 3. *Overhead* rendah. 4. Setiap sinyal dapat dikonversikan ke *analog*.

Permasalahan umun sinyal *analog* dan *digital* antara lain :

1. Atenuasi (*Attenuation*), merupakan pelemahan sinyal sesuai dengan fungsi jarak. Pengembalian kualitas sinyal dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan amplifier untuk sinyal *analog* dan *repeater* untuk sinyal *digital*.
2. *Delay distortion*, terjadi ketika komponen frekuensi yang berbeda berjalan pada kecepatan yang berbeda.
3. Derau/ *Noise*, merupakan tambahan sinyal yang tidak diinginkan masuk dimanapun di antara pengirim dan penerima. Derau dibagi menjadi empat kategori, yaitu : derau suhu (*thermal noise*), derau intermodulasi (*intermodulation noise*), derau *crosstalk*, dan derau *impuls*.
   a. Derau Suhu (*Thermal Noise*)

      Disebabkan oleh agitasi termal elektron dalam suatu konduktor. Sering dinyatakan sebagai *white noise*. Tidak dapat dilenyapkan. Besar *thermal noise* (dalam watt per 1 Hz *Bandwidth*). Dapat dinyatakan sebagai:

      $$N=k.T.B \qquad 2.1$$

      Dimana : N= *noise power density*

      k= konstanta Boltzman = 1.3803×10^{-23} J/˚K

      T = Temperatur (˚K)

      B= *Bandwidth*

      Derau suhu dalam watt ditampilkan dalam suatu *bandwith* B hertz dapat dinyatakan sebagai: N=kTB , atau dalam *desibel* watt.

      $$N = 10 \log k + 10 \log T + 10 \log B \qquad 2.2$$

      $$10 \log k = -228.6$$

   b. Derau Intermodulasi (*Intermodulation Noise*)

      Disebabkan sinyal pada frekuensi-frekuensi yang berbeda tersebar pada medium transmisi yang sama sehingga menghasilkan sinyal pada suatu frekuensi yang merupakan penjumlahan atau pengalian dari frekuensi-frekuensi asalnya. Misalnya, sinyal frekuensi f1 dan f2 maka akan mengganggu sinyal dengan frekuensi f1+f2. Hal ini timbul karena ketidak-linieran *transmitter*, *receiver* atau sistem transmisi.

c. *Crosstalk Noise*

Merupakan suatu penghubung antar sinyal yang tidak diinginkan. Dapat terjadi oleh hubungan elektrikal antara kabel yang berdekatan dan dapat pula karena energi dari gelombang mikro.

d. *Impulse Noise*

Terdiri dari pulsa-pulsa tak beraturan atau *spike noise* dengan durasi pendek dan dan amplituda yang relatif tinggi. Dihasilkan oleh kilat, kesalahan dan cacat pada sistem komunikasi. *Noise* ini merupakan sumber utama kesalahan dalam komunikasi *data digital* dan hanya merupakan gangguan kecil bagi *data analog*.

2.1.5 Sistem Transmisi menurut standar ANSI (*American National Standards Institute*)

1. *Simplex*, sinyal ditransmisikan dalam satu arah saja. Stasiun yang satu bertindak sebagai pengirim dan yang lain sebagai penerima.
2. *Half Duplex*, kedua stasiun dapat melakukan transmisi tetapi hanya sekali waktu dalam satu waktu.
3. *Full Duplex*, kedua stasiun dapat melakukan transmisi secara simultan, medium pembawa dalam dua arah pada waktu yang sama.

2.2 Wireless Local Area Network (WLAN)

2.2.1 Sejarah WLAN

Pada akhir 1970-an IBM mengeluarkan hasil percobaan mereka dalam merancang WLAN dengan teknologi IR, perusahaan lain seperti *Hewlett-Packard* (HP) menguji WLAN dengan RF. Kedua perusahaan tersebut hanya mencapai data rate 100 Kbps. Karena tidak memenuhi standar IEEE 802 untuk LAN yaitu 1 Mbps maka produknya tidak dipasarkan. Baru pada tahun 1985, (FCC) menetapkan pita *Industrial Scientific and Medical* (ISM band) yaitu 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz dan 5725-5850 MHz yang bersifat tidak terlisensi, sehingga pengembangan WLAN secara komersial memasuki tahapan serius. Barulah pada tahun 1990 WLAN dapat dipasarkan dengan produk yang

menggunakan teknik *spread spectrum* (SS) pada pita ISM, frekuensi terlisensi 18-19 GHz dan teknologi IR dengan data rate >1 Mbps.

Pada tahun 1997, sebuah lembaga independen bernama IEEE membuat spesifikasi/standar WLAN pertama yang diberi kode 802.11. Peralatan yang sesuai standar 802.11 dapat bekerja pada frekuensi 2,4GHz, dan kecepatan transfer *data* (*throughput*) teoritis maksimal 2Mbps.

Pada bulan Juli 1999, IEEE kembali mengeluarkan spesifikasi baru bernama 802.11b. Kecepatan *transfer data* teoritis maksimal yang dapat dicapai adalah 11 Mbps. Kecepatan *tranfer data* sebesar ini sebanding dengan Ethernet tradisional (IEEE 802.3 10Mbps atau 10Base-T). Peralatan yang menggunakan standar 802.11b juga bekerja pada frekuensi 2,4Ghz. Salah satu kekurangan peralatan *wireless* yang bekerja pada frekuensi ini adalah kemungkinan terjadinya interferensi dengan *cordless phone*, *microwave oven*, atau peralatan lain yang menggunakan gelombang radio pada frekuensi sama.

Pada saat hampir bersamaan, IEEE membuat spesifikasi 802.11a yang menggunakan teknik berbeda. Frekuensi yang digunakan 5Ghz, dan mendukung kecepatan *transfer data* teoritis maksimal sampai 54Mbps. Gelombang *radio* yang dipancarkan oleh peralatan 802.11a relatif sukar menembus dinding atau penghalang lainnya. Jarak jangkau gelombang radio relatif lebih pendek dibandingkan 802.11b. Secara teknis, 802.11b tidak kompatibel dengan 802.11a. Namun saat ini cukup banyak pabrik *hardware* yang membuat peralatan yang mendukung kedua standar tersebut.

Pada tahun 2002, IEEE membuat spesifikasi baru yang dapat menggabungkan kelebihan 802.11b dan 802.11a. Spesifikasi yang diberi kode 802.11g ini bekerja pada frekuensi 2,4Ghz dengan kecepatan *transfer data* teoritis maksimal 54Mbps. Peralatan 802.11g kompatibel dengan 802.11b, sehingga dapat saling dipertukarkan. Misalkan saja sebuah komputer yang menggunakan kartu jaringan 802.11g dapat memanfaatkan access point 802.11b, dan sebaliknya.

Pada tahun 2006, 802.11n dikembangkan dengan menggabungkan teknologi 802.11b, 802.11g. Teknologi yang diusung dikenal dengan istilah MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) merupakan teknologi Wi-Fi terbaru.

MIMO dibuat berdasarkan spesifikasi Pre-802.11n. Kata ”Pre-” menyatakan “*Prestandard versions* of 802.11n”. MIMO menawarkan peningkatan *throughput*, keunggulan reabilitas, dan peningkatan jumlah klien yg terkoneksi. Daya tembus MIMO terhadap penghalang lebih baik, selain itu jangkauannya lebih luas sehingga Anda dapat menempatkan laptop atau klien Wi-Fi sesuka hati. *Access Point* MIMO dapat menjangkau berbagai perlatan Wi-Fi yg ada disetiap sudut ruangan. Secara teknis MIMO lebih unggul dibandingkan saudara tuanya 802.11a/b/g. Access Point MIMO dapat mengenali gelombang *radio* yang dipancarkan oleh adapter Wi-Fi 802.11a/b/g. MIMO mendukung kompatibilitas mundur dengan 802.11 a/b/g. Peralatan Wi-Fi MIMO dapat menghasilkan kecepatan *transfer data* sebesar 108Mbps.

