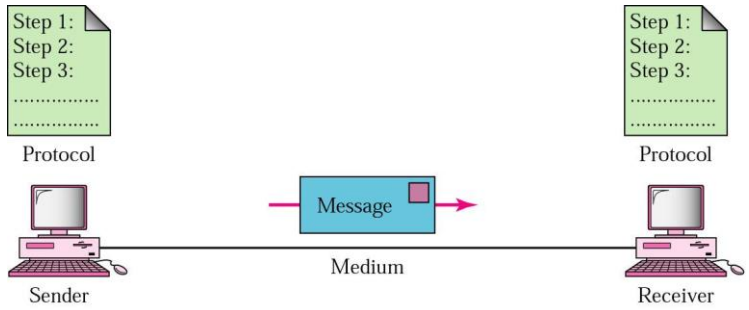
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas tentang teori dan komponen penunjang yang akan digunakan pada perancangan dan implementasi pengaturan lampu menggunakan protokol Zigbee pada *wireless personal area network*. Pembahasan berisi tentang komunikasi data, jaringan komputer, *wireless*, Arduino, dan protokol Zigbee.

2.1 Komunikasi Data

Komunikasi data adalah hubungan atau interaksi (pengiriman dan penerimaan) antar device yang terhubung dalam sebuah jaringan, baik yang dengan jangkauan sempit maupun dengan jangkauan yang lebih luas. efektivitas dari komunikasi data tergantung pada empat karakteristik mendasar yaitu pengiriman, akurasi, ketepatan waktu, dan jitter[4]. Berikut ilustrasi komunikasi data pada gambar II.1.



Gambar II.1 Ilustrasi Komunikasi Data

Komponen Komunikasi Data meliputi:

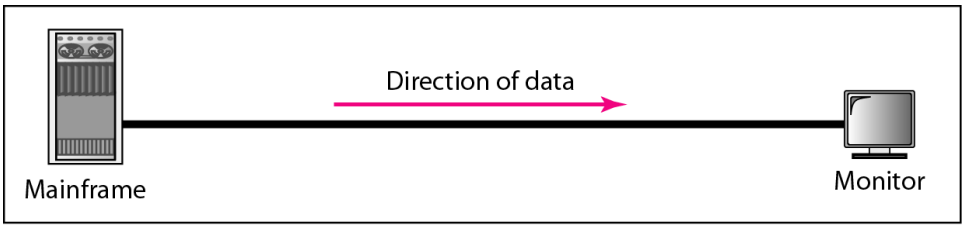
1. Pengirim, perangkat yang mengirimkan data.
2. Penerima, perangkat yang menerima data.
3. Data, informasi yang akan dikomunikasikan.
4. Media pengiriman, media atau perantara yang digunakan untuk melakukan pengiriman data.
5. Protokol, aturan-aturan yang berfungsi sebagai penyelaras hubungan.

2.1.1 Arah Pertukaran Data

Komunikasi antara dua perangkat berdasarkan arah pertukaran data, komunikasi data terbagi atas tiga metode, yaitu *simplex, half-duplex,* dan *full-duplex*.

1. *Simplex*

   Dalam mode simplex, menggunakan komunikasi yang searah seperti pada jalan satu arah. Hanya satu dari dua perangkat pada jalur dapat mengirimkan, yang lain hanya dapat menerima. Keyboard dan monitor adalah contoh perangkat *simplex*. Keyboard hanya dapat memasukan *input*, monitor hanya dapat menerima output. Mode *simplex* dapat menggunakan seluruh kapasitas saluran untuk mengirim data dalam satu arah. Berikut pada gambar II.2 ilustrasi mode *simplex.*

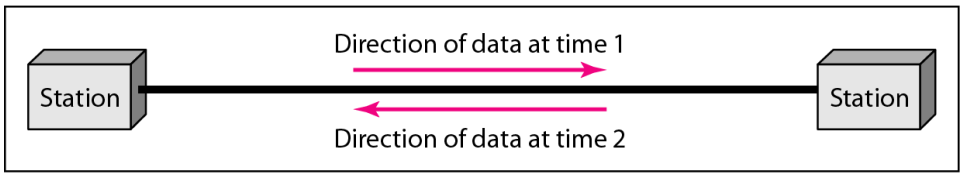


a. Simplex

Gambar II.2 Mode Simplex

2. *Half-Duplex*

   Dalam mode *half-duplex*, setiap stasiun dapat mengirim dan menerima tetapi tidak pada saat yang bersamaan. Ketika salah satu perangkat mengirimkan, yang lain hanya dapat menerima, dan sebaliknya. Mode *half-duplex* seperti jalan satu jalur dengan lalu lintas yang diperbolehkan dari kedua arah. Ketika mobil bepergian dalam satu arah, mobil yang datang dari jalur lain harus menunggu. Dalam transmisi *half-duplex*, seluruh kapasitas saluran diambil alih oleh kedua perangkat transmisi pada saat itu. *Walkie-talkie* dan CB *(citizen band)* adalah kedua radio yang menggunakan sistem *half-duplex*. Mode *half-duplex* digunakan dalam kasus-kasus di mana tidak ada kebutuhan untuk komunikasi dua arah pada saat yang sama, seluruh kapasitas saluran dapat dimanfaatkan untuk setiap arah. Berikut pada Gambar II.3 ilustrasi mode *half-duplex.*



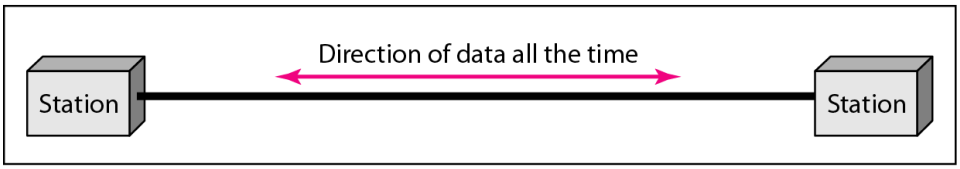
b. Half-duplex

Gambar II.3 Half-Duplex

3. *Full-duplex*

Dalam mode *full-duplex*, kedua stasiun dapat mengirim dan menerima secara bersamaan. Mode *full-duplex* adalah seperti sebuah jalan dua arah dengan lalu lintas yang mengalir di kedua arah pada saat yang sama. Dalam mode full-duplex, sinyal masuk satu arah berbagi kapasitas jalur dengan sinyal keluar ke arah lain. Berbagi ini dapat terjadi dalam dua cara, Entah link harus mengandung dua jalur transmisi secara fisik terpisah, satu untuk mengirim dan yang lainnya untuk penerima atau kapasitas kanal dibagi antara sinyal perjalanan di kedua arah. Salah satu contoh umum dari komunikasi *full-duplex* adalah jaringan telepon. Ketika dua orang yang berkomunikasi dengan saluran telepon, keduanya dapat berbicara dan mendengarkan pada saat yang sama.

