

DIKTAT

JARINGAN DAN KOMUNIKASI

**D
I
S
U
S
U
N**

Oleh :

**Mhd Ikhsan Rifki, M.T.
NIP. 199205052020121023**



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

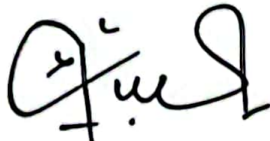
DIKTAT

MATA KULIAH : JARINGAN DAN KOMUNIKASI
SEMESTER : V (LIMA)
PROGRAM STUDI : ILMU KOMPUTER
FAKULTAS : SAINS DAN TEKNOLOGI UIN SUMATERA UTARA

DISAHKAN OLEH
TANGGAL : 28 NOVEMBER 2022
DI : MEDAN

MEDAN, 28 AGUSTUS 2022

Mengetahui
Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si
NIP. 19811106 2005 01 1003

SURAT REKOMENDASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si

NIP. : 19811106 200501 1 003

Pangkat/ Gol. : Penata Tk. I (III/d)

Unit Kerja : Fakultas Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa diktat saudara

Nama : Mhd Ikhsan Rifki, M.T.

NIP : 19920505 202012 1 023

Pangkat/ Gol. : Penata Muda Tk. I (III/b)

Unit Kerja : Program Ilmu Komputer

Fakultas Sains dan Teknologi UIN SU Medan

Judul Diktat : Jaringan dan Komunikasi

Telah memenuhi syarat sebagai suatu karya ilmiah (Diktat) dalam mata kuliah jaringan dan komunikasi pada Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Demikianlah rekomendasi ini diberikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Medan, 28 November 2022
Konsultan,



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si
NIP. 19811106 200501 1 003

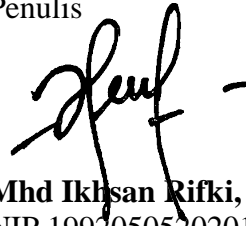
KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil Alamiin, segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam berkat anugerah waktu dan petunjuk-Nya penulis dapat menyelesaikan diktat perkuliahan dengan judul “**Jaringan dan Komunikasi**”. Sholawat berangkaikan salam semoga selalu tercurah pada baginda Nabi besar Muhammad SAW beserta ahlu bait, sahabatnya sampai dengan akhir zaman.

Penulisan diktat bertujuan untuk melengkapi persyaratan usulan jabatan fungsional pertama. Diktat ini juga diharapkan dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan, khususnya bidang ilmu komputer serta sebagai salah satu media integrasi nilai-nilai Islam yang terpadu dalam proses pembelajaran di lingkungan Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.

Dalam penulisan diktat perkuliahan, penulis sangat menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang perlu perbaikan dalam upaya penyempurnaan, sumbangsih pemikiran yang positif, sangat penulis harapkan dari rekan-rekan sejawat terutama dari dosen-dosen senior. Semoga diktat ini dapat diperkaya melalui evaluasi terus menerus. Terimakasih penulis ucapkan kepada pimpinan fakultas sains dan teknologi, pimpinan program studi serta kepada semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, ribuan terimakasih diucapkan atas bantuan doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis terima selama proses penulisan diktat perkuliahan.

Medan, 28 November 2022
Penulis



Mhd Ikhsan Rifki, M.T.
NIP.199205052020121023

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
DIKTAT.....	i
SURAT REKOMENDASI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I.....	1
KOMUNIKASI DATA.....	1
1.1. Perkembangan Sistem Komunikasi.....	1
1.2. Definisi Komunikasi Data.....	3
1.3. Representasi Komunikasi Data	4
1.4. Gelombang Elektromagnetik	5
BAB II.....	7
SINYAL DAN DATA	7
2.1. Sinyal dan Data	7
2.2. Attribut Sinyal	8
2.2.1. Amplitudo	8
2.2.2. Frekuensi.....	9
2.3. Pembangkitan Sinyal.....	10
2.3.1. Sinyal Sinusoidal	11
2.3.2. Sinyal Square	11
2.3.3. Sinyal Rectangular	13
2.3.4. Gaussian Pulse	13
2.4. Sinyal Analog.....	14
2.5. Sinyal Digital	17
BAB III	19
SISTEM KOMUNIKASI	19
3.1. Model Sistem Komunikasi.....	19
3.1.2. Komunikasi Simplex.....	19

3.1.3.	Komunikasi Half Duplex	20
3.1.4.	Komunikasi Full Duplex.....	21
BAB IV	.....	22
JARINGAN KOMPUTER	.....	22
4.1.	Komponen Jaringan Komputer	22
4.1.1.	Komponen Hardware	23
4.1.2.	Komponen Software	24
4.2.	Media Transmisi.....	26
4.3.	Struktur Jaringan	33
4.4.	Teknologi Jaringan Komunikasi	36
4.4.1.	Personal Area Networks (PAN).....	36
4.4.2.	Local Area Network (LAN).....	37
4.4.3.	Metropolitan Area Networks (MAN).....	38
4.4.4.	Wide Area Networks (WAN)	38
4.5.	Topologi Jaringan.....	39
4.6.	Arsitektur Jaringan Data	43
BAB V	.....	52
KOMUNIKASI WIRELESS	.....	52
5.1.	Komunikasi Nirkabel	52
5.2.	Modulasi.....	55
5.2.1.	Modulasi Analog.....	57
5.2.2.	Amplitude Modulation (AM).....	58
5.2.3.	Modulasi Frekuensi (FM)	60
5.2.4.	Modulasi Fasa (PM).....	61
5.3.	Modulasi Digital.....	64
5.3.1.	Amplitude-Shift Keying (ASK).....	64
5.3.2.	Frequency-Shift Keying (FSK).....	65
5.3.3.	Phase-Shift Keying (PSK)	66
5.4.	Multiplexing	67
5.4.1.	Frequency Division Multiplexing (FDM).....	67
5.4.2.	Time Division Multiplexing (TDM).....	69
5.4.3.	Code Division Multiplexing (CDM).....	72
5.4.4.	Wavelength Division Multiplexing (WDM).....	72
DAFTAR PUSTAKA	.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Ilustrasi Media Penyampaian Informasi Sebelum Listrik ditemukan ...	2
Gambar 1.2.	Penemuan Perangkat Komunikasi	2
Gambar 1.3.	Ilustrasi Komunikasi	3
Gambar 1.4.	Blok Diagram Pengiriman Data Pada Jaringan Komunikasi	4
Gambar 2.1.	Klasifikasi Jenis Sinyal Pada Jaringan Komunikasi	7
Gambar 2.2.	Ilustrasi Bentuk Sinyal Analog	8
Gambar 2.3.	Ilustrasi Bentuk Sinyal Digital	8
Gambar 2.4.	Ilustrasi Bentuk Amplitudo Sinyal.....	9
Gambar 2.5.	Ilustrasi Perbedaan Level Nilai Frekuensi	10
Gambar 2.6.	Hasil Pembangkitan Gelombang Sinusoidal.....	11
Gambar 2.7.	Hasil Pembangkitan Gelombang Square.....	12
Gambar 2.8.	Hasil Pembangkitan Gelombang Rectangular	13
Gambar 2.9.	Hasil Pembangkitan Gelombang Gaussian Pulse Signal	14
Gambar 2.10.	Diskontinuitas Gelombang Analog.....	14
Gambar 2.11.	Gelombang Sinus dengan Lima Siklus	15
Gambar 2.12.	Gelombang Sinus dengan Berbagai Variasi Nilai Sudur Fase.....	16
Gambar 2.13.	Data <i>Voice Call</i>	17
Gambar 3.1.	Konsep Komunikasi Simplex	20
Gambar 3.2.	Konsep Komunikasi Half Duplex	20
Gambar 3.3.	Konsep Komunikasi Full Duplex.....	21
Gambar 4.1.	Komponen Jaringan Komputer	23
Gambar 4.2.	Komponen Software pada Jaringan Komputer	25
Gambar 4.3.	Ilustrasi Pentransmision Data Melalui Media Transmisi Kabel	26
Gambar 4.4.	Ilustrasi Gambar Kabel Twisted Pair	27
Gambar 4.5.	Ilustrasi Bentuk Fisik Kabel Coaxial	28
Gambar 4.6.	Ilustrasi Pembagian Guardband pada Kabel Koaksial	29
Gambar 4.7.	Struktur Penyusun Kabel Fiber Optik.....	30
Gambar 4.8.	Ilustrasi Komponen Penyusun Kabel Fiber Optik	32
Gambar 4.9.	Topologi Jaringan P2P	39
Gambar 4.10.	Topologi Jaringan Point to Multi Point	39
Gambar 4.11.	Topologi Jaringan Point to Multidrop.....	40
Gambar 4.12.	Topologi Jaringan Bus	40
Gambar 4.13.	Topologi Jaringan Ring.....	41
Gambar 4.14.	Topologi Jaringan Star	41
Gambar 4.15.	Topologi Jaringan Tree	42
Gambar 4.16.	Topologi Jaringan Mesh	42
Gambar 4.17.	Ilustrasi Level Lapisan OSI	44
Gambar 5.1.	Ilustrasi Jaringan Transmisi Radio.....	53
Gambar 5.2.	Instalasi Jaringan Komunikasi Seluler.....	54
Gambar 5.3.	Instalasi Jaringan Komunikasi Underwater	55
Gambar 5.4.	Pengelompokan Model dan Jenis Modulasi	57

Gambar 5.5. Blok Diagram Modulasi AM	58
Gambar 5.6. Bentuk Gelombang Sinyal Informasi.....	59
Gambar 5.7. Bentuk Gelombang Sinyal Carrier.....	59
Gambar 5.8. Bentuk Gelombang Sinyal AM Termodulasi	59
Gambar 5.9. Bentuk Gelombang Sinyal FM Termodulasi	61
Gambar 5.10. Diagram Blok Modulasi PM.....	63
Gambar 5.11. Bentuk Sinyal Termodulasi PM.....	63
Gambar 5.12. Bentuk Sinyal Termodulasi ASK.....	64
Gambar 5.13. Bentuk Sinyal Termodulasi FSK	65
Gambar 5.14. Bentuk Sinyal Termodulasi PSK	66
Gambar 5.15. Alokasi Frekuensi Pada Sistem Transmisi FDM	68
Gambar 5.16. Skema FDM Pada Sisi <i>Transmitter</i>	68
Gambar 5.17. Skema Ekstraksi Demultiplexing.....	69
Gambar 5.18. Sistem Transmisi TDM.....	70
Gambar 5.19. Instalasi Pasangan TDM pada Sisi Multiplexer dan Demultiplexer ...	71
Gambar 5.20. Mekanisme <i>switching</i> TDM.....	71
Gambar 5.21. Alokasi Frekuensi Panjang Gelombang Pada Fiber Optik	73
Gambar 5.22. Skema WDM	73
Gambar 5.23. Skema Diagram Blok LPF	74
Gambar 5.24. Hasil Proses Filter LPF	74
Gambar 5.25. Skema Diagram Blok HPF.....	75
Gambar 5.26. Hasil Proses Filter HPF.....	75
Gambar 5.27. Skema Diagram Blok BPF.....	75
Gambar 5.28. Hasil Proses Filter BPF.....	76
Gambar 5.29. Skema Diagram Blok BSF.....	76
Gambar 5.30. Hasil Proses Filter BSF.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Klasifikasi Gelombang Radio Berdasarkan Interval Nilai Frekuensi.....	6
--	---

BAB I

KOMUNIKASI DATA

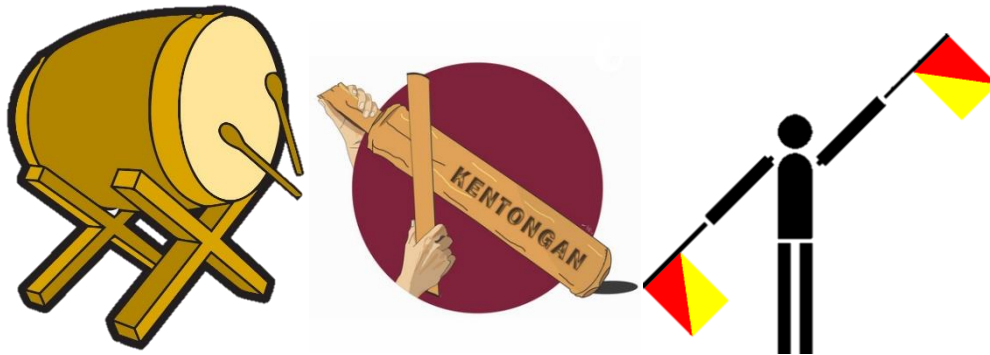
1.1. Perkembangan Sistem Komunikasi

Sebelum ditemukannya pembangkit tenaga listrik, kebutuhan penyampaian informasi ke berbagai lokasi pada tempat yang jauh masih dilakukan secara manual. Pada umumnya pengiriman informasi yang terjadi dalam kondisi ini, mengilustrasikan sistem komunikasi dari satu sumber ke berbagai penerima dengan menggunakan bantuan perangkat-perangkat tradisional. Perangkat yang dimaksud menggunakan kentongan, isyarat dengan menggunakan asap ataupun kode-kode tertentu. Kode dan isyarat ini telah dipahami oleh semua orang yang berada pada daerah tersebut. Misalnya penabuhan bedug dalam penyampaian informasi waktu sholat atau berbuka puasa. Kode atau isyarat tersebut dapat dipahami oleh setiap orang dengan pemahaman yang sama terhadap isyarat bunyi yang dihasilkan dari tabuhan bedug tersebut. Kode lain yang cukup familiar ada bunyi kentongan yang mengisyaratkan keamanan wilayah perkampungan penduduk. Saat kentongan dioperasikan, isyarat atau kode ketukan dideskripsikan melalui bunyi kentongan yang dihasilkan dari ketukan ketongan. Intensitas ketukan pada kentongan yang cenderung lambat memiliki makna yang berbeda dengan ketukan kentongan yang cenderung cepat. Sehingga makna informasi yang disampaikan melalui irama ketukan kentongan akan menghasilkan maksud dan tujuan yang berbeda.

Pengiriman informasi melalui isyarat dan kode tertentu memiliki makna representatif dari informasi yang bersifat penting yang perlu dikirimkan dengan segera. Kondisi tersebut biasanya mencerminkan kondisi darurat, seperti : adanya aktifitas fenomena alam, atau kondisi kritis yang menyangkut keselamatan jiwa atau yang berkaitan dengan kondisi yang terjadi pada pemukiman penduduk, serta yang cukup familiar yaitu kondisi yang berhubungan dengan keamanan suatu wilayah pemukiman penduduk. Sehingga dengan adanya informasi yang dikirimkan seluruh penduduk dapat mempersiapkan segala sesuatu yang diperlukan untuk mengantisipasi kondisi tersebut. Pada prakteknya perangkat tersebut hanya digunakan dalam kondisi tertentu, dan oleh karena itu biasanya hanya beberapa orang saja yang diberikan amanah untuk mengoperasikan perangkat tersebut. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mencegah kesalahan komunikasi dan informasi yang dikirimkan. Mekanisme pengiriman informasi masih bersifat general dan ditujukan untuk banyak orang sekaligus atau dengan istilah yang lebih dikenal dengan komunikasi *broadcast*. Komunikasi ini mendeskripsi sistem komunikasi yang dikirimkan oleh satu pengirim (Tx) yang ditujukan ke lebih dari satu penerima (Rx) diberbagai lokasi. Dampaknya seluruh informasi yang dikirimkan oleh pengirim dapat diterima oleh seluruh orang yang memahami maksud dan tujuan informasi yang diberikan.

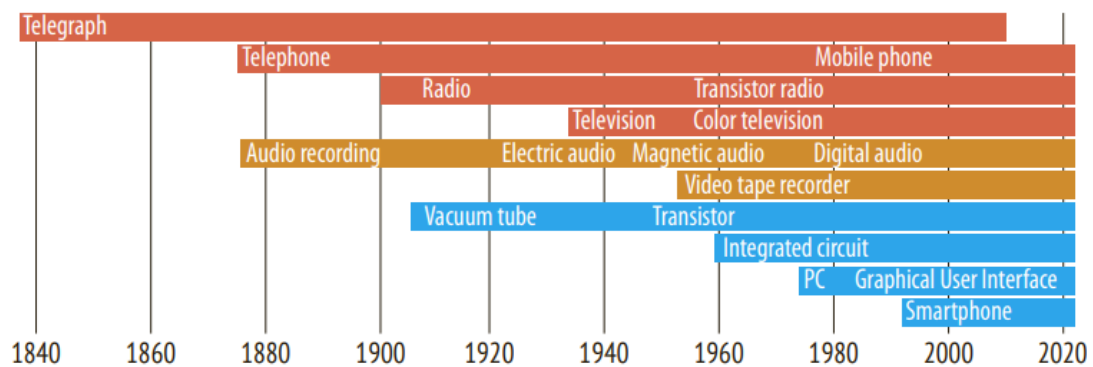
Terdapat beberapa pertimbangan terkait lokasi peletakan perangkat tersebut, biasanya hal ini dilakukan agar setiap pemberitahuan yang diberikan dapat tersebar secara merata ke berbagai tempat. Lokasi penyebaran informasi biasanya diletakkan ditengah-tengah pemukiman warga, atau dapat diletakkan pada daerah yang dipisahkan oleh sungai atau jenis perairan lainnya yang telah disepakati. Tujuan instalasi perangkat komunikasi seperti kentongan atau bedug memiliki peran strategis dalam penyampaian informasi, hal ini berkaitan dengan *coverage* area yang meliputi jangkauan pendistribusian informasi yang diharapkan dapat tersampaikan secara baik.