Jaringan selular adalah pengembangan dari jaringan telepon kabel yang mulai berkembang selama pertengahan abad ke-20. Cakupan areanya berkisar antara 1-2km sel-sel, contoh dari standar adalah GSM, IS-136, IS-95. standar dasarnya bertujuan untuk memfasilitasi komunikasi suara di seluruh area metropolitan.Selama pertengahan 1980-an, ternyata bahwa cakupan area yang lebih kecil bahkan diperlukan untuk pengguna yang lebih tinggi dan kepadatan lalu lintas data yang muncul. Kelompok kerja IEEE 802.11 untuk WLAN yang dibentuk untuk menciptakan jaringan area lokal nirkabel standar.

2.3 Wireless *Sensor* Network (WSN)

Sensor adalah suatu *device* yang berfungsi untuk mengkonversi besaran fisis ke besaran fisis lain seperti listrik. Kumpulan dari beberapa *wireless sensor* jika masing-masing diletakkan secara spesial dan diatur konfigurasinya, dapat disebut dengan WSN (*Wireless Sensor Network*).

WSN (*Wireless sensor network*) merupakan jaringan *wireless* alat yang menggunakan *sensor* untuk memonitor fisik atau kondisi lingkungan sekitar,seperti suhu, suara, getaran, gelombang elektromagnetik, tekanan, gerakan, dan lain-lain.

Perkembangan dari WSN sebenarnya sudah dimulai dari kebutuhan dalam bidang militer seperti pemantauan pada saat perang di medan perang. tapi

sekarang WSN sudah digunakan dalam bidang industri dan penggunaan untuk kemudahan masyarakat sipil, melingkupi pengawasan dan pengontrolan proses dalam industri, mesin pengawasan kesehatan, pemantau kondisi lingkungan, aplikasi untuk kesehatan, otomatisasi pada rumah, dan pengaturan pada lalu lintas.

Dalam penambahan pada satu atau lebih suatu *sensor*,masing-masing node dalam WSN biasanya dilengkapi dengan *radio tranciever* atau alat komunikasi *wireless* lainnya, mikro-kontroler kecil,dan sumber energi, biasanya baterai. Untuk ukuran *node sensor* pada WSN memiliki kisaran node *sensor* yang bisa mencapai besar dari sebuah kotak sepatu hingga seukuran debu. Aplikasi dan penggunaan dari WSN ada banyak dan bervariasi, tapi umumnya adalah untuk *monitoring, tracking dan controlling*. aplikasi spesifik dari WSN misalnya adalah pengontrolan reaktor nuklir, pendeteksi api, dan monitoring lalu lintas.

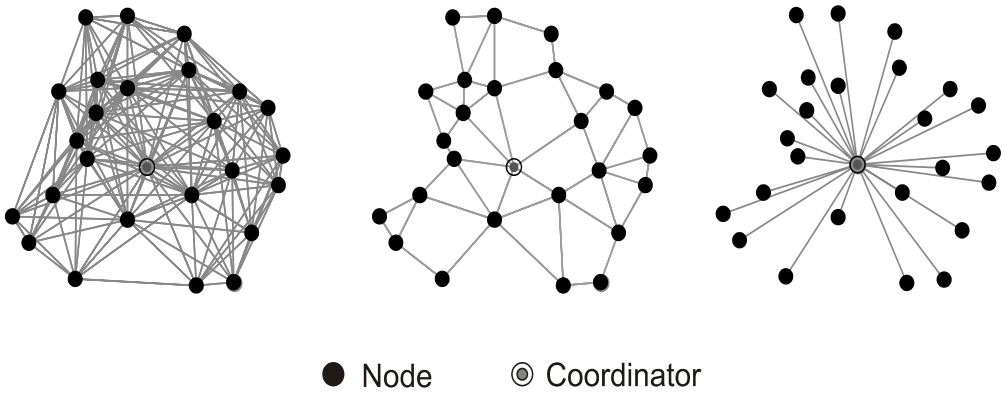
Pengawasan suatu daerah (*area monitoring*) adalah suatu hal yang umum dalam aplikasi WSN. Dalam *area monitoring*, WSN disebarkan secara merata ke sebuah daerah untuk mengamati sebuah fenomena tertentu, seperti penggunaan WSN pada medan perang yang disebarkan secara merata untuk mendeteksi pergerakan musuh sebagai ganti dari penggunaan dari ranjau darat. Ketika *sensor* mendeteksi kejadian(panas, gerakan, getaran, suara, medan *electromagnet*, dan lain-lain) yang terjadi pada daerah yang dimonitori , aktivitas yang terjadi harus dilaporkan ke salah satu dari *base stations*, yang mana akan ada dilanjutkan aksi-aksi yang sudah ditentukan (misalnya mengirimkan pesan melalui internet atau melalui satelit). Tergantung pada data atau aplikasi yang digunakan, beda fungsi yang dipakai memerlukan propagasi *data* yang berbeda.

Aplikasi lain dari penggunaan WSN adalah untuk pengawasan lingkungan (*environmental monitoring*). Kebanyakan dari penggunaan ini, WSN memiliki waktu aktif yang pendek. Biasanya digunakan untuk proyek pengamatan gejala-gejala alam.

Beberapa karakteristik yang unik dari wireless *sensor* network antara lain :

1. Daya / *Power* yang terbatas yang dapat disimpan atau diolah.
2. Kemampuan untuk bertahan pada lingkungan yang tidak mudah untuk dijangkau dan di kontrol secara terus menerus.

3. Kemampuan untuk mengatasi kesalahan *node*.
4. Mobilitas dari *node*.
5. Topologi jaringan yang dinamis.
6. Penyebaran dengan skala besar.



Gambar 2.3 *Topologi Jaringan Sensor; (a) Fully Connected; (b) Mesh / Cluster; (c) Star*

Sensor node diibaratkan seperti komputer kecil, sangat *basic* pada bagian permukaan tampilan dan komponen-komponen yang ada di dalamnya. Komponen-komponen tersebut biasanya terdiri dari satu unit pemroses dengan *computational power* yang terbatas dan memori yang terbatas, *sensor*(termasuk *sensor* dengan kondisi yang khusus), alat komunikasi (biasanya *radio tranciever*), sumber tenaga yang kecil, biasanya berbentuk *baterai*. Kemungkinan yang lain adalah sebuah modul pengolahan energi, dan alat komunikasi cadangan/kedua. Sebuah WSN umumnya terdiri atas bagian-bagian berikut :

1. *Transceiver*, Berfungsi untuk menerima / mengirim data dengan menggunakan protokol IEEE 802.15.4 kepada *device* lain seperti *concentrator*, *modem Wifi*, dan *modem* RF.
2. *Mikrokontroler*, Berfungsi untuk melakukan fungsi perhitungan, mengontrol dan memproses *device-device* yang terhubung dengan mikrokontroler.
3. *Power Source*, Berfungsi sebagai sumber energi bagi sistem WSN secara keseluruhan.
4. *External Memory,* Berfungsi sebagai tambahan memory bagi sistem WSN, pada dasarnya sebuah unit mikrokontroler memiliki *unit memory* sendiri.

5. *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.

2.3.1 Fungsi *Wireless sensor network* (WSN)

Wireless *Sensor* biasanya digunakan untuk fungsi-fungsi berikut :

1. *Monitoring*

WSN akan mengukur suatu besaran fisis misal : suhu, tekanan, kelembaban, dan lain-lain dan mengirimkan datanya kepada sebuah data *concentrator*. Berdasarkan *data* yang terkumpul tersebut, kemudian data bisa ditampilkan dalam bentuk grafik, diambil keputusan tertentu berdasarkan *event-trigger.*

2. *Controll*

Fungsi pengontrolan pada WSN ini jarang dilakukan, dan umumnya dilakukan pada penggunaan WSN dengan skala kecil dan umumnya fungsi kontrolnya terbatas. Fungsi kontrol dilakukan jika *pin output* dari mikrokontroler dihubungkan langsung dengan aktuator pada plant.