Mode *full-duplex* digunakan ketika komunikasi dua arah diperlukan sepanjang waktu. Berikut pada Gambar II.4 ilustrasi mode *full-duplex*.



c. Full-duplex

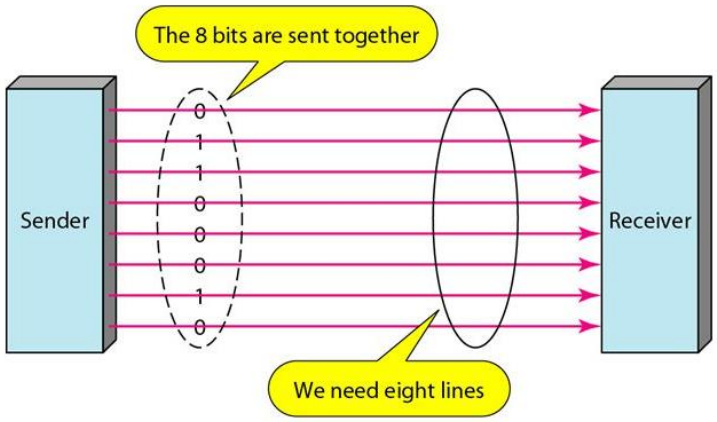
Gambar II.4 Mode Full-Duplex

2.1.2 Mode Transmisi

Transmisi data biner melintasi jalur dapat dicapai baik dalam modus paralel atau serial. Dalam mode paralel beberapa bit dikirim sekaligus dari setiap *clock*. Dalam mode serial 1 bit dikirim di setiap *clock*.

1. Transmisi paralel

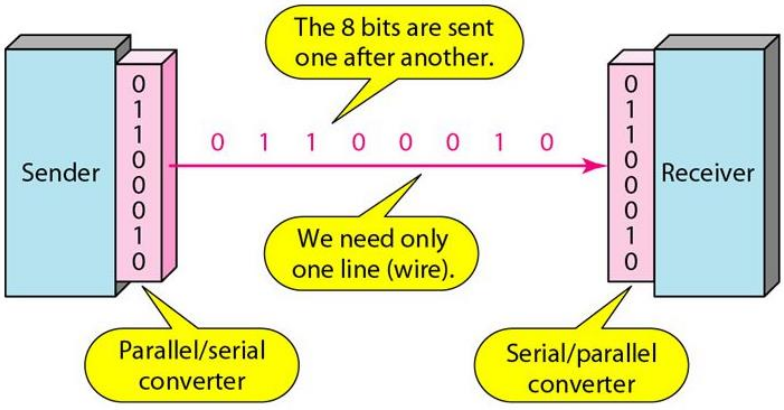
   Pada transmisi paralel, sejumlah bit dikirimkan per waktu. Masing-masing bit mempunyai jalur tersendiri, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.5 Oleh karena sifatnya yang demikian, data yang mengalir pada transmisi paralel jauh lebih cepat daripada pada transmisi serial.



Gambar II.5 Transmisi Paralel

2. Transmisi Serial

   Pada transmisi serial, pada setiap waktu hanya 1 bit yang dikirimkan. dengan kata lain, bit-bit dikirimkan secara bergantian, satu per satu. Model transmisi seperti ini dijumpai pada hubungan antara komputer dan modem atau pada hubungan antara komputer dan printer serial.



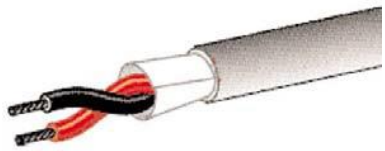
Gambar II.6 Transmisi Serial

2.1.3 Media Transmisi

Media transmisi adalah jalur fisik yang menghubungkan antara sisi pengirim dan sisi penerima. Secara umum media transmisi dikategorikan ke dalam dua hal yaitu *Guided media* dan *Unguided media*. Media transmisi yang masuk dalam kategory *guided media* antara lain kabel *twisted-pair*, kabel *coaxial* dan kabel serat optik (*fiber-optic*). Sedangkan media transmisi yang masuk dalam kategory *unguided media* adalah gelombang radio, gelombang mikro dan infra merah. Beberapa kategori *guide* media sebagai berikut:

1. Kabel *twisted pair*

   Sebuah twisted pair terdiri dari dua konduktor (kabel tembaga), masing-masing dengan isolasi plastik sendiri, memutar bersama-sama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.

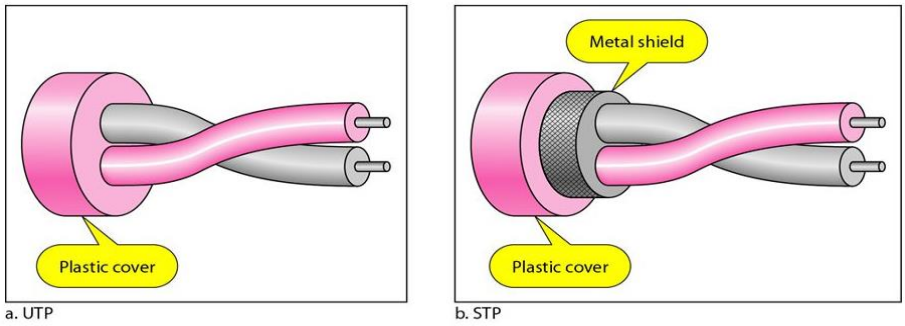


Gambar II.7 Kabel Unshielded Twisted Pair (UTP)

Masing-masing kabel dari pasangan tersebut memiliki fungsi sendiri-sendiri. Kabel pertama digunakan untuk mengirimkan sinyal dari sumber kepada tujuan, sedangkan kabel kedua digunakan sebagai tegangan referensi (*ground*). Namun, dalam aplikasi nyata tidak pernah digunakan hanya satu pasang kabel saja. Misalnya, kabel telepon menggunakan dua pasang *twisted-pair*, satu pasang digunakan untuk mengirim sinyal dan satu pasang lagi digunakan untuk menerima sinyal. Kabel *twisted-pair* untuk komunikasi jaringan *Local Area Network* (LAN) membutuhkan empat pasang kabel *twisted-pair*, satu pasang untuk mengirim sinyal, satu pasang lagi untuk menerima sinyal dan dua pasang sisanya digunakan untuk sinyal kontrol. Pilinan kabel berfungsi untuk mengurangi pengaruh gangguan transmisi yang berupa derau (*noise*) dan *crosstalk*. Jumlah pilinan per panjang kabel

mempunyai pengaruh terhadap kualitas dari sinyal yang dibawa oleh kabel twisted-pair.

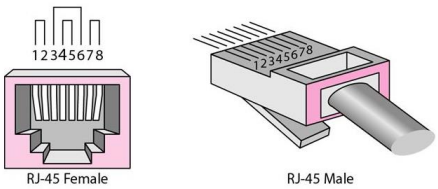
Berdasarkan pembungkusnya, kabel twisted-pair terdiri atas dua macam, yaitu *unshielded twisted-pair* (UTP) dan *shielded twisted-pair* (STP). Perbedaan antara kabel UTP dan STP dapat dilihat dalam ilustrasi Gambar II.8.