Pertimbangan lokasi juga tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor kondisi geografis alam, seperti pegunungan, perbukitan serta lembah serta bentuk geogradis alam lainnya. Beberapa ilustrasi perangkat isyarat yang digunakan dalam penyampaian informasi sebelum adanya alat komunikasi diilustrasikan pada Gambar (1.1).



Gambar 1.1. Ilustrasi Media Penyampaian Informasi Sebelum Listrik ditemukan

Perubahan teknologi komunikasi semakin berkembang saat adanya penemuan listrik. Listrik digunakan sebagai media sumber daya yang paling dibutuhkan untuk mengoperasikan sistem komunikasi, yang saat ini secara keseluruhan merupakan perangkat elektronik. Sistem komunikasi yang merupakan kumpulan perangkat elektronik dengan berbagai fungsi, memiliki peluang perkembangan ke arah yang lebih mutakhir seiring ditemukan berragam jenis komponen-komponen elektronika seperti diode, transistor, *integrated circuit* dan berbagai jenis komponen lainnya. Berdasarkan temuan tersebut, maka banyak orang yang berusaha melakukan eksperimen dan penelitian yang berkaitan dengan implementasi penggunaan komponen elektronik dalam memutakhirkan teknologi dibidang komunikasi yang dapat menutupi segala kekurangan yang terdapat pada teknologi sebelumnya. Pembaharuan teknologi mendeskripsikan tujuan pemenuhan kebutuhan dalam mengakomodir faktor jarak antara pengirim dan penerima. Sehingga sistem komunikasi yang dirancang dapat mengirimkan informasi pada jarak yang jauh serta dapat dilakukan secara lebih cepat dan efisien. Beberapa perangkat komunikasi yang ditemukan dapat diilustrasikan pada Gambar (1.2)¹



Gambar 1.2. Penemuan Perangkat Komunikasi

¹ Philip A. Loubere, *A History of Communication Technology* (New York: Routledge, 2021).

1.2. Definisi Komunikasi Data

Komunikasi data secara hafiah terdiri dari 2 (dua) kata, yaitu komunikasi dan data. Komunikasi memiliki esensi sebagai sebuah interaksi antara 2 (dua) orang dengan tujuan memberikan serta bertukar informasi satu dengan yang lain melalui isyarat, atau lisan dengan maksud tertentu. Mekanisme terjadinya komunikasi paling sedikit melibatkan 2 orang, dimana orang pertama akan diinisialisasi sebagai pengirim informasi dan yang lainnya akan diinisialisasi sebagai penerima informasi. Pengirim akan mengirimkan informasi secara lisan, menghasilkan suara yang membutuhkan media perambatan. Media perambatan yang digunakan dalam komunikasi lisan adalah udara. Informasi yang dikirimkan, berupa suara akan merambat melalui media udara hingga sampai pada penerima informasi. Hal yang sama juga akan dilakukan oleh penerima informasi sebagai bentuk respon terhadap informasi yang diterima. Ilustrasi komunikasi pada keseharian dapat dilihat pada Gambar (1.3).



Gambar 1.3. Ilustrasi Komunikasi

Komunikasi secara lisan memiliki perbedaan yang cukup signifikan dengan sistem komunikasi yang menggunakan jaringan. Perbedaan paling mendasar terlihat pada komunikasi lisan bersifat langsung, tanpa bantuan perangkat pendukung. Sementara sistem komunikasi dengan menggunakan jaringan membutuhkan beberapa instalasi jaringan komunikasi serta membutuhkan perangkat pendukung yang dapat mengakomodir pemrosesan informasi. Jenis informasi yang dikirimkan, berupa suara akan merambat melalui media udara hingga sampai pada penerima informasi. Informasi yang dikirimkan memiliki jenis informasi berupa suara. Dalam konteks komunikasi data, suara yang dikirimkan oleh pengirim merupakan salah satu bentuk dari informasi, sementara beberapa tipe data atau informasi yang sering saat ini familiar dipertukarkan dalam sistem komunikasi dapat berupa : teks, suara, serta berbagai jenis informasi multimedia, seperti gambar (*image*) dengan berbagai format seperti JPG, PNG, Bitmap dan sebagainya. Sementara bentuk informasi multimedia lainnya dapat dimisalkan dengan berbagai format yang bervariasi, umumnya memiliki format MP4, MPG, MKV, AVI dan sebagainya.

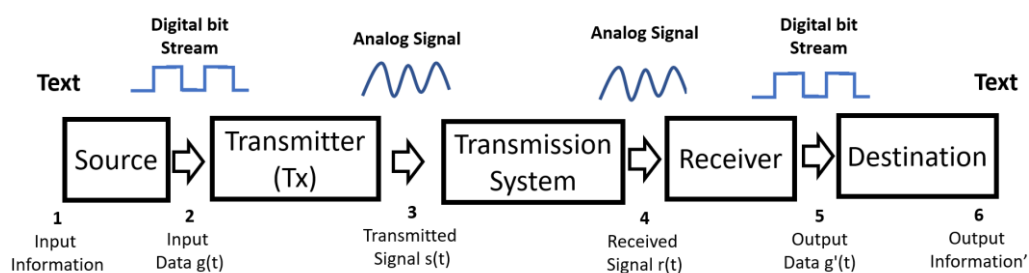
Pada jaringan sistem komunikasi membutuhkan beberapa perangkat komunikasi dengan fungsi khusus, sehingga perlu dilakukan beberapa penyesuaian, hal ini mendeskripsikan adanya peran jaringan komunikasi yang melibatkan perangkat *hardware*. Perangkat *hardware* berfungsi sebagai penyedia layanan komunikasi yang dapat mengakomodir pemrosesan data yang akan dikirimkan. Adanya keberadaan perangkat *hardware* pada jaringan komunikasi, terdapat beberapa proses tambahan yang dilakukan untuk keperluan sinkronisasi data antara satu *interface* dengan

interface yang lainnya. Hal ini disebabkan adanya perbedaan input dan output data hasil pemrosesan yang mungkin terjadi antar perangkat *hardware* pada jaringan komunikasi. Sehingga perlu dilakukan penyesuaian agar pengolahan informasi yang dikirimkan dapat diproses oleh seluruh perangkat jaringan, serta mencegah terjadinya disinkronisasi dan kegagalan (*error*) dalam pemrosesan data informasi yang dikirim dari pengirim ke penerima informasi.

Bentuk kesalahan informasi yang diterima oleh penerima (Rx) akan berdampak pada keutuhan informasi yang dikirimkan. Hasilnya Rx tidak dapat menerima informasi seutuhnya, sehingga terjadi kesalahan dalam pembacaan serta pemaknaan informasi yang dikirimkan. Pada sistem komunikasi terdapat sebuah faktor Quality of Service (QoS) yang akan mempengaruhi kualitas layanan komunikasi yang digunakan. Hal menjadi perhatian utama faktor QoS pada layanan komunikasi adalah keandalan dan keefektifan suatu sistem komunikasi dalam memberikan layanan komunikasi terhadap penggunaannya. Dalam proses perancangannya sistem komunikasi dirancang untuk memenuhi kebutuhan penggunaannya, dengan harapan indikator pencapaian mampu mentransmisikan data dalam skala besar, memiliki kecepatan pengiriman data yang sangat cepat dan sesingkat-singkatnya, serta memiliki daya tahan dan dapat meminimalisir level gangguan yang terjadi pada sistem komunikasi.

1.3. Representasi Komunikasi Data

Komunikasi dideskripsikan sebagai sebuah cara interaksi antara satu individu dengan individu lainnya secara langsung maupun tidak langsung. Konsep komunikasi secara langsung dapat dilakukan, jika dua individu atau lebih berada pada waktu dan tempat yang sama. Sedangkan komunikasi secara tidak langsung, pada umumnya terjadi jika salah satu dari dua individu atau lebih berada pada tempat yang berbeda. Pada umumnya kondisi komunikasi tidak langsung dibantu dengan sebuah media yang mampu memfasilitasi faktor jarak antara dua individu yang saling berinteraksi satu dengan yang lainnya. Selain bantuan perangkat komunikasi, dibutuhkan sejumlah perangkat dengan fungsi tertentu yang mampu membantu proses komunikasi untuk saling terhubung satu dengan yang lainnya. Sejumlah perangkat ini diinstalasi sesuai dengan kebutuhan berdasarkan hasil perancangan sistem yang telah disesuaikan dengan parameter layanan komunikasi, disamping itu hasil perancangan yang dilakukan harus mampu mengakomodir kebutuhan koneksi dan layanan komunikasi. Hal ini bertujuan untuk memberikan layanan komunikasi yang optimal dan dapat memenuhi standar QoS sebagai acuan instalasi jaringan sistem komunikasi, serta sebagai standar mutu layanan komunikasi yang akan digunakan oleh *user* dalam melakukan interaksi komunikasi antara satu dengan yang lainnya. Ilustrasi konsep pengiriman data dari suatu sistem jaringan komunikasi dilihat pada Gambar (1.4.).



Gambar 1.4. Blok Diagram Pengiriman Data Pada Jaringan Komunikasi

Berdasarkan Gambar. terdapat beberapa elemen yang memiliki fungsi tertentu dalam jaringan komunikasi. Jabaran definisi dan fungsi dari jaringan komunikasi dapat diuraikan

1. Source : Berfungsi sebagai pembangkit data yang akan ditransmisikan
2. Transmitter : Berfungsi sebagai media yang menyesuaikan bentuk sinyal transmisi
3. Transmissin System : Berperan sebagai penyedia media komunikasi antara *transmitter* dengan *receiver*
4. Receiver : Berfungsi sebagai pengkonversi sinyal transmisi ke dalam bentuk data
5. Destination : Berperan sebagai penerima data hasil konversi sinyal transmisi

1.4. Gelombang Elektromagnetik

Pada sistem komunikasi, interaksi yang dilakukan berorientasi pertukaran informasi dari satu individu ke individu lainnya. Nilai informasi yang dikirimkan memiliki nilai-nilai penting yang harus disampaikan. Informasi mengilustrasikan sebuah representasi data dengan berbagai bentuk, seperti suara, gambar, video dan berbagai jenis lainnya. Dalam visualisasi manusia data dapat dilihat secara fisik, serta dapat didengar secara langsung. Namun dalam perpektif perangkat komunikasi yang memiliki sistem tertentu. Deretan data yang berisikan informasi, akan dipresentasikan dalam bentuk nilai-nilai tertentu yang digambarkan pada sebuah grafik. Grafik yang divisualisasikan akan menyesuaikan dengan bentuk data yang diperoleh. Nilai-nilai yang terangkum pada grafik dengan nilai-nilai informasi dapat disebut dengan sinyal. Sinyal memberikan ilustrasi data dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Pada gelombang elektromagnetik terdapat beberapa komponen penyusun sebagai berikut :

1. Frekuensi (f) merupakan jumlah getaran gelombang yang terjadi dalam setiap detik. Representasi satuan frekuensi adalah hertz (Hz)
2. Kecepatan cahaya (c) mengilustrasikan besaran intensitas cahaya yang merambat pada media udara setiap meter (m) per detik (s). Level nilai kecepatan cahaya merupakan sebuah ketetapan nilai ketetapan yang memiliki nilai sebesar 3×10^8 m/s.
3. Panjang gelombang (λ) mendeskripsikan level panjang jarak pola gelombang dalam satuan meter (m).

Jabaran panjang gelombang merupakan hasil perbandingan antara variabel kecepatan cahaya berbanding dengan variabel frekuensi. Sehingga pendekatan panjang gelombang dapat diperoleh dengan menggunakan formulasi matematis pada persamaan (1.1)

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.1)$$

Berdasarkan persamaan (1.1), nilai variabel panjang gelombang (λ) akan memiliki yang berbanding terbalik dengan nilai variabel frekuensi (f) . Sehingga jika diilustrasikan secara detail perbandingan antara kedua variabel tersebut memiliki kesimpulan sebagai berikut :

1. Jika nilai frekuensi (f) yang dihasilkan memiliki nilai yang tinggi, maka secara komputasi matematis nilai variabel panjang gelombang (λ) akan memiliki nilai yang pendek.
2. Sebaliknya jika nilai sebuah variabel frekuensi (f) memiliki nilai yang rendah, maka dengan perbandingan non-linier panjang gelombang (λ) akan memiliki nilai yang panjang.

Klasifikasi gelombang radio berdasarkan interval nilai frekuensinya diuraikan pada Tabel (1.1)².

Tabel 1.1. Klasifikasi Gelombang Radio Berdasarkan Interval Nilai Frekuensi

Jumlah Band (N)	Jenis Frekuensi	Akronim	Interval frekuensi (Hz)	Panjang Gelombang (λ) (meter)
-	Extremely Low Frequency	ELF	$< 3 \times 10^5$	$> 10^5$
4	Very Low Frequency	VLF	$(3 \text{ to } 30) \times 10^3$	$10^4 \text{ to } 10^5$
5	Low Frequency	LF	$(30 \text{ to } 300) \times 10^3$	$10^3 \text{ to } 10^4$
6	Medium Frequency	MF	$(0.3 \text{ to } 3) \times 10^6$	$10^2 \text{ to } 10^3$
7	High Frequency	HF	$(3 \text{ to } 30) \times 10^6$	$10 \text{ to } 10^2$
8	Very High Frequency	VHF	$(30 \text{ to } 300) \times 10^6$	$1 \text{ to } 10$
9	Ultra High Frequency	UHF	$(0.3 \text{ to } 3) \times 10^9$	$10^{-1} \text{ to } 1$
10	Super High Frequency	SHF	$(3 \text{ to } 30) \times 10^9$	$10^{-3} \text{ to } 10^{-2}$
11	Extremely High Frequency	EHF	$(30 \text{ to } 300) \times 10^9$	$10^{-4} \text{ to } 10^{-3}$

Gelombang elektromagnetik memiliki nilai-nilai muatan listrik yang diimplementasikan pada komunikasi data, yang sering disebut dengan penamaan gelombang radio. Berdasarkan Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Gelombang radio didefinisikan sebagai gelombang elektromagnetik frekuensi radio. Setiap frekuensi radio dalam besaran tertentu termasuk dalam spektrum radio yang memiliki rentang dimulai hanya berlevel beberapa hertz (Hz) hingga 3 THz, yang dibagi ke dalam beberapa pita frekuensi yang diatur dalam standar International Telecommunication Union (ITU) implementasinya meliputi sistem komunikasi nirkabel, komunikasi satelit, *Wireless Local Area Network* (WLAN), sistem radar, telemetri, *radio remote control*, navigasi radio dan astronomi radio. Berdasarkan hal tersebut, gelombang elektromagnetik dapat diaplikasikan untuk memancarkan atau mengirimkan informasi secara nirkabel pada jarak yang jauh, sesuai dengan daya dan jangkauan sistem komunikasi yang digunakan.

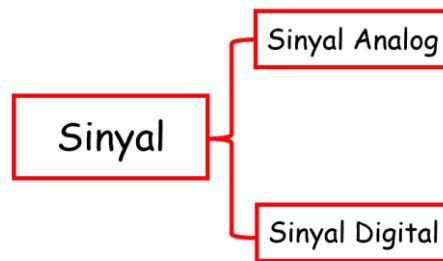
² Saakian Artem, *Radio Wave Propagation Fundamentals*, Second Edi (Norwood: Artech House, 2021).