2.3.2 Keuntungan dan kerugian dari WSN

Keunggulan Penggunaan WSN ini diantaranya adalah :

1. Simpel / praktis / ringkas karena tidak perlu ada instalasi kabel yang rumit dan dalam kondisi geografi tertentu sangat menguntungkan dibanding WSN.
2. *Sensor* menjadi bersifat *mobile*, artinya pada suatu saat dimungkinkan untuk memindahkan *sensor* untuk mendapat pengukuran yang lebih tepat tanpa harus khawatir mengubah desain ruangan maupun susunan kabel ruangan.

Kerugian dengan digunakannya WSN dibanding *wired sensor* adalah :

1. Beban / *Load* yang lebih tinggi dibanding *wired sensor*, menjadikan *data rate* menjadi lebih rendah.
2. Semakin banyak *sensor* semakin besar *collision domain*, menjadikan sisi keamanan menjadi semakin rendah, dan *transfer rate* semakin menurun lagi.
3. Adanya *maintenance* rutin untuk mengganti *baterai* yang telah habis.

2.3.3 Standar komunikasi WSN berbasis *Zigbee*

Dalam Pengoperasiannya pada Layer 2 OSI *Layer*, *Wireless Sensor* menggunakan standar komunkasi wireless yaitu IEEE 802.15.4

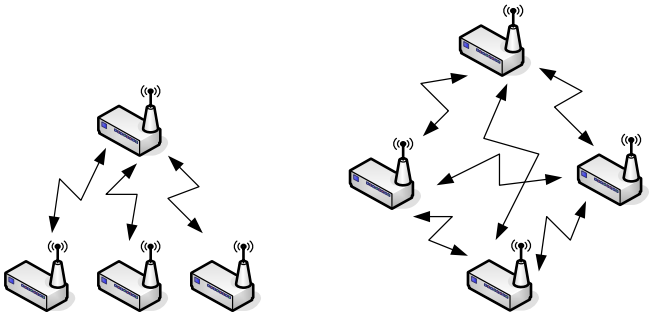
Protokol IEEE 802.15.4 ini merupakan salah satu macam dari protokol-protokol pada WPAN (Wireless Personal Area Networks), salah satu contoh dari WPAN yang lainnya adalah *bluetooth.* Protokol IEEE 802.15.4 ini merupakan standar untuk gelombang *radio* (RF). Protokol ini bekerja pada *data rate* yang rendah agar baterai bisa tahan lama, dan sederhana. Suatu *device* yang menggunakan protokol ini, dapat terkoneksi dengan baik pada radius maksimal 10 m dan dengan data rate maksimal 250 Kbit/s dengan alat lainnya.

Protokol ini menggunakan 3 pita frekuensi untuk keperluan operasionalnya, seperti :

1. 868-868.8 MHz untuk daerah Eropa.
2. 902-928 MHz untuk daerah Amerika Utara.
3. 2400-2483.5 MHz untuk daerah lainnya diseluruh dunia.

ZigBee merupakan salah satu vendor yang mengembangkan layer-layer diatas layer untuk IEEE 802.15.4 ini. Pada perkembangannya saat ini, protokol ini sudah mendukung penggunaan Ipv6 (*Internet Protocol version 6*), dengan ditandai lahirnya RFC 4919 dan RFC 4944.

Konfigurasi *Wireless Sensor Network* yang memanfaatkan protokol IEEE 802.15.4, dapat digambarkan sebagai berikut :



(a) *Infrastruktur* (b) *Mode Ad Hoc*

Gambar 2.4 *Konfigurasi Wireless Sensor Network yang memanfaatkan protokol IEEE 802.15.4*

2.4 IEEE 802.15.4 dan *Zigbee*

Umumnya *Wireless Personal Area Network* (WPAN) memiliki jarak komunikasi maksimal 10m saja. Lebih pendek dibandingkan dengan *Wireless Local Area Network*(WLAN). *ZigBee* berada dalam WPAN bersama Bluetooth dan UWB (Ultra Wide Band). Ketiga tekologi inilah yang sekarang sedang menjadi perhatian dunia dalam bidang teknologi WPAN, khususnya yang masih tergolong baru.

Juga masuk dalam standar keluarga IEEE 802.15 bersama *Bluetooth* (802.15.1) dan UWB (802.15.3) dengan kode standar IEEE 802.15.4. Dibandingkan dengan Bluetooth dan UWB, *ZigBee* hanya memiliki kecepatan komunikasi maksimal 250kbps saja. Jarak maksimal komunikasinya pun pendek (10m-70m). Tapi memiliki kelebihan pada pengoperasiannya yang sangat mudah, bentuknya kecil, murah dan membutuhkan daya yang sangat rendah (*low power consumption*) dibandingkan dengan kedua keluarganya yang lain, *Bluetooth* dan UWB.

Menggunakan tiga buah band frekuensi yang digunakan secara berbeda-beda. Untuk saat ini frekuensi 915MHz digunakan di Amerika, 868MHz di Eropa, dan 2.4GHz di Jepang. Untuk *physical* dan MAC layer nya sendiri menggunakan standar IEEE 802.15.4. Untuk layer-layer diatasnya (data *link*, *network*, dan aplikasi *interface*) ditentukan oleh *ZigBee* Alliance (tercatat ada 124 perusahaan pengembang teknologi sampai Januari 2005).

Merupakan padanan dari kata *Zig* dan *Bee*. *Zig* berarti gerakan zig-zag dan *Bee* berarti lebah. Karena memiliki sifat komunikasi yang mirip dengan komunikasi diantara lebah yang melakukan gerakan-gerakan tidak menentu dalam menyampaikan informasi adanya madu ke lebah yang satu ke lebah yang lainnya. Saat ini *trade mark* logo digunakan oleh *Koninklijke Philips Electronics* N.V. Tentu kita bertanya-tanya, apa yang dapat dilakukan oleh yang hanya memiliki kecepatan komunikasi 250kbps, sementara *Bluetooth* sanggup melakukan komunikasi dengan kecepatan maksimal sampai 3Mbps dan terlebih UWB yang memiliki kecepatan komunkasi 480Mbps. Memang betul, tidak mungkin digunakan untuk komunikasi-komunikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi

seperti untuk transmisi multimedia suara, *video* atau *data-data* yang besar. Tetapi pada sisi kehidupan kita sehari-hari yang lain, kita justru lebih sering bersentuhan pada hal-hal yang sifatnya pengontrolan informasi-informasi *sensor* yang tidak membutuhkan kecepatan pengiriman data yang tinggi. Seperti aplikasi *sensor-sensor* yang umumnya kita gunakan saat ini. Misalnya *sensor* suhu, kelembaban, cahaya, tekanan dan lain-lain. Komunikasi antar *sensor-sensor* (*network sensor*) inilah yang sebenarnya lebih banyak dibutuhkan pada rumah dan pabrik-pabrik.

Di sinilah memegang peranan yang tidak dapat dilakukan oleh WPAN lainnya. *ZigBee* dapat melakukan komunikasi dengan 65000 node *ZigBee* dalam waktu yang bersamaan dengan metode komunikasi *multihop ad-hoc* tanpa harus melakukan pengaturan apa pun padanya. Jenis komunikasi dalam bentuk bintang (*star*) maupun pohon (*tree*) dapat dilakukan sesama tanpa memerlukan *base station* atau *access point*, sehingga dapat melakukan komunikasi secara acak (*mesh network*).