Gambar II.8 Ilustrasi Kabel UTP dan STP

Kabel STP memiliki tambahan anyaman kawat di luar pembungkus dalam dari kabel dengan tujuan untuk melindungi sinyal informasi dari gangguan noise. Sekalipun kabel jenis STP lebih tahan terhadap gangguan, tetapi kabel STP tidak fleksibel. Karena itu secara umum kabel UTP lebih diminati daripada kabel STP.

Kabel UTP dapat terhubung ke terminal atau devais melalui sebuah konektor. Tipe konektor yang digunakan adalah konektor RJ-45 untuk LAN dan konektor RJ-11 untuk perangkat telepon dan modem. Konektor UTP yang paling umum adalah RJ45, seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.9.

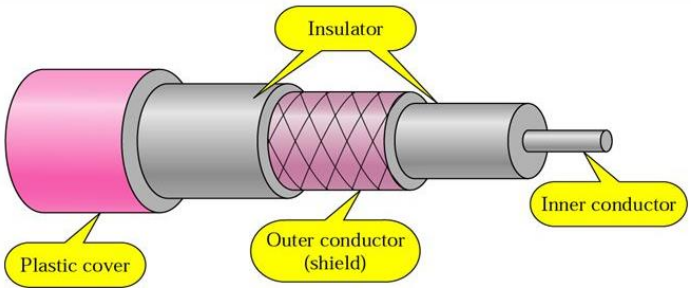


Gambar II.9 Konektor RJ-45

2. Kabel *coaxial*

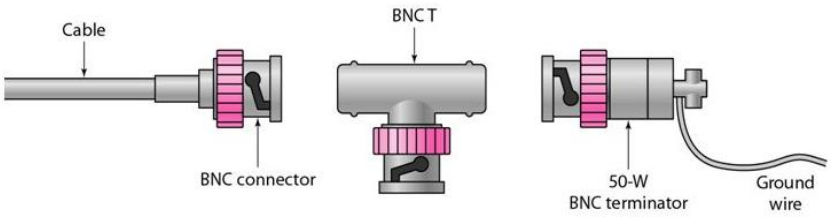
Kabel koaksial sesuai dengan strukturnya di desain untuk mengirimkan sinyal dengan frekuensi tinggi. Bagian terdalam dari kabel koaksial adalah kawat

tembaga sebagai pengahantar sinyal. Kawat tembaga terbungkus oleh plastik yang berfungsi sebagai insulator. Di bagian luar plastik berupa anyaman kawat tembaga yang berfungsi sebagai konduktor luar. Anyaman kawat tembaga ini juga berfungsi untuk melindungi kabel terhadap gangguan interferensi dari luar. Ilustrasi bentuk fisik kabel koaksial ditunjukkan dalam Gambar II.10.



Gambar II.10 Kabel Koaksial

Untuk menghubungkan kabel koaksial ke perangkat, diperlukan konektor koaksial. Jenis yang paling umum dari konektor yang digunakan saat ini adalah konektor Bayonet Neill Concelman (BNC). Konektor BNC, dan terminator BNC. Konektor BNC digunakan untuk menghubungkan ujung kabel ke perangkat, seperti TV. Konektor BNC digunakan dalam jaringan Ethernet untuk cabang ke koneksi ke komputer atau perangkat lain. BNC terminator digunakan pada ujung kabel untuk mencegah refleksi sinyal. Gambar II.11 menunjukkan tiga jenis konektor BNC.

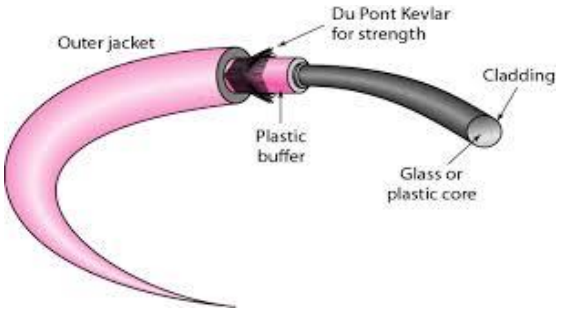


Gambar II.11 Konektor BNC

3. Kabel *fiber optic*

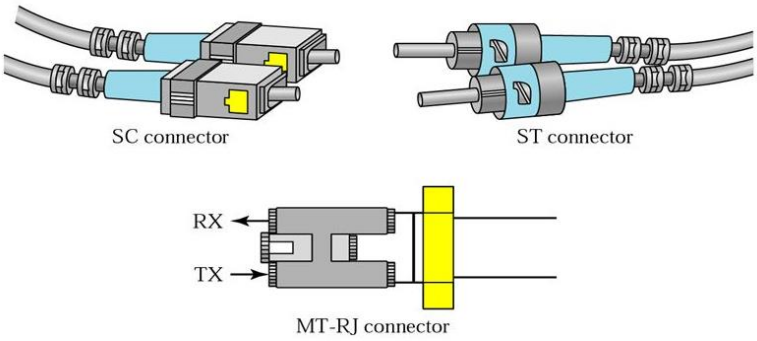
Kabel serat optik terbuat dari gelas atau plastik yang didesain untuk mengarahkan cahaya yang melewatinya. Pada kabel serat optik data tidak dikonversi menjadi tegangan listrik, melainkan menjadi pulsa-pulsa cahaya.

Karena itu sinyal yang melewati kabel serat optik akan lebih tahan terhadap interferensi daripada sinyal yang melewati kabel tembaga. Keuntungan lain menggunakan kabel serat optik kecilnya efek atenuasi sinyal, sehingga jarak jangkau kabel serat optik lebih jauh dibanding twisted pair atau koaksial. Kabel serat optik banyak digunakan untuk menopang tulang punggung (*backbone*) jaringan komunikasi karena kemampuannya untuk membawa sinyal dengan bandwidth besar. Saat ini teknologi serat optik telah mampu mengirimkan data sampai kecepatan 1600 Gbps. Berikut gambar struktur kabel serat optik.



Gambar II.12 Struktur Kabel Serat Optik

Kabel serat optik memiliki tiga macam model konektor, yaitu: konektor *subscribe- channel* (SC), konektor *straight-tip* (ST) dan konektor MT-RJ yang berukuran sama dengan RJ-45. Bentuk masing-masing konektor dapat dilihat dalam Gambar II.13.



Gambar II.13 Konektor Serat Optik

Media komunikasi nirkabel dikenal dengan *unguided media* karena sinyal yang berupa gelombang elektromagnetik melintas tanpa menggunakan kabel. Gelombang elektromagnetik tersebut ditansmisikan melintasi udara terbuka

dengan menggunakan antena. Gelombang tersebut dapat membentur dan memantul tanah, gedung, pohon, tiang listrik dan apapun yang berada di antara antena pengirim dan penerima. Karena itu, gelombang elektromagnetik lebih rentan terhadap gangguan interferensi, atenuasi dan derau dari luar. Setiap benturan dan pantulan memberi pengaruh terhadap pelemahan energi gelombang.