BAB II

SINYAL DAN DATA

2.1. Sinyal dan Data

Pada konsep komunikasi data, data merupakan kumpulan dari beberapa informasi yang akan dipertukarkan selama proses komunikasi pada suatu jaringan komunikasi. Data yang dikirimkan memiliki berbagai jenis, diantaranya adalah suara, teks, video, multimedia dan sebagainya. Pada jaringan komunikasi data akan dikirimkan ke berbagai tujuan dengan pengalamatan khusus yang menjadi identitas valid yang dikenali oleh sebuah jaringan komunikasi. Pada jaringan komunikasi, suatu data dalam format aslinya tidak dapat dikirimkan secara langsung. Misalnya sebuah data memiliki informasi berjenis suara, jenis data ini tidak dapat dikenali oleh perangkat komunikasi, sehingga harus diproses dan dikonversi ke dalam format tertentu untuk dapat dikomputasi serta diolah untuk dapat dikirimkan pada jaringan komunikasi. Pada kondisi ini, file suara akan dikonversi menjadi sebuah bentuk sinyal listrik dengan bantuan perangkat komunikasi, sehingga sinyal listrik ini akan mengandung nilai-nilai informasi yang sama dengan informasi dalam bentuk suara. Sinyal listrik yang merepresentasikan nilai-nilai informasi, merupakan format ideal yang dapat diolah dan diproses oleh perangkat komunikasi. Hal ini disebabkan karena seluruh perangkat komunikasi merupakan perangkat elektronik dengan fungsi tertentu yang hanya dapat menerima inputan informasi berupa sinyal listrik. Terkait dengan representasi sinyal, maka jenis sinyal yang terdapat pada jaringan komunikasi dibagi kedalam 2 (dua) bagian seperti yang representasikan pada Gambar (2.1).

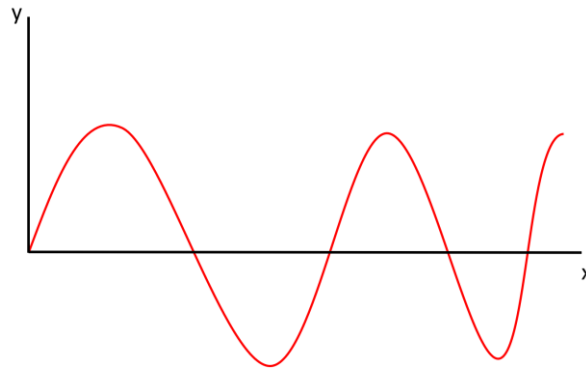


Gambar 2.1. Klasifikasi Jenis Sinyal Pada Jaringan Komunikasi

Pada Gambar. klasifikasi jenis sinyal terdapat 2 (dua) jenis dengan uraian sebagai berikut :

1. Sinyal analog merepresentasikan nilai-nilai informasi dengan bentuk gelombang elektromagnetik yang identik dengan bentuk gelombang sinusoidal
2. Sinyal digital merepresentasikan nilai-nilai informasi berupa bit-bit digital yang memiliki nilai “0” dan “1”.

Keberagaman bentuk sinyal analog dan digital merepresentasikan esensi-esensi informasi dengan makna tertentu. Sehingga bentuk dan susunannya akan memiliki variasi dengan bentuk tertentu sesuai dengan isi informasi yang dikirimkan. Biasanya sinyal analog dan digital dapat dianalisis dan dilihat bentuknya melalui diagram *cartesius* dengan melibatkan kombinasi parameter *amplitude* dan waktu (*time*), atau dapat dianalisa melalui variabel lain seperti level frekuensi. Perbandingan bentuk sinyal analog dan sinyal digital pada sebuah diagram *cartesius* dapat dilihat pada Gambar (2.2) dan Gambar (2.3).



Gambar 2.2. Ilustrasi Bentuk Sinyal Analog



Gambar 2.3. Ilustrasi Bentuk Sinyal Digital

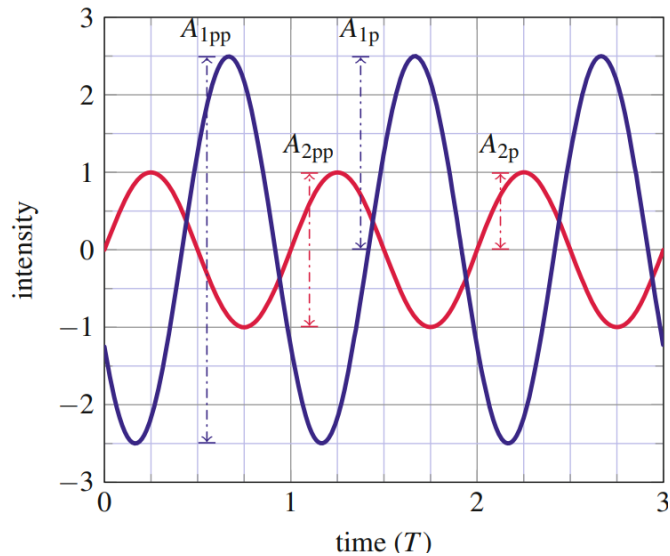
2.2. Atribut Sinyal

Sebuah sinyal mendeskripsikan kumpulan nilai dengan besaran tertentu yang mengandung informasi. Sinyal yang divisualisasikan merupakan bentuk dari kumpulan nilai tegangan yang memiliki besaran amplitudo dan nilai frekuensi gelombang. Seluruh komponen ini tergabung menjadi satu bagian yang merepresentasikan nilai dari suatu sinyal. Uraian atribut suatu sinyal dapat diuraikan sebagai berikut :

2.2.1. Amplitudo

Sebuah sinyal dapat direpresentasikan dengan menggunakan diagram *cartesius*. Hal ini akan mengilustrasikan bidang sinyal pada bagian sumbu x dan sumbu y . Asumsikan jika terdapat sebuah senar gitar, kemudian senar tersebut dipetik dalam satu kali dalam satu waktu dan menghasilkan suara. Amplitudo gelombang suara yang muncul akan dimanifestasikan oleh volume suara, diaman volume suara akan mendefinisikan tinggi rendahnya suatu bunyi atau suara yang dihasilkan dari petikan gitar tersebut. Suara yang dihasilkan gitar akan berbanding linier dengan tingkat kekuatan petikan senar gitar. Suara senar gitar yang dipetik, akan terdengar selama beberapa waktu hingga akhirnya getaran pada gitar berhenti. Selama senar gitar masih bergetar, maka amplitudo yang dihasilkan dari gelombang suara senar gitar akan senantiasa muncul hingga akhirnya secara bertahap amplitudo sinyal akan menurun secara perlahan saat getaran sinyal semakin melemah. Amplitudo gelombang akan kembali ke nilai 0 (amplitudo akan menjadi nol) saat getaran senar gitar benar-benar berhenti. Selain itu, dalam sistem kontrol amplitudo dapat mendefinisikan kondisi aktif atau tidaknya suatu perangkat elektronik yang dikendalikan. Transformasi kondisi yang berasal dari perangkat elektronik akan merubah kondisi amplitudo pada media visualisasi gelombang. Asumsikan sebuah perangkat berada dalam kondisi aktif, pada kondisi ini *supply* tegangan pada yang digambarkan memiliki nilai rata-rata

amplitudo berada pada level besar dari nol. Ilustrasi bentuk nilai amplitudo dapat dilihat pada Gambar (2.4)



Gambar 2.4. Ilustrasi Bentuk Amplitudo Sinyal

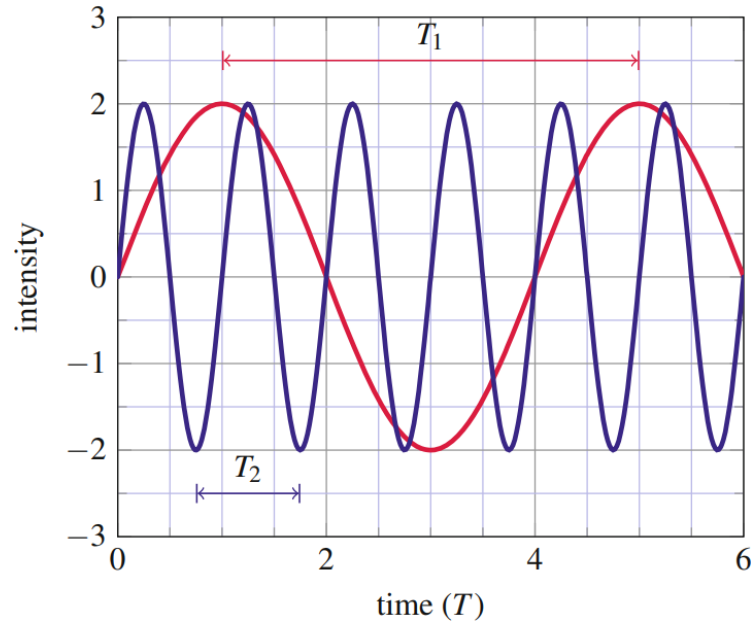
Amplitudo gelombang dapat diukur dengan menggunakan 2 (dua) cara, langkah yang pertama dapat dilakukan pengukuran pada area positif dari titik 0 (nol) dengan berpanduan dengan menggunakan nilai rata-rata ke maksimum gelombang secara vertikal. Hal ini dapat dilihat berdasarkan Gambar () pada titik amplitudo A_{1pp} dan A_{2pp} , dimana indeks variabel pp mendefinisikan kondisi nilai puncak ke puncak (*peak to peak*). Jika dilihat secara lebih detail maka perbandingan nilai puncak A_{1pp} memiliki perbandingan nilai dua kali lebih besar dibandingkan nilai puncak variabel A_{1p} , hal ini disebabkan nilai A_{1p} hanya mengambil setengah nilai puncak *peak to peak*, dimana nilai puncak A_{1p} yang diambil mulai dari titik 0 (nol)

2.2.2. Frekuensi

Frekuensi menjadi salah satu variabel yang tidak dapat dipisahkan sebagai komponen gelombang. Frekuensi berkaitan dengan jumlah waktu yang dibutuhkan suatu gelombang untuk membentuk satu gelombang penuh atau dapat disebut dengan satu periode penuh. Biasanya dalam satu frekuensi terdapat beberapa bentuk gelombang yang berbeda-beda. Jika diasumsikan gelombang yang ditimbulkan berasal dari melodi piano, maka dalam satu melodi piano terdapat beberapa nada yang saling berbeda, maka dalam satu periode gelombang seluruh nada-nada dari melodi piano tersebut akan terakumulasi menjadi satu bagian visual grafik gelombang pada satu interval waktu. Definisi variabel waktu pada suatu gelombang, disimbolkan dengan variabel (T). Jika dalam gelombang A_1 , maka inisialisasi variabel waktu pada gelombang tersebut dapat dituliskan menjadi T_1 . Demikian juga untuk variabel gelombang kedua, ketiga dan seterusnya. Periode waktu (T) dapat diukur pada lokasi yang terletak diantara amplitudo yang memiliki posisi berdekatan.

Periode (T) yang memiliki level nilai yang singkat, mendeskripsikan kerapatan pola gelombang yang berulang dalam suatu interval waktu. Satuan internasional frekuensi dapat disebut dengan Hertz dengan simbol satuan Hz. Jika diketahui sebuah frekuensi dari satu gelombang memiliki level nilai sebesar 1 Hz, maka satu siklus gelombang penuh membutuhkan waktu satu detik untuk

mengilustrasikan bentuk gelombang dalam satu periode gelombang. Ilustrasi bentuk frekuensi sebagai salah satu atribut penyusun gelombang dapat dilihat pada Gambar (2.5).



Gambar 2.5. Ilustrasi Perbedaan Level Nilai Frekuensi

Hubungan level nilai frekuensi dengan periode waktu (T) dapat direpresentasikan dengan menggunakan Persamaan (2.1).

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]} \quad (2.1)$$

Variabel (f) merepresentasikan level nilai frekuensi dalam satuan Hz, sementara variabel T mendefinisikan periode waktu dalam satuan detik. Secara sederhana, representasi bentuk gelombang sinusoidal dapat mengilustrasikan model yang dapat disebut juga dengan rotasi fase. Rotasi fase dapat dituliskan melalui Persamaan (2.2)

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] \quad (2.2)$$

Variabel ω mendefinisikan nilai sudut frekuensi, sementara nilai variabel T dapat digantikan dengan cara melakukan substitusi dengan menggunakan nilai Persamaan (2.2). Fungsi model persamaan (2.2) merepresentasikan kesetaraan antara satu gerakan penuh sepanjang sumbu selama proses transisi, serta fase satu putaran lingkaran penuh yang dinyatakan dalam satuan sudut yang disimbolkan dengan variabel 2π .

2.3. Pembangkitan Sinyal

Ilustrasi model sinyal dapat dilakukan dengan membangkitkan sinyal dengan menggunakan persamaan matematis. Bentuk sinyal yang dibangkitkan memiliki karakteristik dan bentuk yang bervariasi. Pembangkitan sinyal dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* komputasi, seperti Matlab. *Software* Matlab dapat memfasilitasi penggunaannya dalam melakukan proses komputasi pembangkitan sinyal

serta memberikan ilustrasi hasil komputasi yang telah diolah berdasarkan persamaan bentuk suatu sinyal. Beberapa bentuk sinyal dapat direpresentasikan sebagai berikut :

2.3.1. Sinyal Sinusoidal

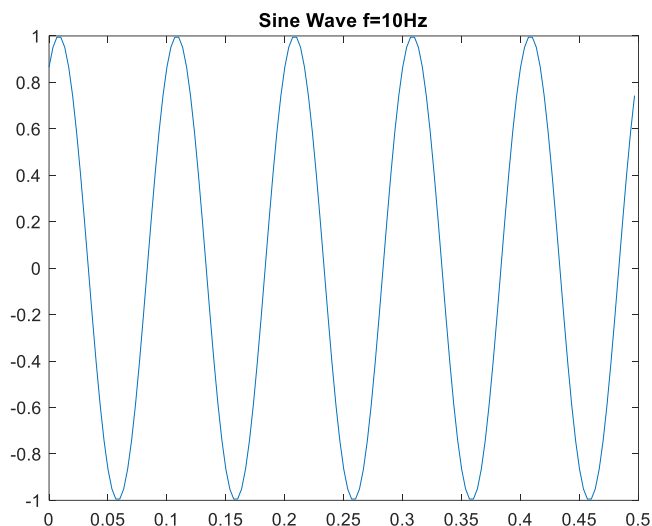
Dalam proses pembangkitan sinyal sinusoidal, langkah awal dilakukan adalah menetapkan frekuensi (f) dari gelombang sinus. Untuk menghasilkan gelombang sinus dengan frekuensi 10 Hz, dengan besaran level amplitudo minimum dan maksimumnya memiliki nilai 1V dan +1V. Maka perlu dilakukan pengambilan *sampling rate*, yang bertujuan untuk mendeskripsikan tingkat intensitas kemunculan sebuah level frekuensi dalam waktu tertentu. Pengambilan *sampling rate* dapat dilakukan dengan menggunakan teori Nyquist Shannon yang akan menghasilkan sinyal kontinu dalam domain waktu. Hasil *sampling rate* menggunakan teori Nyquist Shannon memiliki frekuensi *sampling* (f_s) 2 kali lebih besar dari frekuensi maksimum (f_m) yang terdapat pada frekuensi sinyal sebenarnya. Persamaan teori Nyquist Shannon dapat dituliskan dengan menggunakan persamaan (2.3)³

$$f_s = 2 \cdot f_m \quad (2.3)$$

Keterangan :

f_s : frekuensi sampling
 f_m : frekuensi maksimum

Untuk memperoleh hasil sinyal yang lebih halus, pengambilan sampel harus memiliki nilai yang lebih tinggi dari pengambilan nilai sampel minimumnya. Ilustrasi hasil pembangkitan sinyal sinusoidal dapat dilihat pada Gambar (2.6)



Gambar 2.6. Hasil Pembangkitan Gelombang Sinusoidal

2.3.2. Sinyal Square

Sinyal *square* dapat disebut juga dengan sinyal persegi, sesuai dengan penamaan jenis sinyalnya maka ilustrasi sinyal persegi memiliki identitas yang erat

³ Mathuranathan Viswanathan, *Wireless Communication Systems in Matlab: Second Edition*, 2020 <<https://www.gaussianwaves.com/2014/07/power-delay-profile/>>.

dengan bentuk bangun datar persegi. Sinyal persegi menjadi bentuk sinyal yang diinisialisasi sebagai sebuah format bentuk sinyal yang ideal untuk mentransmisikan sinyal informasi melalui jaringan komunikasi. Bentuk sinyal persegi dapat disebut dengan pulsa persegi, dengan representasi bentuk sinyal berupa nilai level amplitude yang menyimbolkan nilai bilangan biner yaitu : 0 dan 1. Kedua representasi nilai biner tersebut akan mempengaruhi bentuk pulsa persegi pada sinyal persegi. Sebuah sinyal digital memiliki deskripsi sebagai gelombang dengan simbol atau periode but tertentu. Penggunaan sinyal persegi juga dapat digunakan secara universal dalam sebuah rangkaian *switching* yang dapat diimplementasikan untuk keperluan sinyal *clock* yang berfungsi untuk melakukan proses sinkronisasi pada blok sirkuit digital dan berbagai keperluan serta kebutuhan lainnya.