Keunikan lain yang dimiliki oleh adalah dapat dioperasikan dengan sebuah baterai (tipe kancing) selama satu tahun lebih *non stop* pada peralatan-peralatan *sensor* . Karena memiliki *protocol stack* yang sangat sederhana, *ZigBee* dapat mengirimkan data sepanjang 127 huruf (127 byte) saja. Data sekecil ini sangat bisa dikirim oleh yang memiliki kecepatan pengiriman 250kbps, dan dapat mengurangi beban *host* CPU. Bila pada *Bluetooth* minimal dibutuhkan komputer mikro 32 bit, maka dengan *ZigBee* hanya membutuhkan komputer mikro 4 atau 8 bit saja. Selain itu, *Bluetooth* membutuhkan waktu inisialisasi sistem puluhan detik, sementara *ZigBee* hanya membutuhkan 30ms (sedangkan dari kondisi tidur/*sleep* sampai bangunya hanya perlu 15ms) saja. Ini sangat cocok untuk peralatan-peralatan *sensor* yang membutuhkan operasi kecepatan waktu ON/OFF nya tinggi.

Teknologi *ZigBee* merupakan teknologi dengan *data rate* rendah (*Low Data Rate*), biaya murah (*Low cost*), protokol jaringan tanpa kabel yang ditujukan untuk otomasi dan aplikasi *remote control*. Komite IEEE 802.15.4 kemudian mulai bekerja pada standar *data rate* rendah tidak lama kemudian. Aliansi dan IEEE kemudian memutuskan untuk bergabung dan merupakan nama komersiil

dari teknologi ini. diharapkan mampu memberikan biaya yang murah serta daya yang rendah untuk koneksitas antara peralatan dengan konsumsi daya baterai hingga beberapa bulan atau bahkan beberapa tahun tetapi tidak memerlukan transfer data setinggi yang digunakan *Bluetooth*.

Tabel 2.2 *ZigBee Vs Bluetooth*

Parameter	*ZigBee*	*Bluetooth*
Kecepatan *Transfer Data*	250kbps	3Mbps
Jarak Jangkauan	10m - 50m	>50m
Memori Flash	16 - 60KB	>60KB
Metode Komunikasi Jaringan	*Multihop Ad-Hoc*	*Ad-hoc*, diantara peralatan yang mendukung.
Spesifikasi Komputer	8 *bit*	32 *bit*
Waktu inisialisasi sistem	30ms (sedangkan dari kondisi diam / *sleep* sampai bangun / *wakeup* hanya perlu 15ms)	>30ms
Kapasitas Transfer Data	127 huruf (127 *byte*).	> 127 huruf (127 *byte*). Transfer file *Screen* grafik, gambar, *audio*.

2.4.1 Prinsip kerja *Zigbee*

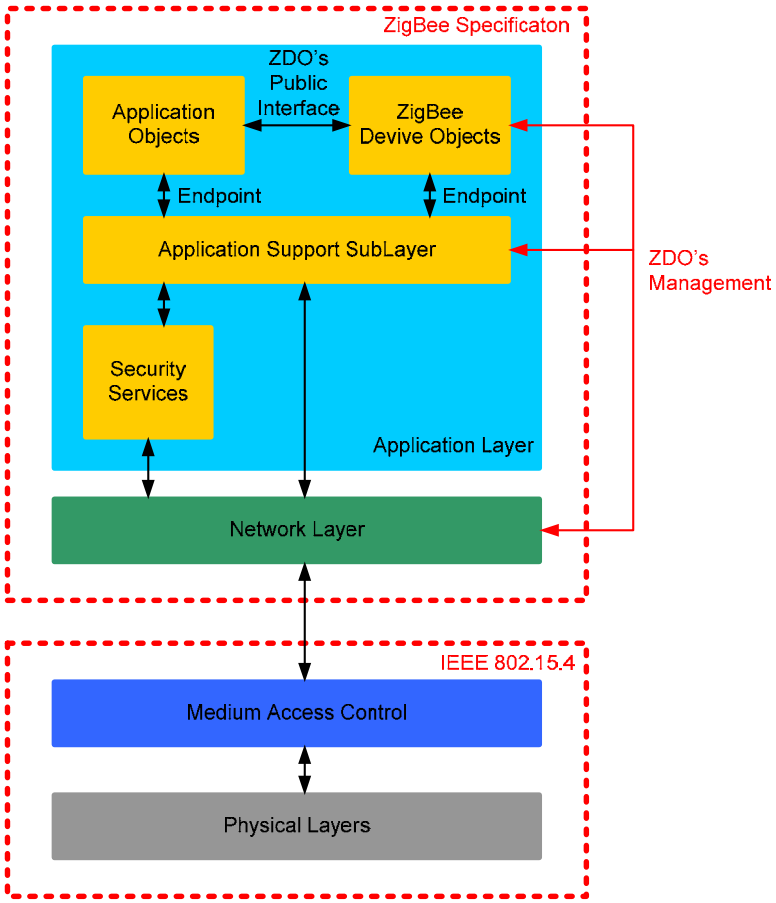
Memanfaatkan penuh kelebihan dari *physical radio* yang amat berguna dari standar IEEE 802.15.4. *ZigBee* menambahkan jaringan logika, keamanan (*security*) dan perangkat aplikasinya (*Application Software*).

2.4.2 *Zigbee* Protocol *Stack* Layer

Stack protokolnya terdiri atas PHY dan MAC layer dari IEEE, *Network/Security layer* serta *Application framework* dari *ZigBee* Alliance *flatform*

serta *Application/Profiles* yang bisa berasal dari *ZigBee* atau OEM. Fitur dari *Stack Protocol* seperti:

1. Mudah diaplikasikan dengan mikrokontroler berkapasitas rendah seperti mikrokontroler 8 bit 80C51 dari ATMEL.
2. Memiliki *stack protocol* yang sangat *Compact.*
3. Mendukung hingga *slave* yang amat sederhana sekalipun.



Gambar 2.5 *Protocol Stack Layer*

Tugas masing-masing bagian dari protocol *ZigBee*:

1. Layer Aplikasi (*Application layer*)

Merupakan bagian yang mengkoordinasikan antara kode khusus aplikasi antara driver perangkat keras dengan segala sesuatu yang diperlukan pada suatu

proyek pembuatan aplikasi. Dibagian ini mencakup ZDO's (*Device Objects*) berperan untuk:

a. Menentukan peranan dari perangkat ke jaringan (misal sebagai Koordinator *ZigBee* atau hanya perangkat akhir).
b. Melakukan inisiatif atau merespon permintaan *binding*
c. Memastikan koneksi yang aman diantara salah satu perangkat keamanan *ZigBee* seperti *public key, symmetric key*, dan lain sebagainya.

2. Layer pendukung aplikasi (*Application Support layer*)

Bagian terendah dari layer aplikasi yang memberikan layanan:

a. Pencarian (*Discovery*): berkemampuan mencari perangkat lain yang bekerja didalam wilayah operasi sebuah perangkat.
b. *Binding*: menyatukan 2 atau lebih perangkat berdasarkan layanan masing-masing dan kebutuhannya dan juga melanjutkan pesan diantara perangkat perangkat pembatas.

3. Layer jaringan (*Network layer*)

Secara dinamis melakukan fungsi-fungsi yang berhubungan dengan jaringan seperti :

a. Secara dinamis mengatur, mengkonfigurasi jaringan serta *self healing beast*.
b. Pengamatan dari titik-titik terminal.
c. Melakukan fungsi *routing* dan keamanan.

4. MAC layer

Menerapkan pengalamatan berdasarkan 64- bit IEEE dan pengalamatan pendek 16-*bit*. MAC mengkoordinasi *transceiver* untuk mengakses jalur radio bersama (*shared radio link*). Karakteristik jaringan:

a. Kemampuan jaringan maksimum bisa mencapai 2^{64} *node*.
b. Menggunakan pengalamatan lokal, jaringan sederhana hingga 65000 (264) *node* dapat dibentuk.