Media komunikasi nirkabel dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

1. Gelombang radio

   Gelombang radio memiliki jangkauan frekuensi dari 3 kHz sampai 1 GHz. Gelombang radio, untuk sebagian besar adalah omnidirectional. Ketika antena mentransmisikan gelombang radio, gelombang disebarkan ke segala arah. Ini berarti bahwa antena pengirim dan penerima tidak harus selaras, sebuah antena pengirim mengirimkan gelombang yang dapat diterima oleh antena penerima. Properti omnidirectional memiliki kerugian. Gelombang radio yang ditransmisikan oleh salah satu antena yang mengalami gangguan oleh antena lain yang mungkin mengirim sinyal menggunakan frekuensi atau band yang sama. Gelombang radio, terutama gelombang yang merambat di langit, bisa menempuh jarak yang jauh. Gelombang radio, khususnya frekuensi rendah dan menengah, dapat menembus dinding. Karakteristik ini dapat menjadi keuntungan dan kerugian. Keuntungan nya adalah dapat menerima sinyal dalam gedung. Kerugian nya adalah tidak bisa membatasi komunikasi hanya di dalam atau di luar bangunan saja. Band gelombang radio relatif sempit, hanya di bawah 1 GHz, dibandingkan dengan band gelombang mikro.

2. Gelombang mikro

   Gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi antara 1GHz sampai 300 GHz disebut gelombang mikro. Gelombang mikro searah, ketika antena memancarkan gelombang microwave gelombang tersebut dapat lebih difokuskan. Ini berarti bahwa antena pengirim dan penerima harus disejajarkan. Properti searah memiliki keunggulan yang jelas, sepasang antena dapat disejajarkan tanpa mengganggu sepasang antena yang lain.

3. Gelombang infra merah

Bentuk terakhir dari gelombang elektromagnetik yang dapat digunakan sebagai media komunikasi adalah gelombang infra merah. Gelombang infra merah beroperasi pada frekuensi 300 GHz sampai 400 THz. Karena beroperasi frekuensi yang cukup tinggi, gelombang infra merah tidak akan dapat menembus dinding. Karakteristik menguntungkan ini mencegah interferensi antara satu sistem dan lain.

2.2 Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan gabungan antara teknologi komputer dan teknologi komunikasi. Gabungan teknologi ini menghasilkan pengolahan data yang dapat didistribusikan, mencakup pemakaian *database*, aplikasi *software* dan peralatan *hardware* secara bersamaan, sehingga penggunaan komputer yang sebelumnya berdiri sendiri, kini telah diganti dengan sekumpulan komputer yang terpisah akan tetapi saling berhubungan dalam melaksanakan tugasnya, sistem seperti inilah yang disebut jaringan komputer (*computer networks*)[1].

Bentuk koneksinya tidak harus melalui kawat tembaga atau kabel saja melainkan dapat menggunakan serat optik, gelombang mikro, *wireless* atau satelit komunikasi. Jaringan komputer dapat dibagi berdasarkan beberapa klasifikasi, di antaranya:

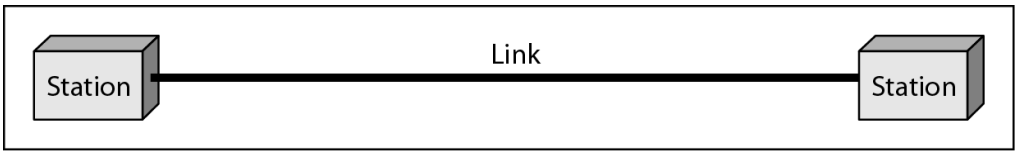
1. Berdasarkan jenis koneksi.
2. Berdasarkan area.
3. Berdasarkan media penghantar.
4. Berdasarkan fungsi.

2.2.1 Jenis Koneksi

Sebuah jaringan adalah dua atau lebih perangkat yang terhubung melalui penghubung. Sebuah penghubung adalah jalur komunikasi yang memindahkan data dari satu perangkat ke perangkat lainnya. Untuk tujuan visualisasi, itu adalah yang paling sederhana untuk membayangkan semua penghubung sebagai garis yang ditarik antara dua titik. Agar komunikasi terjadi, kedua perangkat harus terhubung dalam beberapa cara untuk link yang sama pada waktu yang sama. Ada dua kemungkinan jenis koneksi yaitu *point-to-point* dan *multipoint*.

1. *Point-to-point*

   Sebuah koneksi *point-to-point* menyediakan jalur khusus antara dua perangkat. Seluruh Kapasitas jalur disediakan untuk transmisi antara dua perangkat. Kebanyakan koneksi *point-to-point* menggunakan panjang sebenarnya kawat atau kabel untuk menghubungkan ujung ke ujung, tapi pilihan lain, seperti *microwave* atau jalur satelit. Berikut Gambar point-to-point.

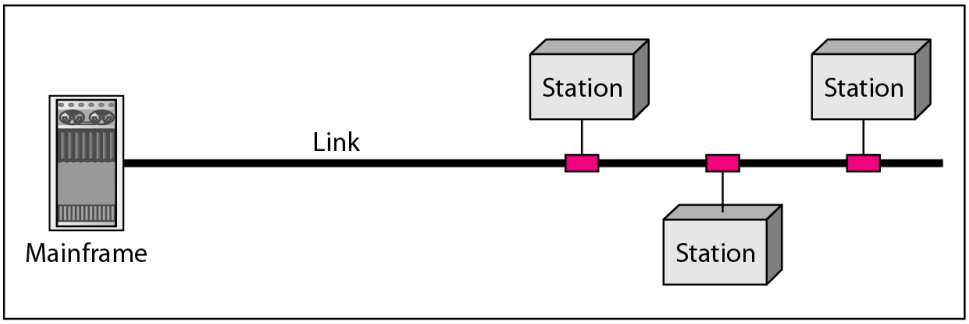


a. Point-to-point

Gambar II.14 Point-To-Point

2. *Multipoint*

   Multipoint adalah di mana satu perangkat dengan dua perangkat atau lebih berbagi satu jalur. Dalam lingkungan *multipoint*, kapasitas saluran dibagi, baik secara spasial maupun temporal. Jika beberapa perangkat dapat menggunakan link secara bersamaan, itu adalah koneksi spasial bersama. Jika pengguna harus bergiliran, itu adalah koneksi timeshared. Berikut Gambar *multipoint*.



b. Multipoint

Gambar II.15 Multipoint

2.2.2 Berdasarkan Area

Jaringan komputer dapat dibedakan berdasarkan cakupan geografisnya. Ada tiga kategori utama jaringan komputer yaitu[2]:

1. LAN *(Local Area Network)*

   LAN merupakan jaringan kecil yang terdiri dari dua atau lebih komputer dan satu atau lebih server yang terhubung dalam suatu area.Area yang dimaksud biasanya dalam satu gedung atau departemen. LAN dapat dibagi lagi berdasar struktur, perangkat, dan cara kerjanya.

2. MAN *(Metropolitan Area network*)

   pada dasarnya versi lain LAN yang berukuran lebih besar dan biasanya menggunakan teknologi yang sama dengan LAN. MAN dapat mencakup kantor-kantor perusahaan yang letaknya berdekatan atau juga sebuah kota dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan pribadi (swasta) atau umum. MAN mampu menunjang data dan suara, bahkan dapat berhubungan dengan jaringan televisi kabel.