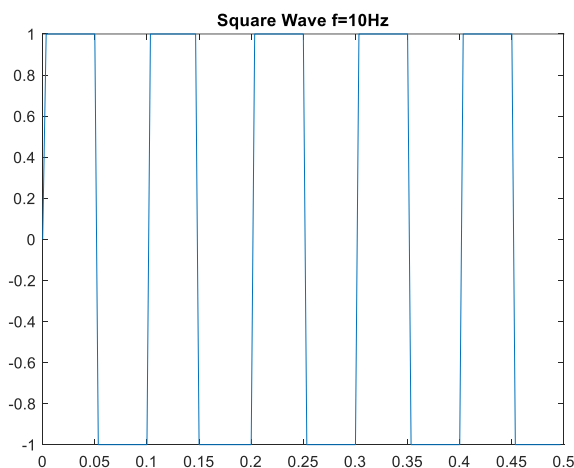
Sinyal persegi dapat diilustrasikan sebagai manifestasi berbagai harmonisa gelombang dalam domain frekuensi serta dapat menyebabkan interferensi elektromagnetik. Sinyal persegi bersifat periodik dan mengandung nilai harmonisa ganjil ketika dianalisa dengan menggunakan persamaan *fourier*. Dimana sinyal dideskripsikan memiliki bentuk seperti gigi gergaji serta mengandung nilai harmonisa pada semua frekuensi bilangan bulat. Oleh karena sinyal persegi berkembang serta meluas ke jumlah yang tidak terbatas pada domain frekuensi, maka pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan transformasi *fourier*. Hal ini dilakukan untuk memberikan ilustrasi bentuk sinyal dalam domain waktu. Formulasi matematis sinyal persegi dapat dilihat pada Persamaan (2.4)

$$g(t) = \text{sgn} [\sin 2\pi ft] \quad (2.4)$$

dengan

$$\text{rect}(t) = \begin{cases} -1 & \text{if } x < 0 \\ 0 & \text{if } x = 0 \\ 1 & \text{if } x > 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

Ilustrasi bentuk sinyal persegi pada Persamaan (2.4) dapat dilihat pada Gambar (2.7)



Gambar 2.7. Hasil Pembangkitan Gelombang Square

2.3.3. Sinyal Rectangular

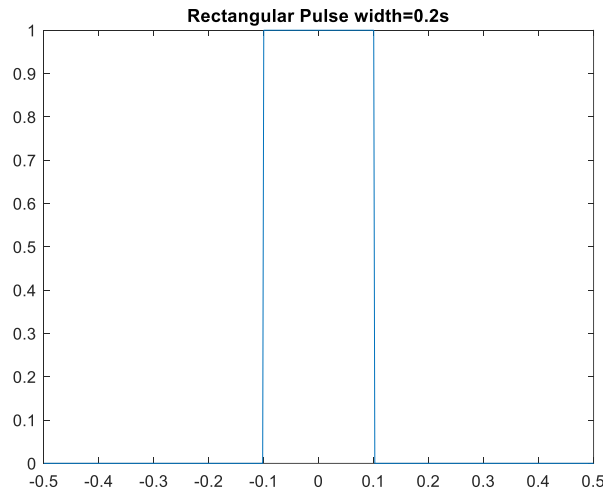
Sinyal *rectangular* merupakan bentuk sinyal yang dihasilkan melalui hasil komputasi tertentu dengan lebar pulsa yang berada pada satuan waktu tertentu dan memiliki pusat pada titik 0. Pulsa *rectangular* secara matematis dapat dituliskan melalui formulasi :

$$g(t) = A \cdot \text{rect} \left(\frac{t}{T} \right) \quad (2.6)$$

dengan

$$\text{rect}(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } |t| < \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \text{if } |t| = \frac{1}{2} \\ 0 & \text{if } |t| > \frac{1}{2} \end{cases} \quad (2.7)$$

Deskripsi bentuk sinyal *rectangular* dapat dilihat pada Gambar (2.8)



Gambar 2.8. Hasil Pembangkitan Gelombang Rectangular

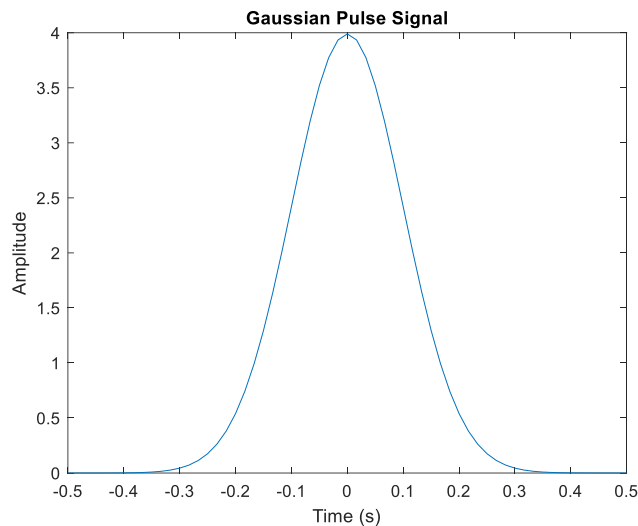
2.3.4. Gaussian Pulse

Pada sistem komunikasi digital *gaussian pulse* digunakan sebagai filter untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh gangguan yang terjadi selama proses pengiriman data. Formulasi pembentukan *gaussian filter* dapat dibangkitkan dengan menggunakan formulasi matematis pada Persamaan (2.8)

$$g(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad (2.8)$$

Jika dilihat lebih detail, *gaussian pulse*, memiliki identitas bentuk gelombang yang terdistribusi dengan bentuk yang identik dengan bentuk lonceng. Persamaan menghasilkan setengah bagian sisi kanan dari pulsa gelombang, setengah gelombang bagian sisi kiri merupakan hasil refleksi dari bagian sisi kanan sehingga menghasilkan bentuk grafik seperti lonceng ditandai dengan bagian sisi atas

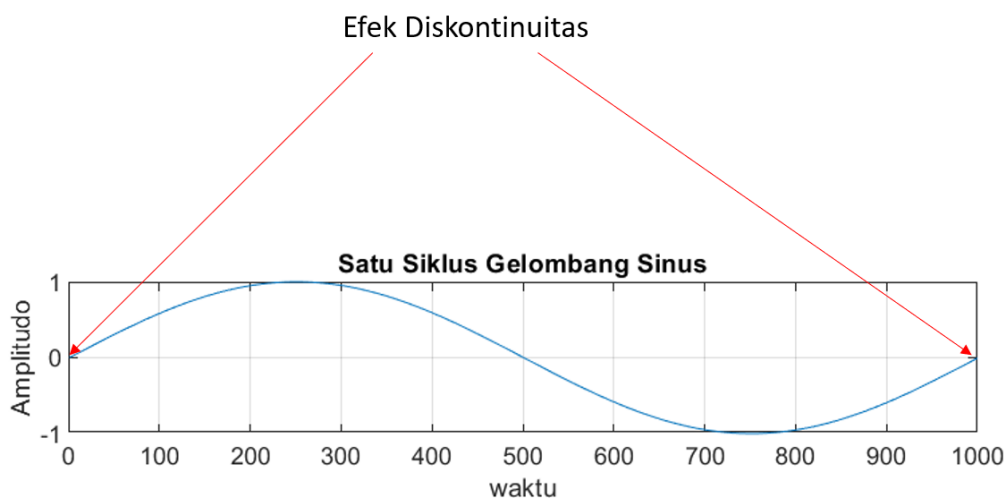
menghasilkan sedikit bentuk yang cenderung mendekati bentuk bulatan. Deskripsi bentuk sinyal *gaussian pulse* dapat dilihat pada Gambar (2.9)



Gambar 2.9. Hasil Pembangkitan Gelombang Gaussian Pulse Signal

2.4. Sinyal Analog

Sinyal analog memberikan representasi bentuk gelombang sinyal dengan variasi nilai amplitudo secara berkelanjutan terhadap fungsi waktu tanpa mengalami kondisi diskontinuitas. Diskontinuitas merupakan jabaran kondisi sinyal yang dengan garis sempurna yang tidak memiliki jeda atau terputus sepanjang 1 (satu) siklus gelombang. Satu siklus penuh gelombang sinusoida ditandai dengan adanya fenomena 1 (satu) bukit yang mendeskripsikan nilai sekelompok amplitudo positif dan 1 (satu) lembah yang mengilustrasikan nilai amplitudo negatif. Secara umum gelombang analog memiliki bentuk sama halnya seperti sinyal atau gelombang sinusoida. Ilustrasi nilai dan ciri diskontinuitas dapat dilihat pada Gambar (2.10)



Gambar 2.10. Diskontinuitas Gelombang Analog

Pada umumnya bentuk gelombang sinusoida memiliki satu siklus gelombang yang ditandai dengan adanya 2(dua) bagian bentuk berupa satu buah lembah dan satu buah bukit. Bagian bukit umumnya dapat ditandai dengan nilai-nilai amplitudo yang

bernilai positif sementara bagian lembah sering ditandai dengan nilai-nilai amplitudo yang bernilai negatif. Jika ditemui hanya salah satu bagian yang terdapat pada sebuah gelombang sinus, maka bentuk gelombang sinus akan memiliki setengah bagian yang dapat disebut dengan setengah siklus gelombang sinus. Berdasarkan ilustrasi Gambar.. bentuk gelombang sinus secara matematis dapat dituliskan dalam Persamaan (2.9)

$$Gelombang_{sin}(t) = Amp_{sin}(t) \cdot \sin \omega t \quad (2.9)$$

Keterangan

$Gelombang_{sin}(t)$: Gelombang Sinus

$Amp_{sin}(t)$: Amplitudo Gelombang Sinus

$\omega(t)$: Frekuensi sudut (rad/s)

Nilai variabel frekuensi sudut (rad/s) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.10)

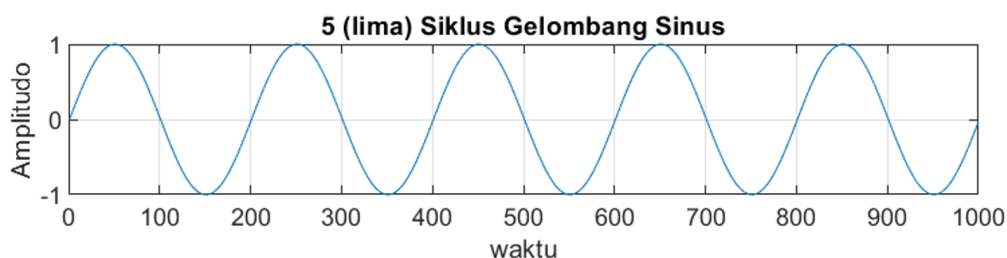
$$\omega(t) = 2 \pi f \quad (2.10)$$

Keterangan

π : Representasi nilai sudut

f : level nilai frekuensi (Hz)

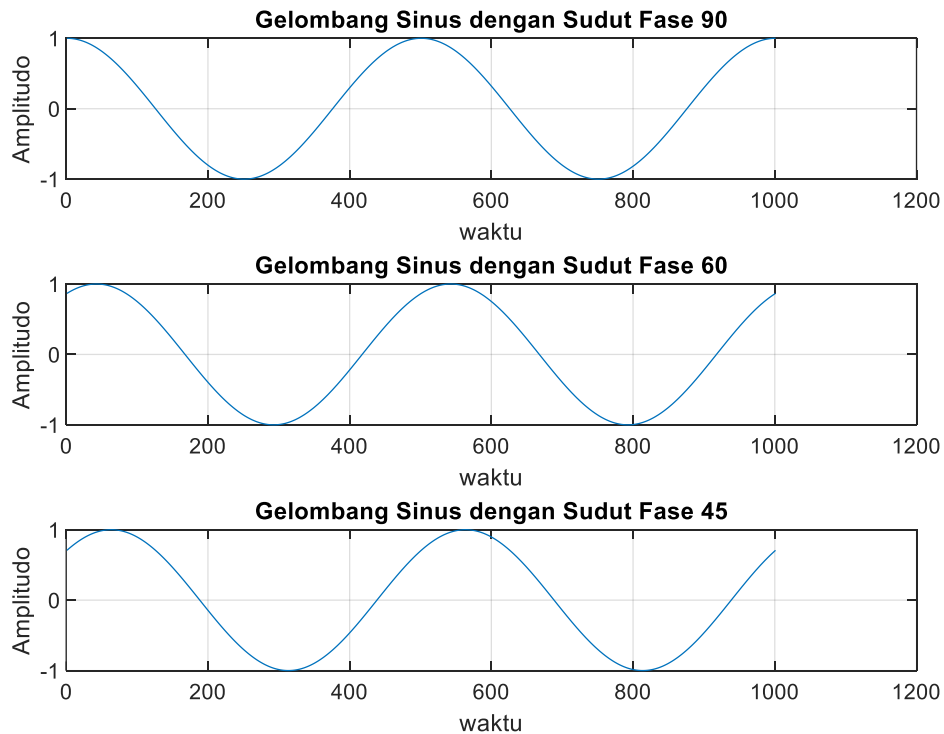
Sebuah gelombang memungkinkan memiliki lebih dari satu siklus. Sehingga jika terdapat lebih dari satu siklus gelombang sinus, maka deskripsi bentuk gelombang akan dikomputasi berdasarkan jumlah siklus gelombang dikali bentuk satu siklus gelombang sinus. Sehingga akan berimplikasi pada munculnya gelombang sinus dengan sejumlah siklus yang sama pada dalam satu tampilan bentuk gelombang. Hal ini memungkinkan adanya perbedaan hasil ilustrasi yang ditampilkan, hal ini berkaitan dengan penggunaan level nilai frekuensi dan panjang gelombang yang digunakan. Ilustrasi gelombang sinus dengan lebih dari satu siklus dapat dilihat pada Gambar ()



Gambar 2.11. Gelombang Sinus dengan Lima Siklus

Dalam berbagai jenis keperluan komputasi, nilai dan bentuk gelombang sinus dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan dengan mengubah-ubah bentuk dan nilai fase sudut gelombang sinus, yang akan berdampak pada adanya perubahan atau pergeseran nilai fase gelombang yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Salah satu bentuk implementasi bentuk gelombang sinusoidal dapat direpresentasikan melalui bentuk gelombang Alternating Current (AC). Pada bentuk gelombang AC, bentuk gelombang akan mengalami transisi bentuk gelombang yang naik – turun dalam interval waktu tertentu. Hal ini dapat dilihat pada sebuah media osiloskop yang dapat mengilustrasikan

bentuk gelombang, jika dihubungkan pada suatu terminal listrik. Terminal listrik biasanya memiliki tegangan sebesar 220 volt, sebagaimana hal tersebut bentuk gelombang yang ditampilkan akan memiliki tegangan puncak sebesar 220 V pada amplitudo tertingginya, sementara pada amplitudo minimumnya akan tercatat nilai sebesar -220 V. Bentuk gelombang sinus dengan berbagai nilai variasi fase dapat dilihat pada Gambar (2.12)



Gambar 2.12. Gelombang Sinus dengan Berbagai Variasi Nilai Sudur Fase

Pendekatan matematis pergeseran nilai variabel fase gelombang sinus dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.11)

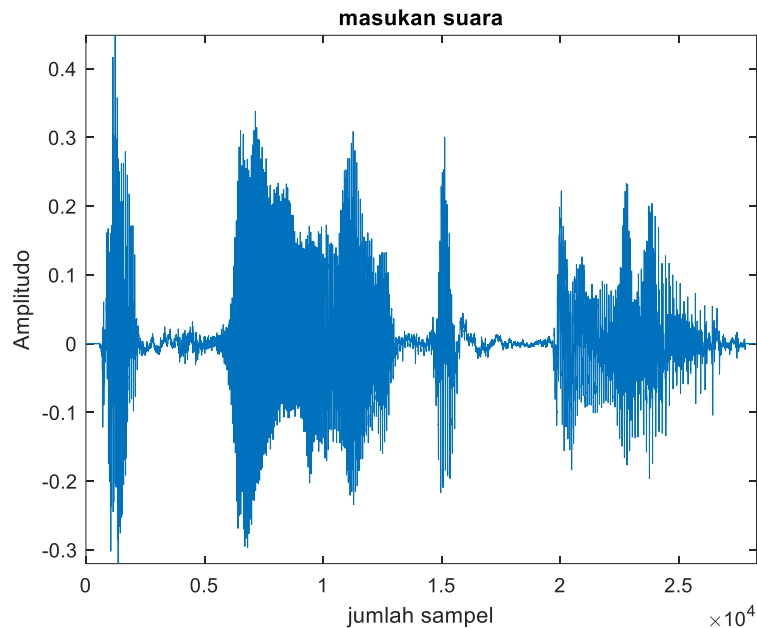
$$Gelombang_{sin}(t) = Amp_{sin}(t) \cdot Sin(\omega t + \phi) \quad (2.11)$$

Keterangan

ϕ : fase sudut

Beberapa penerapan sinyal analog dalam sistem komunikasi dapat dilihat dari berbagai aktifitas, misalnya pesan suara pada aplikasi *messenger* atau yang paling umum ditemui pada komunikasi *voice call* dengan menggunakan perangkat *telephone*, ponsel dan sejenisnya atau dengan menggunakan media *recorder* yang memiliki fitur visualisasi *display* gelombang hasil *recording*. Maka hasil *voice recording* dapat dilihat level amplitudonya beserta nilai interval waktunya. Fluktuasi level amplitude pada *voice recording* akan dipengaruhi oleh intensitas kerapatan suara serta tinggi dan rendahnya intonasi suara yang diucapkan. Kondisi tersebut juga mempegaruhi nilai interval waktu gelombang pada diagram yang ditampilkan. Visualisasi fenomena ini dapat diilustrasikan sebagai berikut : Amplitudo akan menunjukkan level nilai yang semakin tinggi, seiring meningkatnya intonasi suara yang dihasilkan. Sementara interval nilai akan semakin rapat jika intensitas suara yang diterima perangkat *recorder*

semakin tinggi. Amplitudo akan cenderung mengalami penurunan level nilai seiring menurunnya intonasi suara yang direkam. Sementara interval nilai gelombang akan semakin mengalami perenggangan seiring menurunnya intensitas suara yang masuk ke perangkat *recording*. Data suara pada aktifitas *voice call* yang terekam dapat diilustrasikan pada Gambar (2.13).