5. Physical layer

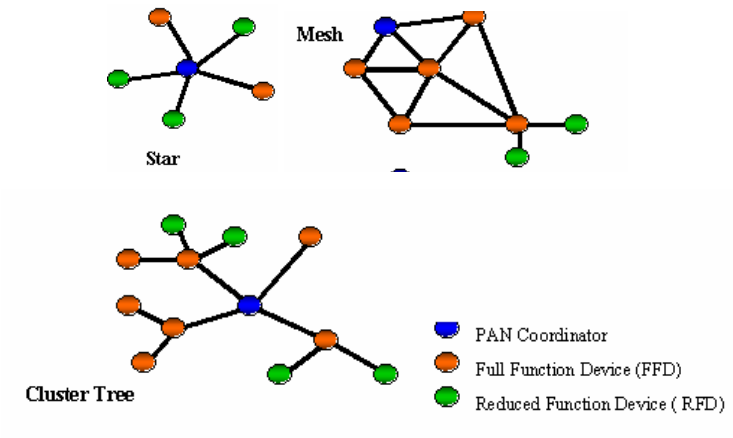
Frekuensi kerja dan *Data rate* dari *ZigBee* didunia pada saat ini frekuensi 915MHz digunakan di Amerika, 868MHz di Eropa, dan 2.4GHz di Jepang/ Asia.

2.4.3 Karakteristik dan Topologi jaringan

Karakteristik dasar dari sebuah jaringan *ZigBee*:

1. Memiliki hampir 65536 *node* jaringan (*Client*).
2. Optimatisasi untuk aplikasi yang kritis terhadap waktu.
3. Koneksi ke jaringan: 30 ms (tipikal)
4. Waktu aktifasi dari *sleep slave*: 15ms (tipikal)
5. Akses kanal slave aktif: 15 ms (tipikal)

ZigBee memiliki 3 topologi model jaringan yaitu topologi star, Mesh (Peer to Peer) serta Cluster Tree.



Gambar 2.6 *Model Topologi Jaringan berbasis*

a. Topologi *Star*

Pada topologi star komunikasi dilakukan antara perangkat dengan sebuah pusat pengontrol tunggal, disebut sebagai koordinator PAN (*Personal Area Network*). Aplikasi dari topologi ini bisa untuk otomasi rumah, perangkat personal computer (PC), serta mainan anak-anak. Setelah sebuah FFD diaktifkan untuk pertamakali maka ia akan membuat jaringannya sendiri dan menjadi koordinator PAN. Setiap jaringan star akan memilih sebuah pengenal PAN yang tidak sedang digunakan oleh jaringan lain didalam jangkauan radionya. Ini akan mengijinkan setiap jaringan star untuk bekerja secara tersendiri.

b. Topologi *Mesh* (*Peer to peer*)

Dalam topologi *peer to peer* juga hanya ada satu koordinator PAN. Berbeda dengan topologi *star*, setiap perangkat dapat berkomunikasi satu sama

lain sepanjang ada dalam jarak jangkauannya. *Peer to peer* dapat berupa *ad hoc, Self-organizing* dan *self healing*. Penerapannya seperti pengaturan di industri dan pemantauan, jaringan *sensor* tanpa kabel, pencarian aset dan inventory yang akan mendapat keuntungan dengan memakai topologi ini.

c. Topologi *Cluster Tree*

Cluster tree merupakan sebuah model khusus dari jaringan *peer to peer* dimana sebagian besar perangkatnya adalah FFD dan sebuah RFD mungkin terhubung ke jaringan *cluster tree* sebagai node tersendiri di akhir dari percabangan. Salah satu dari FFD dapat berlaku sebagai koordinator dan memberikan layanan sinkronisasi ke perangkat lain dan koordinator lain. Hanya satu dari koordinator ini adalah koordinator PAN.

Koordinator PAN membentuk *cluster* pertama dengan membentuk *Cluster head* (CLH) dengan sebuah *cluster identifier* (CID) nol, memilih sebuah pengenal PAN yang tidak terpakai dan memancarkan frame-frame *beacon* ke perangkat sekitarnya. Sebuah perangkat menerima frame beacon mungkin meminta untuk bergabung ke network CLH. Jika koordinator PAN mengijinkan untuk bergabung, maka akan menambahkan perangkat baru ini sebagai perangkat turunannya dalam daftar perangkat disekitarnya. Proses ini berlanjut dilakukan oleh perangkat yang baru itu ke perangkat sekitarnya. Keuntungan dari struktur *cluster* adalah peningkatan daerah jangkauan seiring dengan peningkatan biaya untuk *latency* pesan.

2.4.4 Keuntungan menggunakan *Zigbee*

Keunggulan utama dari *ZigBee* adalah berdaya rendah (*low power*) sehingga meskipun hanya disuplai dengan baterai biasapun mampu untuk dihidupkan, melakukan pengecekan, mengirim data dan mematikan hanya dalam waktu kurang dari 30 ms. Ini akan membuat baterai menjadi tahan lama. Jika sebuah titik disusun untuk penggunaan *frame beacon* dan GTS saja maka waktu on-air bisa ditekan hingga 3 ms. Hal ini bisa dicapai dengan hanya sebuah IC transceiver dengan fungsi PHY dan MAC serta pekerjaan ringan yang cukup dijalankan dengan mikrokontroler 8 bit. Keperluan memori flash *ZigBee* berkisar

antara 16 hingga 60 KB bergantung dari kerumitan peralatan, fitur dari *stack* serta apakah sebuah perangkat RFD atau FFD.

2.4.5 Modul ZigBit™ Amp

ZigBit ™ Amp adalah sebuah modul OEM yang *ultra-compact*, memiliki *range* / jangkauan yang luas, berdaya listrik rendah, dengan sensivitas tinggi sebesar 2.4GHz yang terdapat pada modul OEM 802.15.4 / dari *MeshNetics*, yang menempati kurang dari satu inci persegi tempat. platform perangkat keras AVR Z-Link terakhir Atmel, *amplifier* tenaga dan *amplifier* suara *noise* yang rendah, *ZigBit* Amp menawarkan kombinasi kemampuan *radio* lebih besar yang tak dapat dibandingi, konsumsi tenaga yang sangat rendah dan kemudahan integrasi yang luar biasa.

. Berdasarkan pada inovatif sinyal campuran *hardware* platform Atmel, modul ini ditingkatkan oleh *output power amplifier* dan *input low-noise amplifier*, dan dirancang untuk penginderaan nirkabel, monitoring & kontrol dan aplikasi akusisi data. Modul *ZigBit Amp* mengurangi kebutuhan untuk pengembangan RF yang mahal, memakan waktu, dan mempersingkat waktu untuk pasar dari aplikasi nirkabel dengan syarat panjang jangkauan yang di tentukan.

ZigBit Amp memuat Atmega1281V *Microcontroller* dan AT86RF230 RF Transceiver Atmel[3],[4]. Modul ini menonjolkan flash memory 128K byte dan RAM 8K byte.

Integrasi *Output Power Amplifier* dan *input Low-Noise Ampli-fier* yang semuanya sudah terintegrasi di dalam satu chip (*all-in-one-chip*) yang solid ini, bersama dengan tombol-tombol RF memungkinkan kontrol digital front-end RF eksternal untuk meningkatkan secara dramatis kemampuan jangkauan *ZigBit* pada pengiriman sinyal dan meningkatkan kepekaannya. Hal ini menjamin hubungan yang stabil dengan daerah cakupan yang lebih besar tanpa penambahan ukuran modul yang berarti. Penghubung koaksial HF Y.FL yang digunakan pada modul ZDM-A1281-PN (MNZB-A24B-UFL) memungkinkan pengguna untuk memilih antena eksternal yang tepat untuk setiap jenis aplikasi[5].