3. WAN *(Wide Area Network*)

   WAN merupakan jaringan yang jangkauannya mencakup daerah geografis yang luas, seringkali mencakup sebuah negara bahkan benua. WAN terdiri dari kumpulan mesin-mesin yang bertujuan untuk menjalankan program-program (aplikasi) pemakai.

2.2.3 Berdasarkan Media Penghantar

Berdasarkan media penghantar, jaringan komputer dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu[2] :

1. *Wire Network*

   Wire Network adalah jaringan komputer yang menggunakan kabel sebagai media penghantar dan data ditransmisikan pada kabel. Kabel yang umum digunakan pada jaringan komputer biasanya menggunakan bahan dasar tembaga. Ada juga jenis kabel lain yang menggunakan bahan *fiber optics* atau serat optik. Bahan tembaga banyak digunakan pada LAN. Sedangkan untuk MAN dan WAN menggunakan gabungan kabel tembaga dan serat optik.

2. *Wireless Network*

   Wireless Network adalah jaringan tanpa kabel yang menggunakan media penghantar gelombang radio. Frekuensi yang digunakan pada radio untuk

jaringan komputer biasanya menggunakan frekuensi tinggi, yaitu 2.4 GHz dan 5.8 GHz.

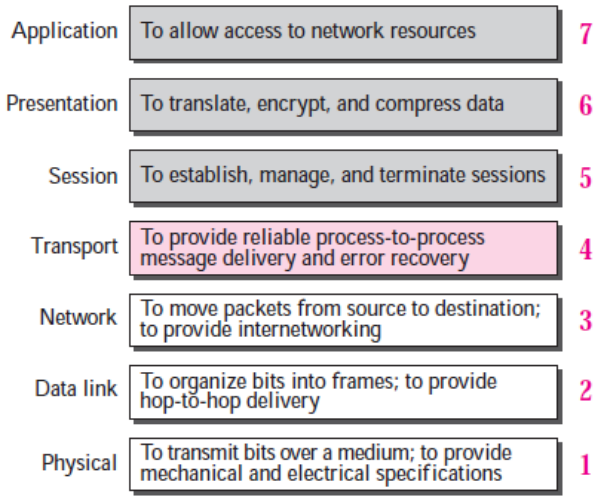
2.3 Protokol Jaringan Komputer

Di dalam jaringan komputer, komunikasi terjadi antara sekumpulan entitas yang berbeda. Entitas adalah sesuatu yang mampu mengirim atau menerima informasi. Namun, dua entitas tidak begitu saja mengirim aliran bit data satu sama lain dan dapat dipahami. Untuk terjadinya komunikasi, entitas harus menyetujui suatu protokol. Protokol adalah seperangkat aturan yang mengatur komunikasi data. Protokol mendefinisikan apa itu komunikasi, bagaimana berkomunikasi dan apa yang terjadi ketika berkomunikasi.

2.3.1 Model Referensi OSI

Suatu jaringan komputer dibangun dengan memperhatikan arsitertur standar yang dibuat lembaga standar industri dunia. Standar jaringan yang saat ini diakui dunia adalah *The Open System Connection* atau OSI yang dibuat oleh lembaga ISO (*International Standar Organization*), Amerika Serikat. Seluruh fungsi kerja jaringan komputer dan komunikasi antar entitas diatur dalam standar ini[4].

OSI adalah suatu standar komunikasi antar entitas yang terdiri atas 7 lapisan. Ketujuh lapisan tersebut mempunyai peran dan fungsi yang berbeda satu terhadap yang lain. Setiap *layer* bertanggung jawab secara khusus pada proses komunikasi data. Tujuan utama penggunaan model OSI adalah untuk membantu desainer jaringan memahami fungsi dari tiap-tiap *layer* yang berhubungan dengan aliran komunikasi data, termasuk jenis-jenis protokol jaringan dan metode transmisi. Model OSI dibagi menjadi 7 *layer*, dengan karakteristik dan fungsinya masing-masing. Tiap *layer* harus dapat berkomunikasi dengan layer di atasnya maupun di bawahnya secara langsung melalai beberapa protokol dan *standard*.



Gambar II.16 OSI Layer Model

Berikut keterangan dari Gambar II.16 OSI *layer model*:

1. *Physical layer*

   Lapisan terendah ini mengatur singkronisasi pengiriman dan penerimaan data, spesifikasi mekanik, elektrik dan *interface* antar terminal, seperti besar tegangan, frekuensi, inpedansi koneksi *pin* dan jenis kabel.

2. *Data Link layer*

   Pada lapisan ini data diubah dalam bentuk paket, singkronisasi paket yang dikirim maupun yang diterima menjadi format yang disebut *frame*. Selain itu, pada level ini terjadi koreksi kesalahan, flow control, pengalamatan perangkat keras seperti halnya *Media Acces Control* (MAC *address*) dan menetukan bagaimana perangkat-perangkat jaringan seperti *hub*, *bridge*, *repeater* dan *switch layer* 2 beroperasi.

3. *Network layer*

   Lapisan ini menentukan rute pengiriman dan mendefinisikan alamat-alamat IP, membuat *header* untuk paket-paket, dan kemudian melakukan *routing* dan *switch layer* 3 agar data sampai ditempat tujuan dengan benar.

4. *Transport layer*

   Lapisan ini mengatur keutuhan data, menerima data dari lapisan *session* dan meneruskannya ke lapisan *network*. Lapisan ini berfungsi untuk memecah

data ke dalam paket-paket data serta memberikan nomor urut ke paket-paket tersebut sehingga dapat disusun kembali pada sisi tujuan setelah diterima.

5. *Session layer*

   Lapisan ini menyiapkan saluran komunikasi dan terminal dalam hubungan antar terminal, mengoordinasikan proses pengiriman dan penerimaan serta mengatur pertukaran data.

6. *Presentation layer*

   Pada lapisan ini dilakukan konversi data agar data yang dikirim dapat dimengerti oleh penerima, kompresi teks dan penyendian data.

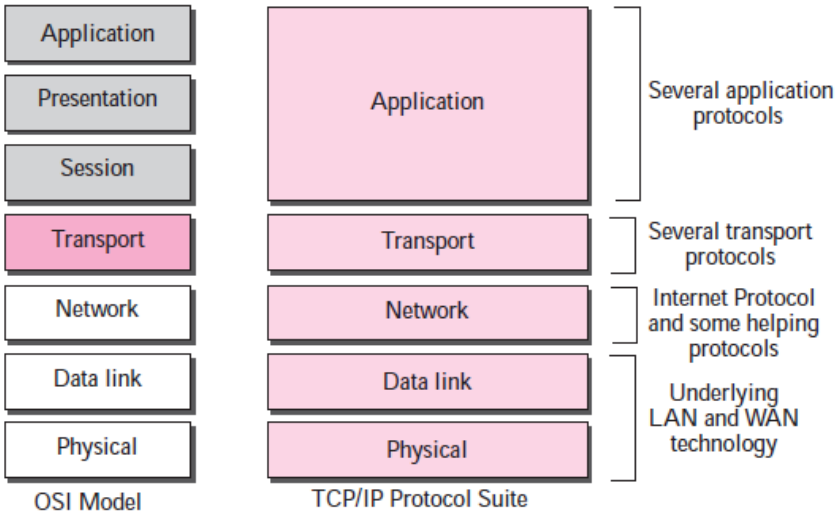
7. *Application layer*

   Lapisan paling atas ini mengatur interaksi pengguna komputer dengan program aplikasi yang dipakai. Lapisan ini juga mengatur bagaimana aplikasi dapat mengakses jaringan, dan kemudian membuat pesan pesan kesalahan. Protokol yang berada pada lapisan ini adalah HTTP, FTP, SMTP, dan NFS.