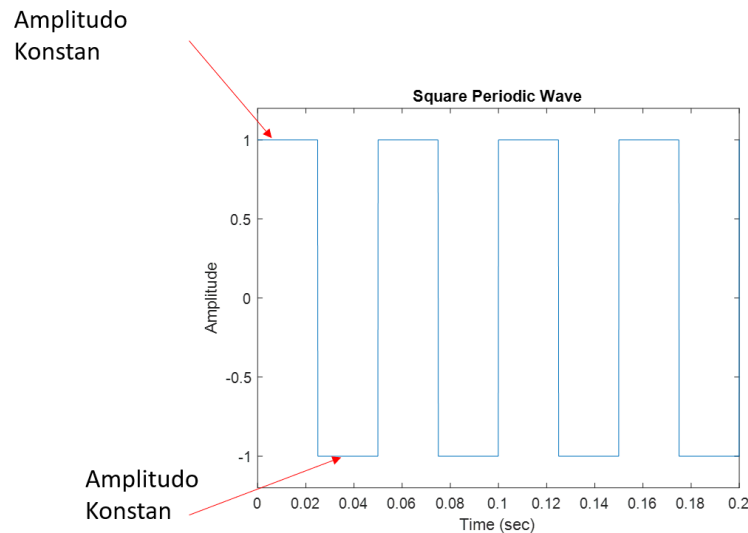
Gambar 2.13. Data *Voice Call*

Pada Gambar (2.13), suara manusia memiliki nilai amplitudo yang bervariasi, hal ini disebabkan suara yang terekam sangat bergantung pada tinggi atau rendahnya intonasi suara yang dikeluarkan. Selain itu, grafik suara juga sangat dipengaruhi oleh suara yang berada disekitarnya. Seringkali suara yang dihasilkan mengandung *noise* (gangguan) yang berasal dari sekitarnya. Saat seseorang individu melakukan *voice call* saat berada dalam moda transportasi umum, maka grafik suara yang dihasilkan akan mengandung *noise*, misalnya bunyi klakson kendaraan, hembusan angin akibat mobilitas kendaraan lain serta *noise* yang berasal dari penumpang lain yang sedang berkomunikasi satu dengan yang lain. Seluruh *noise* tersebut akan terakumulasi dengan sinyal informasi asli (suara individu) yang sedang melakukan komunikasi *voice call*. Sehingga hal ini akan mengakibatkan lawan komunikasi akan mendengarkan dan merasakan *noise* yang ditimbulkan oleh individu tersebut. Hal ini dapat diminimalisir dengan menerapkan teknologi *filtering voice* yang terdapat pada perangkat komunikasi yang dimiliki masing-masing individu. Setiap perangkat memiliki jenis dan fungsi sistem *filtering voice* yang berbeda kualitas, hasil reduksi *noise* yang bervariasi. Sehingga hasil *filtering voice* memungkinkan adanya perbedaan satu dengan yang lainnya.

2.5. Sinyal Digital

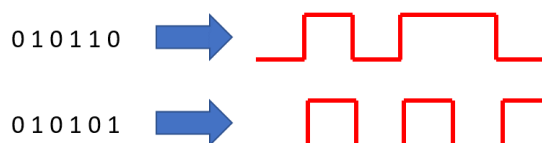
Sinyal digital merupakan representasi gelombang yang dihasilkan dari sekelompok data digital. Karakteristik sinyal digital cenderung mempertahankan level amplitudo yang konstan dalam beberapa periode tertentu yang dapat berubah ke level lainnya secara konstan. Transisi nilai yang berlaku pada sinyal digital hanya

difungsikan untuk bilangan “0” dan “1”. Sama halnya dengan sinyal analog bentuk gelombang sinyal digital juga direpresentasikan melalui diagram *cartesius* dengan parameter yang sama yaitu amplitudo gelombang dan interval waktu. Sinyal digital memiliki kepastian nilai sesuai dengan aturan representasi bentuk datanya, dengan ciri utama kestabilan nilai amplitudonya. Sementara kerapatan interval waktu gelombang cenderung konstan dengan besaran nilai tertentu. Sinyal digital erat kaitannya dengan komputer digital yang lebih cenderung menerapkan pengambilan 2 kondisi (biner)⁴. Karakteristik sinyal digital dapat dilihat pada Gambar (2.14)



Gambar 2.14. Karakteristik Sinyal Digital

Data digital umumnya memiliki bentuk berupa kode biner yang hanya terdiri dari bilangan 0 (nol) dan 1 (satu). Data digital diperoleh dari hasil konversi data yang akan ditransmisikan dan akan menjadi bagian input dari perangkat-perangkat komunikasi yang berada pada lingkungan jaringan. Implementasi sinyal digital dalam komunikasi data sangat dibutuhkan, hal ini disebabkan seluruh perangkat komunikasi hanya dapat mengkomputasi dan mengolah data berupa deretan data digital. Oleh sebab itu data informasi asli yang akan dikirimkan dalam bentuk karakter, *alphanumeric*, dan jenis lainnya harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam sederet data digital. Selain itu, fungsi sinyal digital sering dipakai untuk keperluan *signalling* dalam pentransmisian data yang bertujuan untuk memberikan kode-kode tertentu yang digunakan oleh pengirim dan penerima selama proses pengiriman data berlangsung. Hal tersebut berkaitan dengan adanya Representasi sinyal digital berdasarkan nilai informasi berbasis bilangan biner dapat diilustrasikan pada Gambar (2.15)



Gambar 2.15. Representasi Data dalam Bentuk Gelombang Digital

⁴ Zhi Ding Lathi, B. P., *Modern Digital And Analog Communication Systems*, Fifth Edit (New York: Oxford University Press, 2019).

BAB III SISTEM KOMUNIKASI

3.1. Model Sistem Komunikasi

Komunikasi data berorientasi pada fasilitas pendukung terjadinya pengiriman informasi antara 2 (dua) perangkat komunikasi yang terkoneksi satu dengan yang lainnya dalam saluran transmisi pada jaringan komunikasi. Sehingga hal ini memungkinkan adanya pengiriman data dalam bentuk sinyal digital atau analog pada saluran transmisi. Perangkat komunikasi yang digunakan dapat diasumsikan seperti komputer, terminal, perangkat printer, bahkan prosesor. Informasi yang saling dipertukarkan antara perangkat komunikasi merupakan sinyal-sinyal elektrik, yang diperoleh dari pengirim dikirimkan menuju penerima. Pada Umumnya saluran transmisi yang digunakan menggunakan saluran telepon, kabel koaksial, fiber optik atau bahkan dilakukan secara *wireless* (tanpa kabel) yang dapat dimisalkan dengan jaringan komunikasi satelit, atau sistem komunikasi yang didukung oleh gelombang radio.

Pada sebuah sistem komunikasi keterlibatan jaringan komunikasi memiliki peran sentral, hal ini disebabkan jaringan komunikasi dapat membantu perangkat komunikasi saling terhubung satu dengan yang lainnya. Sehingga memungkinkan satu individu dengan individu yang lain dapat saling bertukar informasi pada waktu yang sama namun berada pada tempat yang berbeda atau bahkan pada jarak yang sangat jauh sekalipun. Informasi yang saling dikirim dan diterima oleh dua individu yang berinteraksi dengan menggunakan perangkat komunikasi dapat berupa teks, suara, gambar ataupun video. Istilah informasi tersebut, sangat erat kaitannya, jika direpresentasikan dengan istilah data. Sebab data tersebut mendeskripsikan jenis, tipe informasi yang terkandung didalamnya.

Mekanisme pemrosesan data dari pengirim dan penerimaan informasi atau data antara dua pengguna (*user*) yang berada pada suatu jaringan dapat dideskripsikan sebagai komunikasi data, dengan tafsiran makna. Secara umum Pengirim informasi dapat disebut juga sebagai *Transmitter* (Tx) sementara penerima informasi dan lawan komunikasinya sering direpresentasikan dengan istilah *Receiver* (Rx). Pengirim dan penerima yang berada dalam satu jaringan komunikasi dapat saling berkomunikasi dengan menggunakan beberapa mode operasi komunikasi. Berdasarkan jenisnya mode operasinya, saluran komunikasi dibagi atas 3 (tiga) tipe, yaitu :

1. Simplex
2. Half full duplex
3. Full Duplex

3.1.2. Komunikasi Simplex

Simplex merefleksikan makna pada jenis komunikasi satu arah, dengan uraian komunikasi hanya dilakukan dari satu titik terhadap satu atau lebih titik lainnya. *Transmitter* (Tx) sebagai pengirim informasi, akan mengirimkan informasi kepada satu atau lebih *receiver* (Rx) sebagai penerima informasi, dengan kata lain sistem komunikasi isimplex sangat erat kaitannya dengan mekanisme *broadcast*⁵. Dalam

⁵ Adele Kuzmiakova, *Computer Networks and Communications* (Burlington, Canada: Arcler Press, 2021).

konfigurasi *simplex* informasi selalu dikirimkan pada satu arah. Operasi ini sangat bergantung dengan karakteristik komputer atau terminal yang digunakan untuk pentransmisi data. Rx hanya dapat menerima pesan, dan tidak dapat memberikan respon terhadap informasi yang dikirimkan. Hal ini disebabkan hanya ada satu jalur komunikasi yang ditujukan oleh pengirim. Jalur komunikasi yang tidak tersedia pada sisi penerima menyebabkan penerima tidak dapat berinteraksi secara langsung terhadap pengirim. Konsep komunikasi *simplex* dapat diuraikan pada Gambar (3.1)



Gambar 3.1. Konsep Komunikasi Simplex

Penerapan serta karakteristik komunikasi simplex dapat dilihat pada sistem komunikasi pada siaran televisi, siaran radio konvensional, dan sebagainya. Pemancar siaran televisi atau radio mengirimkan informasi atau pesan suara melalui media transmisi udara ke penerima. Penerima hanya dapat menerima siaran yang ditransmisikan, serta tidak dapat memberikan respon atau tanggapan ke pemancar siaran tv ataupun radio. Sehingga jenis komunikasi ini disebut sebagai komunikasi satu arah, yang terjadi hanya dari pengirim dan penerima.

3.1.3. Komunikasi Half Duplex

Konsep pengiriman data *half duplex* mendeskripsikan konsep komunikasi yang berorientasi pada 2 (dua) arah dengan jабaran komunikasi pengirim dapat mentransmisikan informasi dan dapat menerima respon dari informasi yang ditransmisikan oleh penerima, namun hal ini dilakukan secara bergantian. Konfigurasi *half duplex* memungkinkan terjadinya pentransmisi data hanya pada satu arah. Hal ini bergantung pada karakteristik terminal, jalur komunikasi, serta metode modulasi. Selain itu pada komunikasi *half duplex* terdapat proses pengenalan mode pengirim dan penerima, hal ini sangat membantu dalam proses transisi *mode* kerja transmisi dan *mode* kerja receiver. Waktu transisi kedua *mode* kerja saluran transmisi terjadi berkisar 20 – 200 ms serta sangat bergantung parameter saluran transmisi yang dipengaruhi oleh lingkungan propagasi, kapasitansi serta resistansi saluran komunikasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa, satu jalur komunikasi yang tersedia akan digunakan secara bersama-sama oleh pengirim dan penerima secara bergantian. Konsep komunikasi *half duplex* direpresentasikan pada Gambar (3.2)



Gambar 3.2. Konsep Komunikasi Half Duplex

Implementasi konsep komunikasi *half full duplex* dapat dilihat pada konsep komunikasi pada perangkat komunikasi *talkie walkie*. Pengirim dapat mengirimkan informasi ke penerima, sebaliknya penerima dapat memberikan respon atas informasi yang diberikan oleh pengirim namun tidak dapat dilakukan secara bersamaan,

melainkan dilakukan dengan mekanisme secara bergantian. Representasi ini menandakan adanya interval waktu tertentu yang dibutuhkan untuk melakukan pergantian pengiriman informasi oleh *transmitter* terhadap *receiver*, ataupun sebaliknya.

3.1.4. Komunikasi Full Duplex

Full Duplex menjabarkan komunikasi 2 (dua) arah yang berorientasi pada pengiriman informasi antara pengirim dan penerima dalam waktu yang bersamaan. Penerima dapat langsung melakukan respon dan tanggapan atas informasi yang dikirimkan oleh pengirim. Dalam proses pengiriman data antara pengirim dan penerima, full duplex memberikan masing-masing satu buah jalur komunikasi untuk pengirim dan penerima. Konfigurasi *full duplex* memungkinkan transmisi data terjadi pada saat bersamaan. Berbeda dengan *half duplex* yang membutuhkan waktu transisi *mode* kerja transmisi dan *received*, pada komunikasi *full duplex* penyesuaian waktu *mode* kerja dihilangkan dan komunikasi antara pengirim (Tx) dan penerima (Rx) terjadi secara *realtime* dan kontinyu. Hal tersebut akan berdampak pada faktor peningkatan efisiensi performa pelayanan komunikasi yang diberikan dan meningkatkan QoS layanan. Ilustrasi simbol komunikasi *full duplex* biasanya dideskripsikan melalui simbol 2 (dua) buah garis penghubung yang mengilustrasikan hubungan media komunikasi baik kabel maupun *wireless* yang terbentang antara pengirim (Tx) dan penerima (Rx). Ilustrasi ini menggambarkan mekanisme komunikasi yang bersifat langsung dan responsif antara pengirim (Tx) dan penerima (Rx).

Mekanisme pengoperasian *full duplex* bergantung pada karakteristik perangkat komunikasi yang digunakan. Hal tersebut disebabkan karena adanya kontribusi dari implementasi protokol High-Level Data Link Layer Control (HDLC). HDLC merupakan salah satu jenis protokol *point to point* yang diimplementasikan pada jaringan Wide Area Network (WAN) yang difungsikan sebagai meminimalisir terjadinya rugi-rugi. Selain itu protokol lainnya adalah Synchronous Data Link Layer Control (SDLC), Link Access Control-Balanced (LAP-B), Link Access Control-D Channel (LAP-D), Advanced Data Communication Control Procedures (ADCCP), Digital Data Communication Message Protocol (DDCMP). Hal tersebut memungkinkan terjadinya pertukaran data secara intens antar pengirim dan penerima. Skema sistem komunikasi *full duplex* dapat dilihat pada Gambar (3.3)



Gambar 3.3. Konsep Komunikasi Full Duplex

Implementasi teknik *full duplex* dapat dilihat pada sistem komunikasi seluler, sistem komunikasi telepon, dengan contoh perangkat yang mengadopsi sistem mekanisme *full duplex* adalah perangkat komunikasi *smartphone*, telepon genggam, telepon PABX, telepon rumah. Pengirim dan penerima dapat berkomunikasi secara interaktif dan *realtime* pada saat yang bersamaan tanpa adanya *delay* waktu transisi seperti halnya pada sistem komunikasi *half duplex* yang menggunakan media komunikasi secara bergantian. Jenis informasi yang dikirimkan biasanya berorientasi pada informasi yang bersifat kontinyu dan *realtime* berupa suara (*voice call*), *video call* dan *conference*.