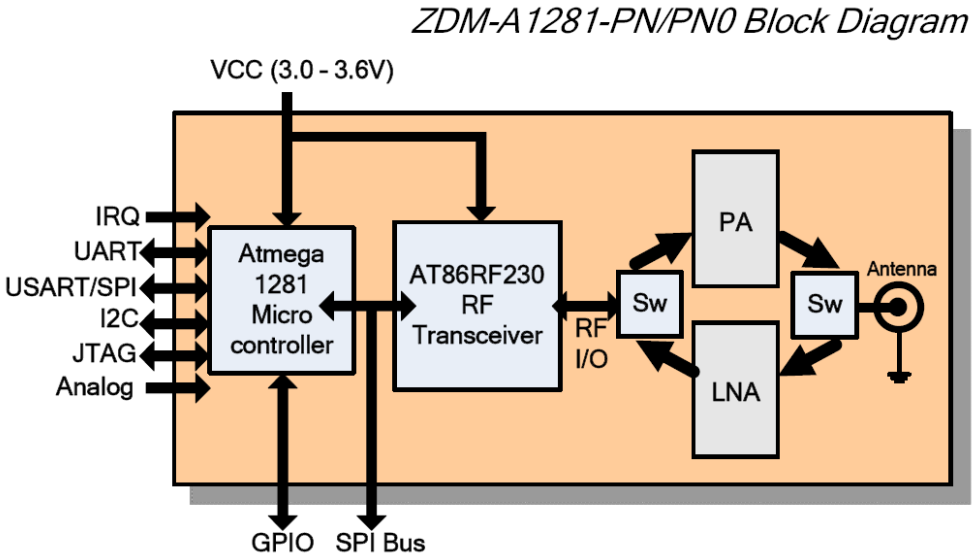
ZigBit Amp telah memuat model RF/MCU lengkap dengan mencakup semua komponen pasif yang diperlukan. Modul dapat mudah dipasang pada PBC

2 layer sederhana dengan hubungan eksternal minimum yang diperlukan. Dibandingkan dengan solusi satu chip (*single chip*), solusi berbasis modul ini menawarkan penghematan yang sangat besar dalam hal waktu pengembangan dan biaya NRE per unit selama perencanaan, pembuatan prototip, dan tahap-tahap produksi massal pengembangan produk.

Untuk memulai evaluasi dan pengembangan, MeshNetics juga menawarkan seperangkat alat evaluasi dan pengembangan yang lengkap. Alat Pengembangan ZigBit Amp yang baru ini muncul dengan segala sesuatu yang anda butuhkan untuk menciptakan aplikasi-aplikasi biasa di sekitar modul *ZigBit Amp*[6].

Perangkat ini dikembangkan dengan sebuah penghubung untuk perluasan/pengembangan yang mudah diakses untuk memasang *sensor-sensor* yang berbeda dan perangkat lainnya, dan sebuah konektor JTAG untuk meng-uploading dan debugging aplikasi yang mudah.

Alat ini juga berisi contoh sampel aplikasi-aplikasi dalam bentuk C untuk mempercepat pengemgangan aplikasi, membuika lapisan hubungan perangkat keras sumber dan *driver-driver* acuan untuk semua hubungan modul, lingkungan pengembangan intuitif dari Atmel, dan kumpulan catatan-catatan aplikasi dan pengajaran-pengajaran tambahan produk yang luas.



Gambar 2.7 *Diagram Block Modul ZigBit™ Amp*

Modul-modul ZigBit Amp muncul bersama dengan *Net*, *stack* perangkat lunak yang terpasang tetap pada generasi ke 2 dari *MeshNetics. ZigBee*Net sepenuhnya sesuai dengan standar-standar *ZigBee* PRO dan untuk sensing dan kontrol tanpa kabel, dan ia memberikan sekumpulan API tambahan yang, sambil mempertahankan pemenuhan standar tersebut 100%, menawarkan fungsionalitas yang luas yang dirancang dengan waktu yang sebaik-baiknya dari pengembang dan mudah digunakan[7].

Tergantung pada keperluan-keperluan model dari pengguna akhir, ZigBit Amp dapat beroperasi sebagai sebuah node *sensor* yang berdiri sendiri, dimana ia akan berfungsi sebagai MCU tersendiri, atau dapat dipasangkan dengan sebuah prosesor utama yang menggerak modul pada hubungan bertutur-turut. Pada kasus yang pertama, aplikasi pengguna dapat digunakan dengan perangkat lunak *ZigBee*Net yang memungkinkan kebiasaan aplikasi-aplikasi terhubung melalui C API *ZigBeeNet*[8].

Pada kasus yang terakhir, prosesor utama mengatur pengiriman data dan mengatur alat-alat modul melalui sekumpulan perintah AT *SerialNet*. Dengan demikian, tidak ada kustomisasi perangkat perusahaan diperlukan untuk rancangan di dalam modul yang berhasil. Selain itu, *sensor-sensor* pihak ketiga dapat dihubungkan secara langsung dengan modul tersebut, dengan demikian akan memperluas kumpulan hubungan-hubungan sekeliling yang ada. Kontrol di udara melalui perintah-perintah AT memudahkan konfigurasi jaringan dan mempercepat pembuatan prototip aplikasi. Hal ini juga memungkinkan konfigurasi modul tanpa kabel selama proses produksi massal OEM, memberikan protokol persiapan atau pengawasan yang fleksibel untuk instalasi dan pemeliharaan alat-alat berbasis *ZigBit Amp*[9].

2.4.6 Spesifikasi Kondisi

Test Kondisi (kecuali jika ditetapkan lain): Vcc = 3,0 V, *f* = 2,45 GHz, T_{amb} = 25 ° C.

Tabel 2.3 *Spesifikasi kondisi*

Parameter-parameter	**Range**	**Unit**
Tegangan Supplai (Vcc)	3.0to 3.6	V
Konsumsi Arus: mode RX*	23	mA
Konsumsi Arus: mode TX*	50	mA
Konsumsi Arus: mode penghematan / penyimpanan tenaga	<6	µA

Parameter-parameter spesifikasi yang dicatat diukur dalam kondisi berikut:

1. *Software Net* berjalan di 4 MHz *clock rate*, DTR *line management* dimatikan.
2. Semua hubungan antarmuka diatur dalam keadaan *default* (lihat Tabel Penempatan Pin).
3. Keluaran TX *Power* adalah +20 dBm
4. JTAG tidak terhubung/dihubungkan.
5. Vcc = 3.0 V.

Konsumsi saat ini sebenarnya bergantung pada banyak faktor, tidak terbatas termasuk pada model dan bahan-bahan *board* (papan), pengaturan *Net*, aktivitas jaringan, operasi-operasi baca/tulis EEPROM. Selain itu juga bergantung pada beban MCU dan/atau alat-alat yang digunakan oleh aplikasi.