Ketika data ditranfer melalui jaringan, maka data sebelumnya harus melewati ketujuh dari satu terminal, mulai dari *layer* aplikasi sampai *physical layer*, kemudian di sisi penerima data tersebut juga melewati *layer physical* sampai aplikasi. Pada saat data melewati satu persatu layer dari sisi pengirim, maka akan ditambahkan satu *header* sedangkan pada sisi penerima *header* dibuka sesuai dengan *layer*nya.

2.3.2 TCP/IP Protocol Suite

TCP/IP *protocol suite* dikembangkan sebelum model OSI. Oleh karena itu, lapisan di TCP / IP *protocol suite* tidak sama persis dalam model OSI. TCP/IP *protocol suite* memiliki empat lapisan yaitu *network*, *internet*, *transport*, dan *application*. Namun, ketika TCP / IP dibandingkan dengan OSI dapat dikatakan bahwa lapisan *network* setara dengan gabungan dari layer *data link* dan *physical. Internet layer* setara dengan layer *network,* dan *applicaton layer*mengerjakan pekerjaan yang sama seperti *session, presentation,* dan *application layer.*



Gambar II.17 TCP/IP Dan OSI Model

Berikut keterangan dari gambar II.17 TCP/IP dan OSI Model:

1. *Application layer*

   Berfungsi menyediakan akses aplikasi terhadap jaringan TCP/IP. Layer ini menangani *high-level protocol*, masalah representasi data, proses *encoding* dan dialog *control* yang memungkinkan terjadinya komunikasi antar aplikasi jaringan.

2. *Transport layer*

   Berfungsi membuat komunikasi antar dua host. *Layer Transport* menyediakan layanan pengiriman dari sumber data menuju ke tujuan data dengan cara membuat *logical connection* di antara keduanya.

3. *Internet layer*

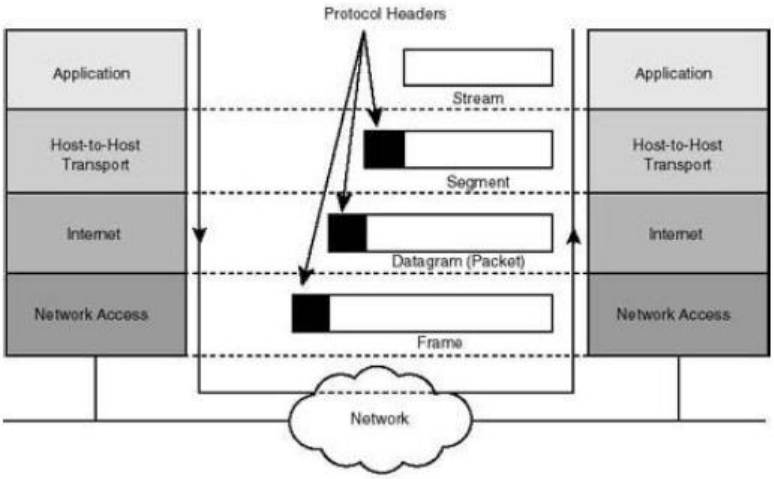
   Berfungsi untuk melakukan routing dan pembuatan paket IP menggunakan teknik *encapsulation* (*header* dan *data*). *Internet layer* memiliki tugas utama untuk memilih rute dalam sebuah jaringan. Selain itu, layer ini juga bertugas untuk melakukan *packet swictching* untuk mendukung tugas utama tersebut.

4. *Network layer*

   Berfungsi untuk menyimpan frame-frame data yang akan dikirim ke media jaringan. Layer ini bertugas bertugas mengatur semua hal yang diperlukan sebuah paket IP.

Seperti halnya model OSI, pengiriman data yang dilakukan pada model TCP/IP pun menggunakan prinsip *encapsulation*. Ilustrasi pada Gambar II.18

dapat digunakan untuk memahami proses pengiriman dan penerimaan data pada model TCP/IP[2].



Gambar II.18 Proses Encapsulation Pada Model TCP/IP

Pertama datangnya data ditangani oleh *layer Application* menggunakan aplikasi pada TCP/IP seperti *e-mail*, FTP, telnet, dan yang lainya. Ketika data dikirim ke layer ini, maka *header* ditambahkan ke data dan dibentuk paket-paket dengan panjang tertentu yang siap untuk dikirim ke *layer host to host transport*. Setelah data sampai di layer *host to host*, protokol menambahkan *header* pada setiap paket. Contoh *header* adalah informasi mengenai urutan segmentasi untuk menjaga integritas data dan *bit-bit* parity untuk keperluan deteksi dan koreksi kesalahan (*error detection* dan *error correction*).

Selanjutnya data dikirim ke *layer Network* dan diberi *header* yang berisi informasi alamat tujuan, alamat pengirim, dan informasi lain yang dibutuhkan untuk melakukan *routing*. Sehingga dapat ditentukan *network* mana (melalui *interface* tertentu) yang akan dikirim. Pada layer ini juga terjadi segmentasi data, panjang paket yang akan dikirimkan harus sesuai dengan kondisi media komunikasi dari jaringan yang akan dilalui. Protokol dalam lapisan ini menyiapkan data dalam bentuk yang paling sesuai untuk dikirimkan melalui media komunikasi tertentu. Selanjutnya data siap dikirimkan ke *layer network interface*.

Pada *layer Network Interface* ini data diubah menjadi besaran-besaran listrik atau fisik seperti tegangan, arus, gelombang radio maupaun cahaya, sesuai dengan media yang digunakan yang menghasilkan *bit-bit* data yang siap untuk

dikirim. Setelah *bit-bit* sampai ke komputer penerima, proses *decapsulatin* atau kebalikan dari *encapsulation* dilakukan. Data dibuka *header*nya satu persatu, mulai dari *layer* terbawah hingga *layer* paling atas. Setelah sampai pada *layer Application* barulah data yang sebenarnya bisa terbaca oleh aplikasi TCP/IP.

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebauh alat pengendali berukuran mikro atau sangat kecil yang dikemas dalam bentuk *chip*. Sebuah mikrokontroler pada dasarnya bekerja seperti sebuah mikroprosesor pada komputer. Keduanya memiliki sebuah *CPU* yang menjalankan instruksi program, melakukan logika dasar, dan pemindahan data[3].