BAB IV

JARINGAN KOMPUTER

4.1. Komponen Jaringan Komputer

Jaringan komunikasi komputer mendeskripsikan sekelompok perangkat komunikasi yang terintegrasi yang membentuk sebuah sistem dengan fungsi memberikan layanan komunikasi yang memungkinkan satu atau lebih komputer dapat saling bertukar informasi. Jaringan komunikasi yang digunakan dalam pertukaran informasi melalui proses sinkronisasi dan pengaturan khusus sebelum digunakan. Hal ini dilakukan agar satu komputer dapat terhubung satu dengan yang lainnya dan dapat saling melakukan pertukaran data. Selain itu, proses sinkronisasi dilakukan agar seluruh perangkat komunikasi pada jaringan komunikasi dapat saling terintegrasi. Komponen pada jaringan komunikasi dapat diklasifikasikan dalam kelompok *hardware* dan *software*. Komponen *hardware* dapat diasumsikan sebagai perangkat elektronik seperti komputer, modem, perangkat *interface*. Sedangkan komponen *software* dapat diilustrasikan sebagai sistem operasi yang dikenal dengan berbagai jenisnya diantaranya : DOS, *windows*, UNIX, protocol, serta perangkat *software* lainnya yang dapat mendukung proses dan mekanisme pengiriman data atau informasi yang dapat menjangkau seluruh perangkat komunikasi pada suatu jaringan komunikasi. Jumlah komponen pada suatu jaringan komunikasi sangat bergantung pada faktor jenis jaringan yang digunakan, jumlah *host*, komputer, terminal, *workstation*, perangkat peripheral lainnya yang terhubung ke jaringan, fungsi sistem, kecepatan transmisi, program aplikasi dan layanan yang dibutuhkan.

Instalasi jaringan komunikasi pada suatu ruangan atau area memiliki perencanaan dan perhitungan yang detail. Hal ini dapat membantu meningkatkan nilai efisiensi dan performa optimal dari jaringan komunikasi yang akan digunakan. Seluruh aspek-aspek dan parameter yang masuk dalam proses perencanaan harus memenuhi standar dan secara pasti harus dapat mengakomodir kebutuhan koneksi dan keberhasilan dalam melakukan proses pengiriman data. Standar merupakan sebuah ketetapan yang mengatur regulasi dan prosedur dari suatu sistem. Pada sistem komunikasi data terdapat beberapa organisasi yang menyusun regulasi terkait standar jaringan komputer dan komunikasi data diantaranya adalah :

1. Internet Engineering Task Force (IETF)

IETF berperan sebagai organisasi yang memiliki fokus pada bidang pengembangan jaringan komputer dan internet. IETF bertanggung jawab dalam melakukan analisa permasalahan teknis yang muncul pada bidang *computer network* dan internet. Beberapa standarisasi yang ditetapkan oleh IETF adalah *internet protocol* 6TiSCH. Protokol ini di-plot sebagai standar yang mampu mengakomodir banyaknya tantangan pada sistem IoT yang identik menggunakan perangkat *wireless* dengan *cost* yang rendah⁶.

⁶ Diliara Ibrahimova, 'QoS for IETF 6TiSCH Protocol', *26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2018 <<https://doi.org/10.1109/SIU.2018.8404187>>.

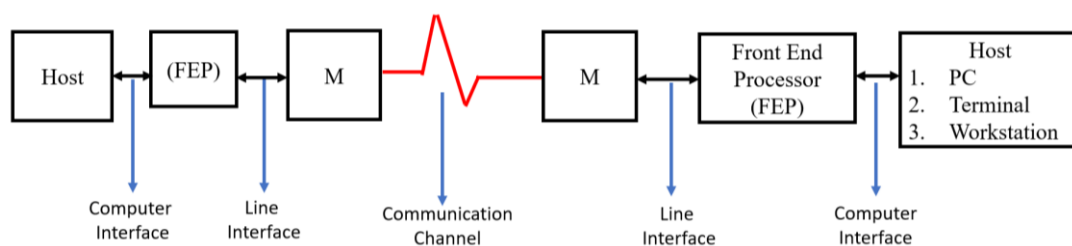
2. International Telecommunication Union (ITU) memiliki peran sebagai organisasi yang menetapkan regulasi radio internasional dan telekomunikasi pada bidang pelayanan, media serta jaringan yang dioperasikan⁷. Selain itu, ITU mengatur regulasi alokasi spektrum radio dan mengorganisasikan nota kesepahaman dan perjanjian antar negara terkait operasional sambungan telepon internasional.
3. Institute of Electrical and Electronic Engineering (IEEE)
IEEE merupakan organisasi yang menetapkan regulasi pengembangan teknologi pada bidang *electrical*. Bidang *electrical* yang dilakukan standarisasi meliputi bidang telekomunikasi, jaringan komputer, kelistrikan, antariksa.
4. International Organization of Standarization (ISO)
ISO memiliki peranan dalam penetapan dan penyusunan regulasi standar internasional, termasuk komunikasi data. Salah satu standar yang hingga saat ini familiar digunakan adalah standar model ISO (Open System Interconnection).
5. American National Standards Institute (ANSI)
ANSI merupakan organisasi yang bertanggung jawab dalam pengawasan standar produk, jasa dan proses dan memberikan penilaian berupa label akreditasi berdasarkan hasil konsensus yang telah dilakukan.

4.1.1. Komponen Hardware

Komponen *hardware* merupakan salah satu komponen penting yang harus tersedia dalam instalasi jaringan komputer. Perangkat *hardware* memiliki peran yang sangat penting dalam memfasilitasi integrasi jaringan antar perangkat komputer. Beberapa perangkat hardware yang digunakan dalam jaringan komunikasi komputer diantaranya adalah :

1. Saluran komunikasi
2. Modem
3. *Interface* saluran
4. Terminal

Sehingga jika dianalogikan lebih detail komponen-komponen yang terdapat pada jaringan komputer dapat dideskripsikan pada Gambar (4.1)



Gambar 4.1. Komponen Jaringan Komputer

⁷ Toshiaki Kuri, 'ROF System Standardization at ITU-T', *Optics InfoBase Conference Papers*, Part F122- (2017), 8–9.

Jabaran blok diagram komponen jaringan komputer dapat diuraikan sebagai berikut ⁸

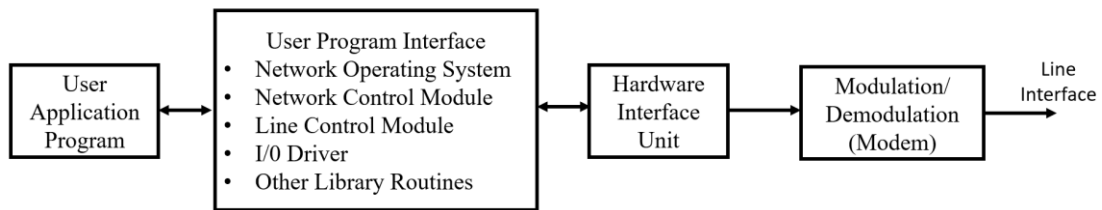
1. *Communication Channel* mendeskripsikan fungsi sebagai penyedia jalur fisik, untuk proses pentransmisi sinyal, data, informasi antar satu komputer atau lebih yang saling terintegrasi.
2. *Modem (Modulation/Demodulation)* memungkinkan pengiriman data digital melalui saluran analog, dengan cara mengubah sinyal digital yang merupakan output dari komputer atau suatu terminal ke sistem analog yang dapat diterima melalui saluran transmisi. Proses transformasi sinyal digital ke sinyal analog akan dilakukan oleh modulator yang berperan sebagai Data Circuit Terminating Equipment (DCE). DCE menghubungkan terminal data dengan Data Terminal Equipment (DTE) misalnya Personal Computer (PC), terminal pada jaringan Wide Area Network (WAN).
3. *Line Interface* merupakan perangkat *interface* yang menyediakan jalur komunikasi antara komputer atau terminal melalui jalur yang telah dikonfigurasi. Interface pada umumnya disediakan oleh pabrikan komputer yang dapat digunakan untuk keperluan koneksi dengan fungsi khusus seperti *line-terminal* atau *line computer* serta *remote computer* atau terminal.
4. Terminal dapat diimplementasikan dalam proses dan komunikasi data serta menyediakan *interface* antara *user* dan sistem komputer. Interface ini menyediakan klasifikasi 2 (dua) jenis representasi kerangka kerja berorientasi pada *user* dan sinyal listrik. Beberapa *hardware* dapat dimisalkan dengan perangkat seperti *printer*, yang menyediakan pengelompokan data untuk keperluan pengolahan data dalam bentuk *hardcopy* serta berbagai jenis I/O (Input/Output) lainnya. Terminal memiliki fungsi sebagai komponen yang dapat mengakomodir proses pengumpulan, pengambilan, serta mengkomunikasikan data dalam sistem aplikasi. *Interface* disediakan oleh terminal yang digunakan untuk mengambil input yang berasal dari perangkat input seperti *keyboard*, *card reader*, *mouse* dan sebagainya serta mentransformasikannya menjadi perangkat output seperti *display* pada monitor yang meliputi tampilan data berupa teks, gambar, serta berbagai jenis data multimedia lainnya.
5. *Input devices* termasuk klasifikasi perangkat input yang memiliki fungsi sebagai media input terminal dan komputer. Beberapa contoh perangkat input adalah *keyboard*, *mouse* dan sebagainya.
6. *Output devices* menerima aliran bit dari terminal dan menghasilkan simbol representasi yang sama dengan kode ASCII

4.1.2. Komponen Software

Koneksi khusus antara terminal dan interface saluran digunakan untuk melakukan pertukaran informasi dengan bantuan komponen perangkat lunak. Koneksi hubungan antara modem dan interface *hardware* diatur serta dimanajemen oleh perangkat lunak seperti : *driver* I/O, modul *software* untuk kontrol jalur dan modul

⁸ Gurdeep S. Hura, *Data and Computer Communications, Data and Computer Communications: Networking and Internetworking*, 2001 <<https://doi.org/10.1201/9781420041316>>.

perangkat *software* yang digunakan untuk mengontrol jaringan. Komponen software pada jaringan komputer dapat diilustrasikan pada Gambar (4.2) sebagai berikut :



Gambar 4.2. Komponen Software pada Jaringan Komputer

Jabaran blok diagram komponen *software* pada jaringan komputer dapat diuraikan sebagai berikut :

1. *User Application Program* merupakan *software* yang dirancang dan dibuat dengan fungsi tertentu dengan bantuan bahasa pemrograman untuk mempersiapkan sistem aplikasi tertentu yang dapat digunakan secara berulang-ulang.
2. *User Program Interface* didefinisikan sebagai salah satu bagian visualisasi dari sebuah media yang dapat dimisalkan sebagai sebuah web, aplikasi, *software*, atau *hardware* yang dapat mengakomodir interaksi pengguna dengan produk tersebut.
3. *Hardware Interface* merupakan sekelompok perintah atau instruksi yang menjadi inputan sebuah proses dan akan menghasilkan output berupa sebuah data atau informasi. *Hardware interface* memiliki kaitan yang erat dengan software, dimana hardware akan memberikan susunan instruksi yang perlu dieksekusi sementara proses *execute*-nya akan dilakukan oleh *software*. Beberapa perangkat yang masuk dalam klasifikasi *hardware interface* adalah : *keyboard*, *mouse*, *joystick*, kamera digital, *scanner*, kamera digital, mikropon dan perangkat elektronik sejenisnya.
4. *Modulation* dan *Demodulation* merupakan sebuah tahapan proses persiapan pengiriman data. Pada proses modulasi tahapan awal yang dilakukan adalah dengan mempersiapkan sinyal informasi dan sinyal *carrier* (pembawa) untuk selanjutnya dilakukan proses *mixer* (penggabungan) pada sisi *transmitter*. Tahapan modulasi ini dilakukan sebagai langkah penyesuaian kondisi pengiriman informasi agar dapat dikirimkan pada jarak yang jauh. Sementara proses demodulation dilakukan untuk memisahkan sinyal informasi dan sinyal *carrier* yang dikirimkan melalui proses sebelumnya. Proses *demodulation* dilakukan pada sisi penerima (Rx) dengan tujuan memperoleh sinyal informasi yang dikirimkan oleh pengirim (Tx) pada proses sebelumnya. Terdapat beberapa bentuk modem, diantaranya dapat diuraikan sebagai berikut ⁹:

⁹ Oliver C. Ibe, *Fundamentals of Data Communication Networks*, ed. by First Edition (Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2018).

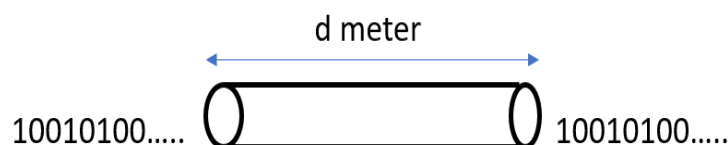
- a. *Onboard Modem*
Modem jenis ini merupakan modem yang langsung terinstalasi pada *main board* komputer atau laptop. Modem jenis ini tidak dapat dipisahkan dari *main board*, namun dapat dinonaktifkan
 - b. *Internal Modem*
Modem internal terintegrasi langsung dengan Peripheral Component Interconnect (PCI) didalam komputer *desktop* atau terdapat pada *slot* Industry Standard komputer
 - c. *External Modem*
Modem eksternal dideskripsikan sebagai perangkat modem yang bukan termasuk bagian internal komputer, Modem jenis ini biasanya akan dikoneksikan secara langsung melalui *port serial* atau Serial Bus Universal (USB) yang terdapat pada komputer.
5. *Line interface* mendeskripsikan perangkat *interface* yang menyediakan jarak komunikasi anantara komputer atau terminal melalui jalur yang telah dikonfigurasi.

4.2. Media Transmisi

Media transmisi termasuk dalam kategori komponen jaringan komunikasi sebagai penghubung antara Tx dan Rx. Media transmisi yang sering digunakan dapat berupa kabel atau jaringan komunikasi nirkabel. Ketersediaan media transmisi pada jaringan komunikasi berperan sebagai jalur komunikasi yang membawa informasi yang akan saling dipertukarkan oleh pengirim (Tx) dan penerima (Rx) melalui *node-node* pada jaringan komunikasi. Media transmisi dibagi atas 2 (dua) jenis yaitu menggunakan perantara kabel dan nirkabel. Jenis saluran komunikasi dengan menggunakan kabel dapat di sebut juga dengan istilah sistem transmisi *guided*, hal ini berdasarkan pada mekanisme pengiriman informasi yang dilakukan sepebuhnya dengan menggunakan jalur komunikasi pada kabel. Uraian jenis dan fungsi dari media transmisi tersebut dapat dideskripsikan sebagai berikut:

1. Media Kabel

Media kabel disebut juga sebagai media transmisi *guided*, hal ini dikarenakan media transmisi kabel memungkinkan pengiriman data atau informasi antara dua titik yang dihubungkan oleh penghantar listrik. Setiap media transmisi memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Penggunaan jenis tertentu, akan memiliki kapasitas pengiriman serta memiliki level kecepatan transmisi yang berbeda. Kecepatan transmisi data dapat diukur dengan satuan bit/detik. Ilustrasi pentransmisi data pada media transmisi kabel dapat dilihat pada Gambar (4.3)



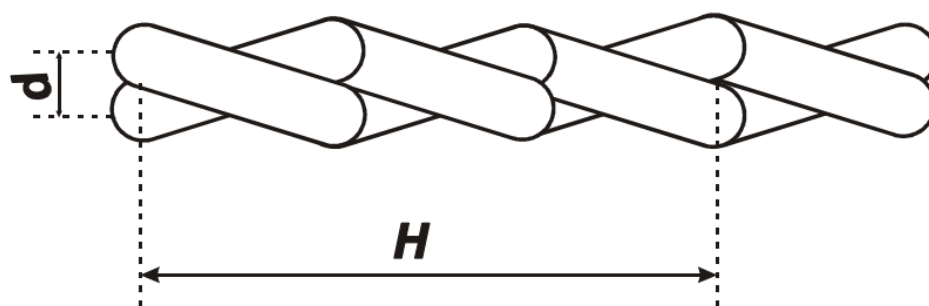
Gambar 4.3. Ilustrasi Pentransmisi Data Melalui Media Transmisi Kabel

Pada Gambar (4.3) dapat dilihat ilustrasi media transmisi kabel dapat analogikan sebagai sebuah wadah berupa “pipa” yang memiliki karakteristik berupa diameter dan panjang. Sekumpulan bit-bit akan yang ditransmisikan akan didistribusikan melalui kabel yang diinisialisasi sebagai media transmisi yang dikirimkan oleh pengirim menuju penerima. Jabaran jenis media transmisi kabel dijabarkan sebagai berikut :

a. Kabel *Twisted Pair*

Twisted Pair merupakan salah satu jenis media transmisi kabel yang sudah digunakan sejak lama. Kabel jenis ini memiliki karakteristik bahan utama berupa tembaga. Pada bagian internal kabel terdapat 2 (dua) kabel yang saling berinsulasi satu dengan yang lainnya. Hal ini dilakukan untuk menghindari perpindahan arus, termal antar kedua kabel. Biasanya kabel jenis ini memiliki ketebalan sebesar 1mm. Jika bagian isolator bagian luar kabel dibuka, maka akan terlihat tembaga pada kabel akan saling terpelintir dalam bentuk dimensi menyerupai bentuk heliks. Kedua *line* kabel tembaga pada sisi dalam kabel memiliki konsep paralel.