Tabel 2.4 *Karakteristik Radio Frekuensi*

Karakteristik RF			
Parameters	**Range**	**Unit**	**Kondisi**
Frekuensi kerja	2.400 to 2.4835	GHz	
Jumlah Saluran/Jalur	16		
Jarak (spasing) Saluran	5	MHz	
Tenaga keluaran pemancar (transmitter)	0 to + 20	dBm	Disesuaikan dalam 16 langkah

Sensitivitas Penerima (receiver)**	- 104	dBm	PER = 1%
On-Air Data Rate	250	kbps	
Nominal Impedansi TX Output / Rx Input	50	Ohms	Unbalanced RF output
Range, outdoors	Up to 4 000	m	dengan antenna eksternal 2.2 dBi

Tabel 2.5 *Karakteristik Mikrokontroller ATMega1281V*

Karakteristik Miktokontroler ATmega1281V			
Parameter	**Nilai**	**Unit**	**Kondisi**
Ukuran Flash Memory dalam Chip	128	Kbytes	
Ukuran RAM dalam Chip	8	Kbytes	
Ukuran EEPROM dalam Chip	4	Kbytes	
Frekuensi Operasi	4	MHz	

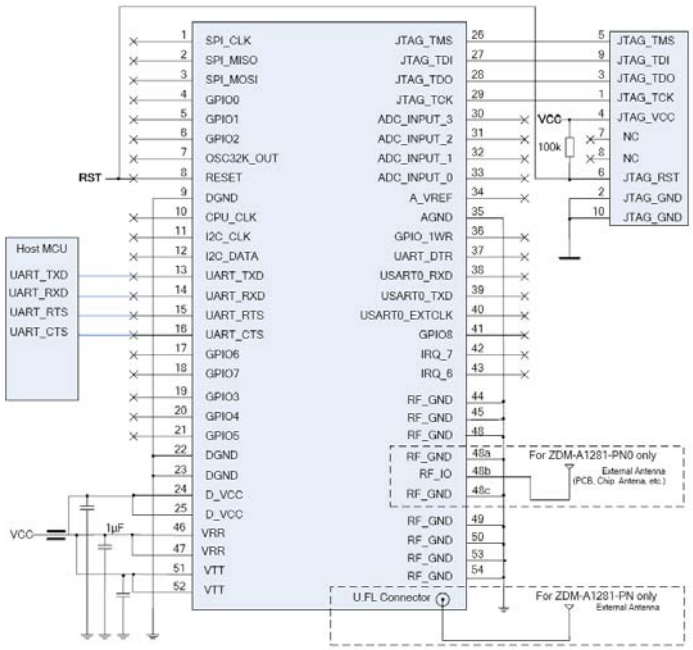
Tabel 2.6 *Modul karakteristik antarmuka*

Modul karekteristik antarmuka			
Parameter-parameter	**Nilai**	**Unit**	**Kondisi**
UART Maximum Baud Rate	38.4	kbps	
Resolusi / Waktu konversi ADC	10 / 200	Bits / µs	Dalam modus konversi tunggal
Resistansi Input ADC	> 1	MOhm	
Tegangan Referensi (Vref) ADC	1.0 to Vcc-0.3	V	
Tegangan masukan ADC	0 toVref	V	
Maksimun clock I2C	222	kHz	
Tegangan Keluaran GPIO (High/Low)	2.3 / 0.5	V	(-10 / 5 mA)
Real Time Frekuensi Oscilator	32.768	kHz	

Tabel 2.7 *Absolute Maximum Ratings / nilai-nilai maksimum mutlak*

Parameter-parameter	**Min Value**	**Max Value**
Tegangan ke ke semua pin terkecuali untuk RESET ke Ground	- 0.5 V	Vcc + 0.5 V
DC Current per I/O Pin	40 mA	
DC Current D_VCC and DGND Pins	300 mA	
Input Level RF	+ 5 dBm	

Absolute Maximum Ratings / nilai-nilai maksimum mutlak adalah nilai-nilai kerusakan di luar pada perangkat yang mungkin dapat terjadi. Di dalam keadaan apapun nilai-nilai maksimum mutlak yang diberikan pada tabel ini tidak boleh dilanggar. Tekanan-tekanan di luar tekanan-tekanan yang dicatat di dalam "Nilai-nilai Maksimum Mutlak" dapat menyebabkan kerusakan permanen pada alat. Ini hanya merupakan nilai tekanan. Operasi fungsional dari alat pada kondisi ini atau kondisi-kondisi lainnya, di luar kondisi-kondisi yang ditunjukkan pada bagian-bagian operasional spesifikasi ini, tidak diterapkan. Keterbukaan kepada kondisi-kondisi nilai maksimum mutlak untu periode-periode yang panjang dapat mempengaruhi kehandalan perangkat.



Gambar 2.8 *Diargam Modul ZigBit™ Amp*

2.5 *Sensor* Temperatur LM73

LM73 adalah integrasi dari *digital-output sensor* suhu yang menampilkan sebuah tambahan *Delta-Sigma* ADC dengan antarmuka dua-jalur yang kompatibel dengan SMBus dan antarmuka I2C®. *Host* dapat meminta LM73 setiap saat untuk membaca suhu. Tersedia dalam paket-23 Sot 6-pin, LM73 dapat menempati daerah rentang suhu yang lebar (-40 ° C sampai 150 ° C) dan memberikan akurasi ± 1,0 ° C dari -10 ° C hingga 80 ° C.

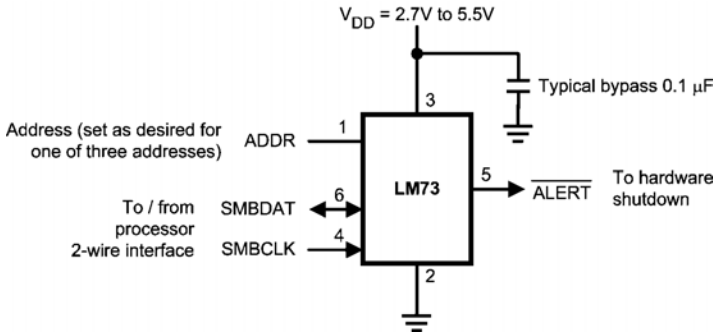
Pengguna dapat mengoptimalkan antara waktu konversi dan sensitivitas LM73 dengan pemrograman itu untuk melaporkan suhu dalam empat resolusi yang berbeda. *Default* ke mode 11-bit (0,25 ° C / LSB), ukuran suhu LM73 dalam waktu maksimum 14 ms, sehingga ideal untuk aplikasi yang memerlukan *data* suhu segera setelah power-up. Dalam resolusi *mode* maksimum, 14-bit (0,03125 ° C / LSB), LM73 dioptimalkan untuk merasakan perubahan yang sangat kecil pada suhu.

Sebuah alamat tunggal *multi-level* memilih salah satu dari tiga alamat unik pada perangkat. Sebuah *open-drain* ALERT keluarannya akan berjalan aktif apabila suhunya melebihi batas program. Baik data dan *clock* akan disaring untuk mendapatkan toleransi *noise* yang sangat baik dan komunikasi yang handal.. Selain itu, fitur *time-out* pada *clock* dan paket data menyebabkan LM73 secara otomatis akan mengatur ulang baris-baris tersebut jika salah satu nya bernilai rendah akan silakukan perpanjangan waktu, sehingga setiap kondisi bus *lock-up* keluar tanpa campur tangan prosesor.

2.5.1 Spesifikasi Utama LM73

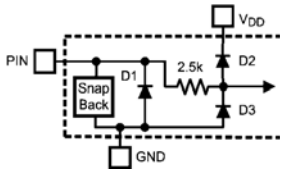
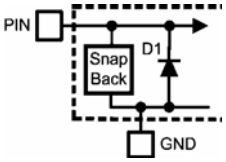
1.	Supply Voltage		2.7V to 5.5V
2.	Supply Current	operating	320 µA (typ)
			495 µA (max)
		shutdown	8 µA (max)
			1.9 µA (typ)
3.	Temperatur	−10°C to 80°C	±1.0°C (max)
4.	Akurasi	−25°C to 115°C	±1.5°C (max)
		−40°C to 150°C	±2.0°C (max)

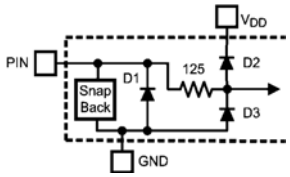
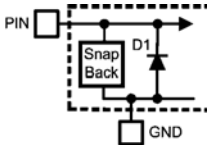
5. Resolusi 0.25°C to 0.03125°C
6. Waktu Konversi 11-bit (0.25°C) 14 ms (max)
   14-bit (0.03125°C) 112 ms (max)



Gambar 2.9 *Diagram Sensor Temperatur LM73*

Tabel 2.8 *Pinout Sensor Temperatur LM73*

Label	Pin #	Type	Equivalent Circuit	Fungsi
ADDR	1	CMOS Logic Input (three levels)		Sebagai Alamat dan fungsi tiap-tiap input : satu dari tiga alamat device dikoneksikan kepada ground, yang kiri digunakan sebagai float atau dikoneksikan menuju VDD.
GND	2	Ground		Ground
VDD	3	Power		Power Supply
SMBCLK	4	CMOS Logic Input		Serial Clock: SMBus clock signal. Bekerja pada range diatas 400kHz. Low-pass filtered.