2.4.1 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 input *analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, jack listrik, dan tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Arduino Uno menggunakan kabel USB untuk menghubungkan ke komputer. Sumber tegangan didapat dari adaptor AC-DC atau dapat juga menggunakan baterai. Pada Gambar II.19 adalah bentuk fisik Arduino Uno.



Gambar II.19 Arduino Uno

2.4.2 Arduino Ethernet Shield

Arduino Ethernet Shield menambah kemampuan Arduino board agar terhubung ke jaringan komputer. Ethernet shield berbasiskan *chip* Ethernet Wiznet W5100. Ethernet library digunakan dalam menulis program agar arduino board dapat terhubung ke jaringan dengan menggunakan arduino ethernet shield. Pada ethernet shield terdapat sebuah slot micro-SD, yang dapat digunakan untuk menyimpan file yang dapat diakses melalui jaringan. Onboard micro-SD card reader diakses dengan menggunakan SD library.

Arduino board berkominikasi dengan W5100 dan SD card mengunakan bus SPI (*Serial Peripheral Interface*). Komunikasi ini diatur oleh library SPI.h dan Ethernet.h. Bus SPI menggunakan pin digital 11, 12 dan 13 pada Arduino Uno. Pin digital 10 digunakan untuk memilih W5100 dan pin digital 4 digunakan untuk memilih SD card. Pin-pin yang sudah disebutkan sebelumnya tidak dapat digunakan untuk input/output umum ketika menggunakan ethernet shield. Karena W5100 dan SD card berbagi bus SPI, hanya salah satu yang dapat aktif pada satu waktu. Berikut gambar bentuk fisik Arduino Ethernet Shield.



Gambar II.20 Arduino Ethernet Shield

2.4.3 Arduino Xbee Shield

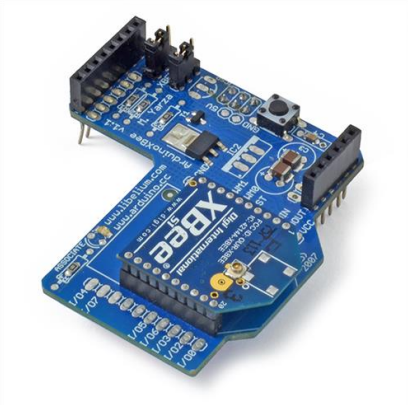
Xbee Shield memungkinkan Arduino untuk berkomunikasi secara *wireless* menggunakan Zigbee. Modul ini dapat berkomunikasi hingga 100 meter di dalam ruangan atau 300 kaki di luar ruangan dengan kondisi *line-of-sight*. Xbee Shield ini dapat digunakan sebagai pengganti kabel serial atau USB atau dapat dikonfigurasi untuk berbagai pilihan jaringan *broadcast* dan mesh. Xbee Shield

juga menyediakan pin header untuk penggunaan pin digital 2 sampai 7 dan input analog (pin digital 8 sampai 13 tidak terhalang oleh Shield, sehingga dapat menggunakan header di papan itu sendiri).

Xbee Shield memiliki dua *jumper* (lengan plastik removable kecil yang masing-masing cocok ke dua dari tiga pin berlabel Xbee / USB). Ini menentukan bagaimana komunikasi serial Xbee yang terhubung ke komunikasi serial antara mikrokontroler (ATmega8 atau ATmega168) dan FTDI USB-to-serial chip pada board Arduino.

Dengan *jumper* di posisi Xbee, pin DOUT modul Xbee terhubung ke pin RX dari mikrokontroler; dan DIN terhubung ke TX. Perhatikan bahwa RX dan TX pin dari mikrokontroler masih terhubung ke TX dan RX pin (masing-masing) dari chip FTDI - data yang dikirim dari mikrokontroler akan dikirim ke komputer melalui USB serta dikirim secara nirkabel dengan modul Xbee. Mikrokontroler, bagaimanapun, hanya akan dapat menerima data dari modul Xbee, tidak lebih dari USB dari komputer.

Dengan *jumper* pada posisi USB (yaitu pada dua pin terdekat di tepi papan), DOUT pin modul Xbee terhubung ke pin RX *chip FTDI*, dan DIN pada modul Xbee terhubung ke pin TX chip FTDI. Ini berarti bahwa modul Xbee dapat berkomunikasi langsung dengan komputer. Jika mikrokontroler yang tersisa di papan Arduino, maka akan dapat berkomunikasi dengan komputer biasanya melalui USB, tetapi tidak komputer atau mikrokontroler akan dapat berkomunikasi dengan modul Xbee. Berikut gambar bentuk fisik Arduino Xbee Shield.



Gambar II.21 Arduino Xbee Shield

2.4.4 Arduino Relay Shield

Arduino Relay Shield V2.1 mampu mengendalikan 4 relay. Memliki daya maksimal DC 90W atau AC 360VA. Hal ini dimungkinkan untuk mengontrol Relay Shield melalui Arduino / DFRduino menggunakan IOS digital dengan eksternal 7 sampai 12V. Dengan dibangun socket Xbee, maka dapat dikontrol secara nirkabel melalui Xbee / bluetooth / WPM. Berikut gambar bentuk fisik Arduino Relay Shield.



Gambar II.22 Arduino Relay Shield

2.4.5 Bahasa Perograman C Untuk Mikrokontroler

Bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk memrogram mikrokontroler sudah banyak yang mendukung diantaranya bahasa C, Basic Stamp, BASCOM, Assembler, dan masih banyak bahasa yang telah mendukung untuk melakukan pemrograman mikrokontroler. Digunakan Bahasa Pemrograman C karena bahasa C lebih dikenal dibandingkan dengan bahasa pemrograman yang lain. Pada dasarnya bahasa pemrograman C untuk mikrokontroler sama dengan bahasa pemrograman C untuk PC, akan tetapi ada sedikit perbedaan pada proses pengaksesan register dan memori yang digunakan di dalam pemrograman mikrokontroler[5].

2.5 Protokol Zigbee

ZigBee adalah sebuah kumpulan spesifikasi untuk *wireless personal area network* (WPAN). koneksi radio digital antara komputer dan perangkat terkait. ZigBee menyediakan spesifikasi untuk perangkat yang memiliki kecepatan data rendah, konsumsi daya yang sangat rendah dan karena itu umur baterai yang tahan

lama. ZigBee memungkinkan untuk dibentuk ke dalam sebuah jaringan dan di mana semua perangkat yang mampu berkomunikasi dan dikendalikan oleh satu unit. Beberapa aplikasi dari Zigbee yaitu *Home Automation, Zigbee Smart Energy, Telecommunication Application,* dan *Personal Home*. Hubungan antara IEEE 802.15.4 dan ZigBee adalah serupa dengan antara IEEE 802.11 dan Wi-Fi Alliance. Untuk tujuan non-komersial, spesifikasi ZigBee tersedia gratis untuk masyarakat umum.

ZigBee adalah salah satu standar protokol komunikasi global yang dirumuskan oleh IEEE 802.15 seri keempat. Standar lain seperti Bluetooth dan IrDA alamat tinggi aplikasi data tingkat seperti suara, video dan komunikasi LAN. Jangkauan maksimum yang ditentukan operasi untuk perangkat ZigBee adalah 250 kaki (76m), secara substansial lebih jauh dari itu digunakan oleh perangkat Bluetooth.