Twisted Pair dapat diinstalasi untuk kebutuhan komunikasi pada jarak yang cukup jauh, yaitu beberapa kilometer. Namun kabel akan memberikan efek pelemahan yang cukup signifikan jika diinstalasi pada jarak yang jauh. Maka untuk implementasi pada jarak jauh kabel ini harus menggunakan sebuah penguat yang disebut juga dengan *amplifier*. Kabel *twisted pair* juga dapat mendukung pentransmisi data digitan dan data analog, dimana kapasitas pentransmisiannya akan sangat bergantung pada faktor ketebalan kawat dan jarak antara pengirim (Tx) dan penerima (Rx). Sementara kecepatan pentransmisiannya dapat menyentuh hingga satuan Megabyte per second (Mbps) pada jarak beberapa kilometer. Ilustrasi bentuk kabel *twisted pair* dapat dilihat pada Gambar (4.4)¹⁰



Gambar 4.4. Ilustrasi Gambar Kabel Twisted Pair

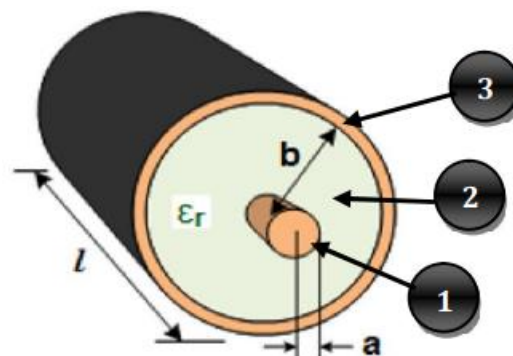
¹⁰ Evgenij V. Kandziouba, Eduard L. Portnov, and Andrey B. Semenov, ‘A Quick Method of Calculation the Shannon Performance of Twisted Pair Channel of “Long” Ethernet’, *2018 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications*, 2018-Janua (2018), 1–5 <<https://doi.org/10.1109/SOSG.2018.8350601>>.

Terdapat beberapa jenis variasi kabel *twisted pair*, namun yang paling umum digunakan adalah jenis Unshielded Twisted Pair (UTP), yang dapat diuraikan sebagai berikut :

- UTP kategori 3 terdiri dari dua kabel berinsulasi yang dipilin dengan *bandwidth* yang dapat mencapai 16 Mhz
- UTP kategori 5 memiliki karakteristik yang hamper sama dengan UTP kategori 3, namun pada UTP kategori 5 memiliki jumlah memiliki kualitas sinyal yang lebih baik akibat lebih banyaknya jumlah lekukan pada insulasi kabel. Sementara berdasarkan alokasi *bandwidth* nya kabel memiliki level bandwidth sebesar 100 Mhz.
- UTP kategori 6 dan 7 memiliki *bandwidth* yang dapat menyentuh level 250 hingga 600 Mhz

b. Kabel koaksial

Kabel koaksial merupakan salah satu jenis kabel yang memiliki karakteristik bahan penyusun berupa material tembaga yang sering diimplementasikan pada konektor televisi serta dapat juga diterapkan pada sistem jaringan Hybrid Fiber Coax (HFC)¹¹. Dalam mengkomodir kebutuhan komunikasi 2 (dua) arah, *bandwidth* kabel dipartisi menjadi 2 (dua) bagian saluran. Saluran pertama akan dialokasikan untuk kebutuhan pengiriman informasi dari modem ke *node* yang terdapat pada sisi hulu. Sementara saluran pada sisi hilir akan digunakan sebagai jalur komunikasi yang membawa informasi dari bagian hilir menuju *modem*. Ilustrasi model kabel koaksial dapat dilihat pada Gambar (4.5)¹²



Gambar 4.5. Ilustrasi Bentuk Fisik Kabel Coaxial

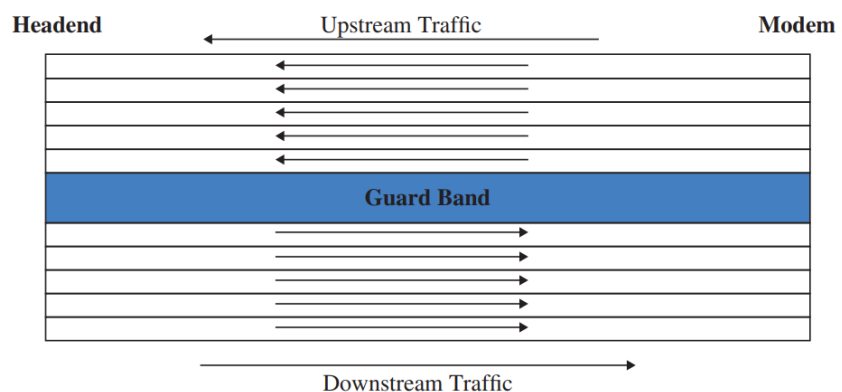
Untuk memisahkan kedua saluran komunikasi tersebut, maka dibutuhkan sebuah celah pemisah antara kedua saluran tersebut. Pemisahan saluran dilakukan dengan cara memberikan *guardband* yang bertujuan untuk memberikan jalur masing-masing untuk pentransmision *uplink* dan *downlink*. Sehingga menghindari terjadinya *collision* komunikasi antara

¹¹ Eduard L Portnov, 'Copper and Fiber-Optic Cables in Moving Objects', 2018, 2–5.

¹² Imene Oualid, 'DC and AC Power', *Electrical Engineering for Non-Electrical Engineers*, 1, 2021, 137–66 <<https://doi.org/10.1201/9781003152033-4>>.

saluran *uplink* dan *downlink* apabila dilakukan pada saat yang bersamaan. Penyisipan *guardband* pada kabel coaxial dapat dilakukan dengan menggunakan 3 (tiga) variasi langkah, yaitu :

- *Mid Split*
Mekanisme pembagian partisi *guardband* diletakkan pada level *band* 108 hingga 168 Mhz. pada bagian hulu saluran dialokasikan pada level *band* 5 hingga 108 Mhz, sementara pada bagian hilir diletakkan pada interval *band* 168 MHz ke batas frekuensi dengan kisaran level 750 MHz.
- *High Split*
Teknik pemisahan *guardband* mengalokasikan *bandwidth* saluran hulu memiliki level nilai yang lebih tinggi dari saluran hilir, dimana saluran *guardband* memiliki level interval nilai sebesar 174 MHz sampai dengan 235 MHz. Sementara level *bandwidth* saluran hulu berada pada kisaran level 5 hingga 174 MHz. Sedangkan saluran hilir memiliki interval nilai mulai dari 234 hingga batas nilai frekuensi maksimum.
- *Subsplit*
Metode *subsplit* mengalokasikan nilai *bandwidth* lebih tinggi pada sisi saluran hilir. Detail pembagian *bandwidth* saluran hilir dialokasikan pada kisaran interval nilai 54 MHz hingga frekuensi maksimum. Sementara nilai *bandwidth* pada saluran hulu memiliki interval nilai memiliki nilai 5 hingga 42 MHz. Sehingga interval nilai *guardband* diposisikan pada interval nilai 42 MHz hingga 54 MHz. Jabaran *guardband* dapat diilustrasikan pada Gambar (4.6)¹³



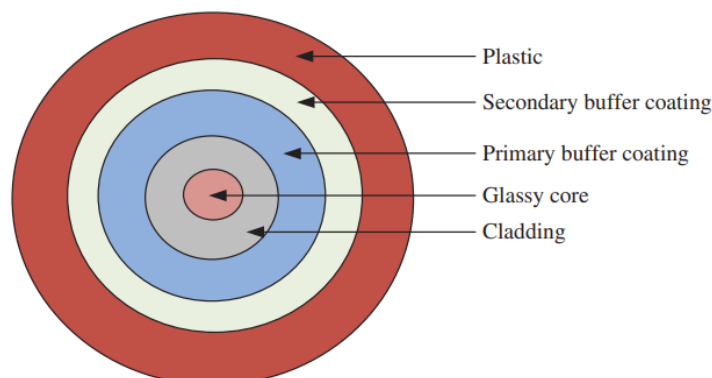
Gambar 4.6. Ilustrasi Pembagian Guardband pada Kabel Koaksial

c. Fiber Optik

Fiber optik merupakan salah satu jenis media transmisi dalam sistem komunikasi data yang sangat sering ditemui saat sekarang ini. Penggunaannya yang sangat luas memberikan ilustrasi kebermanfaatannya

¹³ lbe.

dan keefektifan kabel jenis ini digunakan sebagai media transmisi. Kabel jenis ini memiliki ciri utama yang ditandai dengan adanya material kaca silika yang digunakan sebagai bahan pembuatannya¹⁴. Fiber optic mendeskripsikan media transmisi yang dapat mentransmisikan data atau informasi dalam bentuk pulsa cahaya sepanjang. Sinyal informasi berupa cahaya akan terpantul-pantul dalam sepanjang proses transmisi pada *core* kabel. Fiber optic dinilai memiliki keunggulan dalam pentransmisian data dalam kuantitas yang lebih besar dari kabel konvensional lain yang digunakan sebagai media transmisi. Berdasarkan bahan pembuatan fiber optic yang terdiri dari serat-serat kaca silika, maka fiber optic memiliki sistem perlindungan khusus yang melindungi bagian *core* kabel, hal ini bertujuan untuk memberikan perlindungan kepada kabel fiber optic yang jika dilihat dari sistem instalasinya sering diaplikasikan pada sistem komunikasi bawah laut, sistem instalasi router pada gedung dan bahkan diinstalasi pada dibawah tanah. Bagian utama penyusun kabel fiber optic dapat diuraikan pada Gambar (4.7)¹⁵.



Gambar 4.7. Struktur Penyusun Kabel Fiber Optik

Jabaran bagian penyusun pada fiber optic dapat diuraikan sebagai berikut :

- *Glassy core* merupakan lapisan pertama atau bagian terdalam pada kabel fiber optic. Lokasi ini diinisialisasi sebagai ruang yang digunakan dalam pentransmisian sinyal informasi dalam bentuk gelombang cahaya.
- *Cladding* memiliki peran yang penting dalam pentransmisian gelombang cahaya yang terjadi pada bagian *core*. *Cladding* terletak pada lapisan satu tingkat diatas *core*, sehingga *cladding* akan berperan sebagai pemantul gelombang cahaya dan menjada gelombang yang ditransmisikan agar tetap selalu memiliki jalur pantulan pada lokasi *core*. Ukuran *cladding* biasanya memiliki diameter sebesar 125 μm .

¹⁴ Andrew S. Tanenbaum, *COMPUTER NETWORKS*, Global Edi (Harlow: Pearson Education Limited, 2021).

¹⁵ Ibe.

- *Primary buffer coating* mendeskripsikan fungsi pelindung mekanik yang memberikan perlindungan terhadap lapisan *cladding*.
- *Secondary buffer coating* mendeskripsikan fungsi pelindung mekanik yang memberikan perlindungan terhadap lapisan *primary buffer coating*.
- *Plastic* merupakan pelindung secara keseluruhan dengan sifat material yang elastik memungkinkan fiber optik untuk diinstalasi pada sudut ruangan dengan derajat sudut tertentu serta memberikan opsi efektifitas dan kefisiensian instalasi pada ukuran ruang dan dimensi tertentu.

Fiber Optik memiliki dimensi diameter dengan ukuran 125 μm , namun terdapat 2 (dua) kategori variasi jenis *core* yang digunakan berdasarkan rekomendasi standar ITU-T G.652 yang dibagi atas :

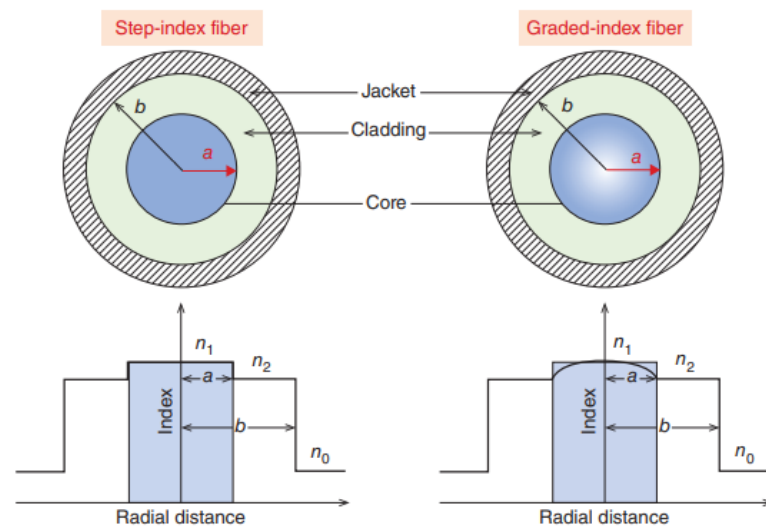
- Fiber optik *multimode* dengan karakteristik ukuran diameter 50 μm
- Fiber optik *single mode* dengan karakteristik ukuran diameter 8,6 – 9,5 μm .

Kedua jenis fiber optik memiliki perbedaan secara manufakturnya, sehingga menyebabkan kedua jenis kabel ini memiliki perbedaan karakteristik indeks bias, dimensi, dan karakteristik sistem transmisi. Selain itu, kedua jenis kabel ini, memiliki perbedaan pada mekanisme pengimplementasian pada suatu sistem komunikasi. *Single mode* memiliki konsep pentransmisian dengan menggunakan satu jalur tunggal. Hal ini mendefinisikan sistem pentransmisian data pada satu jalur komunikasi pada satu *core* kabel. Gelombang cahaya yang berisikan informasi akan dikirimkan dan mengalami pemantulan secara berulang pada satu *core*. Meskipun hanya memiliki satu *core* kabel, fiber optik *single mode* memiliki kecepatan transmisi yang sangat cepat. Meskipun memiliki kecepatan pentransmisian data yang sangat cepat, media transmisi fiber optik tetap harus memaksimalkan fungsi perangkat *repeater* yang dapat berkontribusi dalam penguatan gelombang cahaya selama proses pentransmisian. Sementara pada jenis kabel fiber optik *multimode*, karakteristik yang menjadi pembeda dengan *single mode* terlihat pada jumlah *core* yang dimiliki. *Multimode* memiliki jumlah *core* lebih dari satu, sehingga jalur transmisi yang ditawarkan pada jenis *multimode* memiliki variasi yang lebih banyak. Seiring dengan banyaknya jumlah *core* pada *multimode* memungkinkan jumlah gelombang cahaya yang merambat memiliki jumlah yang banyak juga. *Multimode* sangat sesuai jika diimplementasikan pada jarak pendek, hal ini disebabkan karena banyaknya jumlah *core* yang digunakan akan menyebabkan penyebaran sepanjang kabel fiber optik atau hal ini dapat disebut juga

sebagai dampak dari *modal dispersion*. Terdapat 2 (dua) tipe yang terdapat pada fiber optik *multimode* diantaranya adalah :

- *Step-index fiber* memiliki ciri khusus yang ditandai dengan adanya perubahan yang terjadi secara spontan pada indeks bias.
- *Graded-index fiber* merupakan perubahan indeks bias yang terjadi secara terus menerus secara mulus. Hal tersebut dapat diaplikasikan dalam pengiriman data dengan parameter *bit rate* yang lebih tinggi.