ALERT	5	Open-Drain Output		Sebagai output digital yang berjalan aktif setiap kali suhu diukur melebihi Programmable suhu batas.
SMBDAT	6	Open-Drain Input/Output		Sebagai Data Serial: SMBus data sinyal dua arah yang digunakan untuk mentransfer data serial sinkron ke SMBCLK. Low-pass filtered.

LM73 merupakan *sensor* suhu digital yang merasakan suhu mati dengan menggunakan sebuah konverter analog-ke-digital sigma-delta dan toko suhu dalam Daftar Suhu. *interface serial* 2-jalur LM73 adalah kompatibel dengan SMBus 2.0 dan I2C. Silakan lihat spesifikasi SMBus 2,0 untuk penjelasan rinci mengenai perbedaan antara bus I2C dan SMBus.

Resolusi dari data suhu dan ukuran dari kata data dipilih melalui bit RES1 dan RES0 di Control / Status Register. Secara default, suhu LM73 diukur dalam 11 bit (10 bits plus sign) dengan *least significant bit* (LSB) sebesar 0,25 ° C. Ukuran maksimum adalah 14 bit (13-bit plus sign) dengan resolusi 0,03125 ° C / LSB.

Tabel 2.9 *Resolusi dan ukuran data suhu*

BIT KONTROL		FORMAT DATA	
RES1	RES0	WORD SIZE	RESOLUSI
0	0	11 bits	0.25 °C/LSB
0	1	12 bits	0.125 °C/LSB
1	0	13 bits	0.0625 °C/LSB
1	1	14 bits	0.03125 °C/LSB

Data suhu dilaporkan dalam format 2's. Data disimpan dalam Daftar Suhu 16-bit dan yang tersisa dan dibenarkan dalam register. Data suhu-bit yang tidak digunakan selalu dilaporkan sebagai “0”.

Tabel 2.10 *11-bit (10-bit plus Sign)*

TEMPERATUR	KELUARAN DIGITAL	
	BINER	HEKSA
+150°C	0100 1011 0000 0000	4B00h
+25°C	0000 1100 1000 0000	0C80h
+1°C	0000 0000 1000 0000	0080h
+0.25°C	0000 0000 0010 0000	0020h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
−0.25°C	1111 1111 1110 0000	FFE0h
−1°C	1111 1111 1000 0000	FF80h
−25°C	1111 0011 1000 0000	F380h
−40°C	1110 1100 0000 0000	EC00h

Tabel 2.11 *12-bit (11-bit plus Sign)*

TEMPERATUR	KELUARAN DIGITAL	
	BINER	HEKSA
+150°C	0100 1011 0000 0000	4B00h
+25°C	0000 1100 1000 0000	0C80h
+1°C	0000 0000 1000 0000	0080h
+0.125°C	0000 0000 0001 0000	0010h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
−0.125°C	1111 1111 1111 0000	FFF0h
−1°C	1111 1111 1000 0000	FF80h
−25°C	1111 0011 1000 0000	F380h
−40°C	1110 1100 0000 0000	EC00h

Tabel 2.12 *13-bit (12-bit plus Sign)*

TEMPERATUR	KELUARAN DIGITAL	
	BINER	HEKSA
+150°C	0100 1011 0000 0000	4B00h
+25°C	0000 1100 1000 0000	0C80h
+1°C	0000 0000 1000 0000	0080h
+0.0625°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
−0.0625°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
−1°C	1111 1111 1000 0000	FF80h
−25°C	1111 0011 1000 0000	F380h
−40°C	1110 1100 0000 0000	EC00h

Tabel 2.13 *14-bit (13-bit plus Sign)*

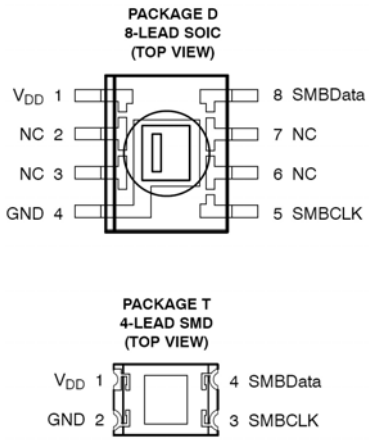
TEMPERATUR	KELUARAN DIGITAL	
	BINER	HEKSA
+150°C	0100 1011 0000 0000	4B00h
+25°C	0000 1100 1000 0000	0C80h
+1°C	0000 0000 1000 0000	0080h
+0.03125°C	0000 0000 0000 0100	0004h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
−0.03125°C	1111 1111 1111 1100	FFFCh
−1°C	1111 1111 1000 0000	FF80h
−25°C	1111 0011 1000 0000	F380h
−40°C	1110 1100 0000 0000	EC00h

2.6 *Sensor* Cahaya TSL2550

TSL2550 adalah *sensor* cahaya *digital-output* dengan dua saluran/jalur, SMBus *serial interface*. Ini menggabungkan dua dioda dan konverter *analog-to-digital companding* (ADC) pada satu sirkuit CMOS terpadu untuk menyediakan

pengukuran cahaya melalui rentang dinamis efektif 12-bit dengan *respons* yang mirip dengan mata manusia.

2.6.1 Spesifikasi utama TSL2550



Gambar 2.10 *Diagram Sensor TSL2550*

Supply Voltage , VDD	6 V
Rentang tegangan *output digital*, VO	−0.3 V to +6 V
Arus keluaran digital, IO	±10 mA
Arus *input/outp*ut SMBus, I(SMBIN)	−1 mA to 20 mA
Operasi rentang suhu pada udara bebas, TA	40°C to 85°C
Storage temperature range, Tstg	40°C to 85°C
Toleransi ESD, Model tubuh manusia	2000 V
Penyesuaian kondisi solder,temperatur maksimum	260°C

TSL2550 ini dirancang untuk digunakan dengan luas sumber cahaya panjang gelombang. Salah satu dioda (*channel* 0) sensitif terhadap cahaya tampak dan inframerah, sedangkan fotodioda kedua (channel 1) terutama sensitif terhadap cahaya inframerah. Sebuah mengintegrasikan mengubah arus DC fotodioda ke saluran 0 dan *channel* 1 *output digital*. Channel 1 *output digital* digunakan untuk mengkompensasi efek dari komponen inframerah cahaya *ambient* pada channel 0

output digital. Keluaran ADC *digital* dari dua saluran digunakan untuk mendapatkan nilai yang mendekati respon mata manusia.

Untuk menyatakan jumlah cahaya yang diperlukan untuk menerangi suatu area tertentu dipakai satuan lumen (lm). Satu lumen adalah sejumlah cahaya yang diperlukan untuk menerangi area 1 meter persegi, dengan cahaya sebesar 1 lux.

Perangkat ini dimaksudkan terutama untuk digunakan dalam aplikasi di mana pengukuran cahaya *ambient* digunakan untuk mengontrol tampilan *backlighting* seperti komputer *laptop*, PDA, *camcorder*, dan sistem GPS. aplikasi lainnya termasuk kontrol kontras dan menampilkan tanda LED, kamera kontrol *eksposur*, pencahayaan kontrol, dll. konversi mengintegrasikan teknik yang digunakan oleh TSL2550 secara efektif menghilangkan efek *flicker* (berkedip) dari lampu AC-*powered*, dan meningkatkan stabilitas pengukuran.