2.5.1 Karekteristik Zigbee

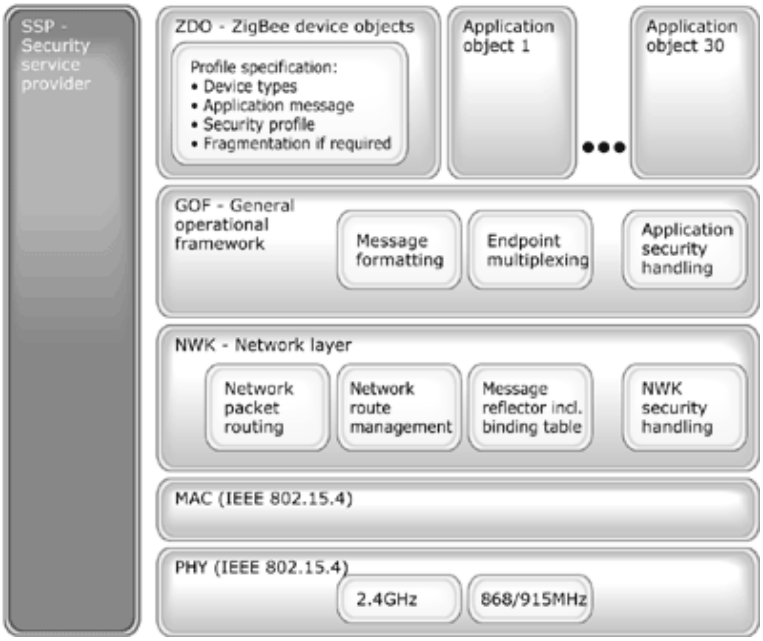
Fokus aplikasi jaringan di bawah standar IEEE 802.15.4/ZigBee mencakup fitur konsumsi daya yang rendah, dibutuhkan hanya dua mode utama (Tx / Rx atau *Sleep*) densitas tinggi dari node per jaringan, biaya rendah dan implementasi sederhana. Fitur-fitur tersebt diaktifkan oleh karakteristik sebagai berikut:

1. 2.4GHz dan 868/915 MHz dual mode PHY. Tiga lisensi pita frekuensi bebas biaya yaitu 2,4-2,4835 GHz, 868-870 MHz dan 902-928 MHz. Jumlah saluran yang dialokasikan untuk masing-masing pita frekuensi tetap pada enam belas. Frekuensi tinggi berlaku di seluruh dunia, dan *band* yang lebih rendah di wilayah Amerika Utara, Eropa, Australia dan Selandia Baru.
2. Konsumsi daya yang rendah, dengan daya tahan baterai mulai dari bulan ke tahun. Dalam standar ZigBee, daya tahan baterai yang lebih lama dicapai oleh salah satu dari dua cara: koneksi jaringan terus menerus dan perlahan tapi pasti menghabiskan baterai, atau koneksi terputus-putus dan lebih lambat menghabiskan baterai.

3. Kecepatan data maksimal yang diperbolehkan untuk masing-masing *band* frekuensi ini tetap 250 kbps pada 2,4 GHz, 40 kbps pada 915 MHz, dan 20 kbps pada 868 MHz.
4. Akses channel menggunakan *Carrier Sense Multiple Access* dengan *Collision Avoidance* (CSMA - CA).
5. Ruang pengalamatan hingga 64 bit IEEE perangkat alamat, 65.535 jaringan.
6. Sepenuhnya dapat diandalkan "*hand-shaked*" transfer data protokol.

2.5.2 Arsitektur Zigbee

ZigBee Alliance, sebuah kelompok kerja industri mengembangkan perangkat lunak aplikasi standar di atas IEEE 802.15.4 standar nirkabel. Berikut pada gambar II.24 arsitektur Zigbee *stack*.



Gambar II.23 Arsitektur Zigbee *Stack*

Setelah Open System Interconnection (OSI), model referensi standar protokol Zigbee *stack* terstruktur di dalam lapisan. Dua lapisan pertama, fisik (PHY) dan media akses (MAC), yang didefinisikan oleh standar IEEE 802.15.4. Lapisan atas didefinisikan oleh ZigBee Alliance[7].

2.5.3 Jenis Perangkat

Jaringan Zigbee menggunakan 3 jenis perangkat yaitu:

1. *Network Coordinator*

   Koordinator Jaringan memberikan pengetahuan jaringan secara keseluruhan. Perangkat tersebut yang paling canggih dari tiga jenis perangkat yang lain, dan membutuhkan memori yang besar dan daya komputasi.

2. *Full function device(FFD)*

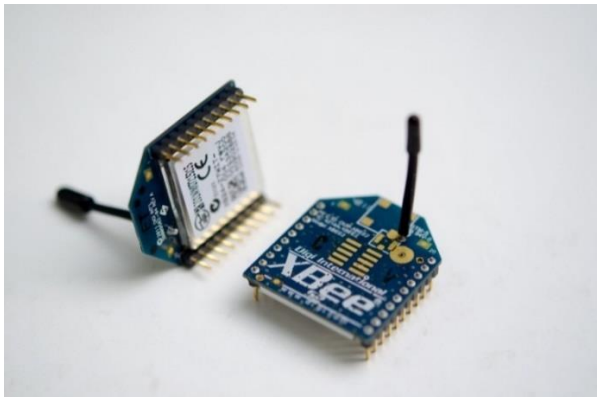
   Mendukung semua 802.15.4 fungsi dan fitur yang ditetapkan oleh standar. Hal ini dapat berfungsi sebagai koordinator jaringan. Memori tambahan dan daya komputasi membuatnya ideal untuk fungsi router jaringan biasa disebut Zigbee Router.

3. *Reduced funtion device(RFD)*

   Fungsi terbatas (seperti yang ditetapkan oleh standar) fungsionalitas untuk biaya yang lebih rendah dan kompleksitas. Perangkat ini hanya membutuhkan memori yang sangat kecil yang memiliki fungsi untuk menyampaikan data pada *parent node* (*Coordinator* atau *Router*). Perangkat ini umumnya ditemukan di perangkat tepi jaringan. Atau sering disebut Zigbee *End Device.*

2.5.4 Xbee

XBee merupakan modul yang memungkinkan Arduino untuk berkomunikasi secara *wireless* menggunakan protokol Zigbee[8]. Zigbee beroperasi pada spesifikasi IEEE 802.15.4 radio fisik dan beroperasi pada band berlisensi termasuk 2.4 GHz, 900 MHz dan 868 MHz. Basis XBee berasal dari modul MaxStream dan Digi, modul ini memungkinkan komunikasi *wireless* dalam jangkauan hingga 30meter (dalam ruangan) atau 100 meter (luar ruangan). XBee dapat digunakan sebagai pengganti kabel serial, dapat juga digunakan sebagai mode perintah untuk suatu *broadcast*, dan pilihan menghubungkan suatu jaringan. Berikut bentuk fisik modil Xbee.



Gambar II.24 Modul Xbee