Perbedaan bentuk indeks bias antara kedua jenis kabel fiber optik *multimode* dapat diilustrasikan pada Gambar (4.8)¹⁶



Gambar 4.8. Ilustrasi Komponen Penyusun Kabel Fiber Optik

2. Media Transmisi *Wireless*

Media transmisi *wireless* memiliki beberapa istilah yang berbeda, diantara istilah-istilah yang sering digunakan adalah media transmisi nirkabel. Namun perbedaan istilah-istilah tersebut memiliki dan merujuk pada pemaknaan media transmisi yang sama yaitu, media transmisi non-kabel. Hal ini mendefinisikan bahwa media transmisi yang digunakan tidak menggunakan kabel, sehingga pengirim informasi (Tx) dan penerima informasi (Rx) difasilitasi oleh media transmisi udara yang didukung dengan teknologi gelombang radio. Media transmisi nirkabel tergolong jenis media komunikasi yang tidak terarah, hal ini disebabkan tidak adanya media fisik berupa bahan konduktor yang digunakan dalam pentransmisi informasi. Komunikasi nirkabel memiliki jangkauan jarak yang dapat diimplementasikan dalam jarak dekat atau bahkan dapat diaplikasikan sistem komunikasi jarak jauh. Ilustrasi jarak komunikasinya dapat menjangkau jarak ribuan kilometer. Beberapa implementasi sistem komunikasi nirkabel dapat

¹⁶ Govind P. Agrawal, *Fiber Optic Communication Systems, EC and M: Electrical Construction and Maintenance*, Fifth Edit (Chennai: John Wiley & Sons, Inc., 2021), xc <<https://doi.org/10.1080/09500349314550971>>.

diilustrasikan dengan pada sistem komunikasi *broadcast* pada pemancar radia AM dan FM. Radiasi frekuensi yang digunakan dalam siaran radio memiliki rantang frekuensi kerja, dimana dalam rentang frekuensi inilah informasi dikirimkan dari stasiun radio menuju penerima. Sinyal informasi yang dikirimkan akan merambat melalui media udara selanjutnya akan dipantulkan oleh lapisan ionosfer bumi. Saat gelombang radio dalam rentang nilai tertentu mengenai lapisan ionosfer, maka fenomena yang terjadi selanjutnya adalah gelombang akan dipantulkan kembali menuju bumi. Sehingga dengan terjadinya fenomena tersebut lapisan ionosfer bumi akan berperan sebagai media pemantul gelombang dari pengirim informasi (Tx) menuju penerima (Rx). Selama proses pemantulan terjadi jalur propagasi gelombang tidak selama memiliki jalur yang sama, hal ini disebabkan tidak adanya kepastian khusus yang mengatur tentang jalur propagasi gelombang pada media udara. Jalur propagasi yang digunakan dalam proses pemantulan tergolong *random* dan tidak dapat ditentukan secara pasti.

Sistem komunikasi nirkabel cenderung memiliki konteks kebebasan pada penggunaannya untuk melakukan mobilitas selama proses pentransmisi data. Hal ini sangat berbeda dengan sistem komunikasi yang menggunakan media transmisi kabel yang mengharuskan perangkat komunikasi memiliki koneksi langsung secara fisik dengan kabel yang digunakan sebagai media pengiriman data atau informasi. Dalam kehidupan sehari-hari, dapat dilihat bahwa setiap orang yang mendengarkan radio melalui perangkat radio cenderung dapat bergerak bebas tanpa batas. Salah satu yang menjadi gangguan yang signifikan dalam komunikasi radio adalah lingkungan propagasi dan kondisi ionosfer. Kondisi lingkungan propagasi memiliki peranan dalam pemantulan, penyebaran yang menyebabkan terjadinya pelemahan gelombang, sehingga berdampak pada kualitas sinyal yang diterima oleh penerima (Rx). Pelemahan ini akan memiliki dampak berupa adanya efek *shadowing* yang memiliki peranan dalam merubah nilai rata-rata sinyal terima, secara rinci sinyal yang diperoleh oleh penerima akan mengalami fluktuasi nilai rata-rata. Sehingga informasi yang diterima oleh penerima akan terakumulasi dengan efek gangguan yang menyebabkan penerima (Rx) kesulitan dalam memahami informasi yang diberikan.

4.3. Struktur Jaringan

Struktur jaringan pada umumnya memiliki beberapa komposisi diantaranya adalah *host* yang dideskripsikan dengan perangkat komputer, terminal, telepon dan perangkat komunikasi lainnya dengan *subnet* komunikasi atau yang lebih familiar disebut dengan *node* jaringan yang diinisialisasi sebagai media transportasi. Beberapa *node* jaringan mendeskripsikan batas jaringan dan transmisi data yang dimulai dari *host* pengirim (Tx) menuju *host* tujuan (Rx) melalui suatu media transmisi baik dengan sistem komunikasi dengan media kabel atau bahkan media transmisi *wireless*. Penyedia layanan komunikasi dalam konteks ini disebut sebagai *provider*. *Provider*

memiliki fungsi pelayanan terhadap pengguna layanan komunikasi, sementara *subnet* menyediakan media komunikasi yang digunakan dalam pentransmisi data.

Subnet komunikasi pada umumnya memiliki bagian tertentu yang diimplementasikan pada suatu jaringan komunikasi. Bagian tersebut dapat berupa sistem *switching* dan *link* transmisi (jalur transmisi). *Link* transmisi memiliki peran sebagai pembawa sekelompok bit-bit informasi dari komputer pengirim (Tx) menuju komputer penerima (Rx) melalui jaringan komunikasi. Sementara sistem *switching* melakukan proses secara khusus dengan kecepatan tinggi dengan memanfaatkan penggunaan memori kerja yang besar. Selain itu sistem *switching* memiliki peran dalam meneruskan data yang dikirimkan oleh pengirim menuju penerima melalui *link* transmisi. Pada implementasinya sistem *switching* memiliki koneksi langsung dengan ke *host* melalui *link* transmisi yang mengirimkan data dari sumber menuju sistem. *Link* transmisi mengkoneksikan berbagai elemen *switching subnet* dan memberikan definisi serta menginisialisasikan jalur komunikasi berdasarkan topologi jaringannya (secara fisik) dan *subnet*. *Subnet* akan mendefinisikan 3 (tiga) lapisan bawah yang diantaranya adalah lapisan fisik, lapisan data *link*, dan jaringan, pada mode Open System Interconnection-Reference Model (OSI-RM).

Sesaat setelah sistem *switching* menerima data dari pengirim (Tx), sistem ini akan melakukan proses *scanning* jalur transmisi yang bebas, untuk meneruskan data yang dikirimkan menuju *host* tujuan. Jika sistem *switching* menemukan adanya indikasi jalur komunikasi yang bebas, maka sistem *switching* akan mempersiapkan dan meneruskan data tersebut. Namun jika proses *scanning* yang dilakukan oleh sistem *switching* menghasilkan kesimpulan tidak adanya *link* komunikasi yang bebas, maka sistem *switching* akan menyimpan data tersebut pada memori secara sementara, dan melakukan proses *re-scanning* untuk mencari opsi jalur komunikasi lain yang dinilai sesuai dan dapat digunakan untuk mengirimkan data. Setelah diperoleh kesimpulan hasil *re-scanning* jalur komunikasi yang bebas. Maka sistem *switching* akan mengambil data yang tersimpan pada memori dan akan mengirimkan informasi tersebut pada jalur komunikasi yang bebas yang ditemukan berdasarkan hasil *re-scanning* sebelumnya. Sistem *switching* memiliki penyebutan istilah yang berbeda-beda diantaranya adalah :

1. Interface Message Processor (IMP),
2. Packet-Switch Mode,
3. Intermediate System
4. Data Exchange System.

Seluruh elemen ini dapat mengakomodir *interface* antara *host* dengan sistem komunikasi serta melakukan *generate logic connection* antara *host* dan jalur komunikasi. Setiap *host* dapat terhubung dengan IMP, dengan analogi setiap data yang berasal dari komputer pengirim (Tx) yang sampai pertama sekali pada salah satu IMP yang terkoneksi dengan Tx, akan dikirimkan lebih dahulu melalui IMP. IMP yang pada proses sebelumnya telah mendefinisikan jalur komunikasi yang akan ditempuh memiliki koneksi langsung dengan jalur komunikasi dengan rincian koneksi berupa : jalur komunikasi, kabel, *link* satelit, saluran telepon dan berbagai koneksi jenis

lainnya. Berdasarkan *subnet* topologi, setidaknya terdapat 3 (tiga) jenis layanan komunikasi yang disediakan oleh IMP yang dapat diuraikan sebagai berikut :

- *Point to point communication* mendeskripsikan data yang berasal dari suatu *host* baik secara langsung maupun tidak langsung atau dengan menggunakan IMP yang berstatus sebagai perantara. Konsep pengiriman data secara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan media komunikasi fisik. Sementara dalam konsep pentransmisian data secara tidak langsung, data akan dikirimkan melalui IMP perantara hingga sampai pada *host* tujuan. Proses pengiriman data secara tidak langsung data akan lebih dahulu masuk pada IMP dan akan disimpan serta akan mengalami *delay* pengiriman sampai ditemukannya jalur komunikasi yang bebas. Jika ditemukan jalur komunikasi yang bebas maka data akan langsung dikirimkan. Jika tidak ditemukan jalur komunikasi yang bebas, maka data akan dikirimkan melalui IMP perantara. Pada IMP perantara data akan disimpan sementara waktu, selama proses *scanning* jalur komunikasi yang bebas. Jika ditemukan data akan dilepas ke IMP selanjutnya. Proses ini akan terus dilakukan hingga akhirnya data yang dikirimkan sampai pada perangkat penerima (Rx). Tujuan pengiriman data secara tidak langsung mendeskripsikan langkah untuk meminimalisir jumlah *hop* yang memungkinkan terjadi selama proses pengiriman data. Jumlah *hop* mendefinisikan jumlah dan panjang jalur yang terdapat antara 2 (dua) node pada suatu jalur komunikasi. Sistem komunikasi *point to point* dapat diilustrasikan sebagai *subnet point-to-point, store-and-forward, packet switched*.
- *Multicast communication* mengilustrasikan sistem komunikasi *multicast* , dengan rincian mekanisme data yang ditransmisikan oleh *user* dapat dialokasikan untuk lebih dari satu penerima (Rx) yang tergabung dalam satu kelompok. Implementasi komunikasi jenis ini dapat digunakan jika sistem komunikasi telah diatur sedemikian rupa dengan menggunakan parameter bit-bit informasi ke dalam format orde tinggi. Data tersebut dapat dikirimkan ke semua penerima (Rx) yang telah ditentukan pada satu alamat pengiriman. Sehingga dalam hal ini sekelompok penerima akan ditempatkan pada satu alamat yang digunakan secara bersama. Jenis komunikasi ini memiliki permasalahan yang cukup kompleks. Masalah ini dapat diselesaikan dengan mengimplementasikan fungsi prosesor khusus yang terintegrasi dengan jaringan komunikasi yang bertindak sebagai penentu dan penunjuk *host* yang akan mengirim data, dengan menggunakan sistem terdistribusi. Namun implikasi yang terjadi pada masalah ini, akan membutuhkan protokol jaringan yang sangat kompleks yang diaplikasikan pada setiap IMP yang tersebar pada jaringan komunikasi.
- *Broadcast communication* mengilustrasikan bentuk umum dari *multicast communication*. Seluruh data akan dikirimkan secara bersamaan dari pengirim ke seluruh *host* atau IMP yang terintegrasi pada jaringan komunikasi. Kode-kode khusus akan disisipkan pada alamat yang terdapat pada data, untuk membedakan jenis komunikasi yang akan digunakan. Dengan kata lain, kode yang digunakan pada sistem komunikasi *point to point, multicast* dan *broadcast*

akan memiliki kode yang saling berbeda satu dengan yang lainnya. Data akan dikirimkan melalui jalur komunikasi yang terdapat pada jaringan dan akan diterima oleh *host* atau IMP yang terhubung pada jaringan. Jika alamat *host* dan IMP yang terhubung memiliki kesesuaian dengan alamat yang tercantum, maka data akan dikirimkan dan masuk pada sisi *buffer*. Jenis komunikasi ini dapat diimplementasikan pada jenis topologi jaringan *bus*, satelit, radio dan televisi.

4.4. Teknologi Jaringan Komunikasi

Jaringan komunikasi dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsi, skala, dan jangkauannya. Seluruh ketersediaan jaringan komunikasi akan digunakan sesuai dengan kebutuhan dan kapasitasnya. Beberapa jabaran dan uraian jenis teknologi komunikasi dapat dijabarkan sebagai berikut.

4.4.1. Personal Area Networks (PAN)

Jenis teknologi komunikasi pada skala yang paling kecil adalah PAN. PAN mendeskripsikan jenis komunikasi yang jangkauannya paling pendek. Analogi yang paling dekat dengan kehidupan sehari-hari adalah koneksi jaringan nirkabel antara *smartphone* dengan *smartwatch*, koneksi perangkat *wireless headset* dengan ponsel atau menggunakan perangkat *speaker wireless* dengan *smartphone* atau televisi. Konsep koneksi teknologi jaringan ini memiliki batas jangkauan jarak. Koneksi akan terus berlanjut jika pengguna terus berada dalam *coverage* jaringannya. Pada umumnya koneksi yang terbentuk pada PAN merupakan salah satu jenis komunikasi yang terintegrasi dengan menggunakan bantuan teknologi *bluetooth*¹⁷. Tentunya sebelum dapat menggunakan teknologi *bluetooth* terdapat beberapa persyaratan yang perlu dipenuhi, salah satunya adalah 2 (dua) atau lebih perangkat yang akan dikoneksikan harus memiliki fitur *bluetooth*. Sebelum difungsikan sesuai dengan kebutuhannya, kedua perangkat harus mengaktifkan fitur *Bluetooth* masing dan melakukan proses *scanning connection* dan mengharuskan melewati proses *pairing*. Setelah proses *pairing* akan terbentuk jalur komunikasi yang disepakati antara 2 (dua) perangkat yang akan dikoneksikan satu dengan yang lainnya.

Pada teknologi *bluetooth*, biasanya menerapkan mekanisme sistem *master-slave*¹⁸. Jika dimisalkan dengan hubungan sebuah komputer dengan perangkat I/O seperti *mouse*, *keyboard*. Maka sebuah komputer akan memegang status sebagai sebagai *master* sementara status *slave* akan diinisialisasi pada perangkat I/O. Komputer akan mengatur terjalannya jalur komunikasi dengan perangkat I/O yang terhubung dengannya. *Master* akan menginformasikan kepada *slave* alamat yang akan digunakan selama proses komunikasi, kapan saat yang tepat mengirimkan informasi, berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam pentransmisi data, level frekuensi yang

¹⁷ Erika Sakai, Noriki Ikeuchi, and Hidekazu Suzuki, 'A Proposal of Virtual Personal Area Network System Which Enables Direct Communication with PAN Devices in Remote Locations', *2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics, GCCE 2020*, 2020, 682–83 <<https://doi.org/10.1109/GCCE50665.2020.9291924>>.

¹⁸ Tanenbaum.

digunakan selama proses pentransmisi dan segala bentuk parameter dan indikator yang dibutuhkan selama proses komunikasi berlangsung.

4.4.2. Local Area Network (LAN)

LAN merupakan jaringan yang dapat diimplementasikan dalam skala yang lebih luas daripada PAN. Cakupan *coverage* LAN dapat mengakomodir kebutuhan koneksi jaringan komunikasi pada suatu ruangan, bangunan seperti kantor, pabrik. Jaringan LAN sangat sering digunakan untuk mengkoneksikan komputer pribadi dengan perangkat elektronik sekitarnya yang terkoneksi dengan jaringan LAN dengan tujuan memungkinkan para penggunanya untuk melakukan *sharing* penggunaan perangkat elektronik yang sama. Hal umum *sharing* perangkat yang terjadi di lingkungan pekerjaan dalam ruangan biasanya adalah penggunaan perangkat *printer*, sehingga beberapa pengguna dapat menggunakan perangkat *printer* secara bersamaan dengan ketentuan setiap pengguna berapa pada jaringan komunikasi yang sama. Pada awalnya jaringan komunikasi LAN menggunakan media transmisi kabel, namun proses instalasi jaringan LAN dengan menggunakan media transmisi kabel memiliki beberapa permasalahan, yaitu tingginya *cost* instalasi yang diperlukan untuk membangun koneksi LAN. Hal ini dapat dilihat dari biaya yang alokasikan untuk keperluan penyediaan bahan dan komponen jaringan seperti kabel dan konektor. Selain itu, proses instalasi dinilai memiliki proses yang kompleks, dengan harus melakukan proses penyusunan rute kabel, pemasangan desain kabel dalam ruangan dan proses-proses lainnya. Jaringan LAN dengan menggunakan media transmisi kabel dapat diinstalasi dengan beberapa jenis media transmisi kabel diantaranya adalah kabel koaksial, fiber optik. Salah satu keunggulan jaringan LAN menggunakan media transmisi kabel adalah memiliki *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan jaringan LAN *wireless*.

Saat ini jaringan LAN telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Jaringan LAN dikembangkan dengan menggunakan media transmisi nirkabel. LAN dengan sistem komunikasi nirkabel mengedepankan aspek-aspek pengoptimalan perangkat *wireless* yang tersedia pada perangkat komunikasi yang digunakan. Misalkan setiap komputer saat ini telah dilengkapi dengan perangkat modem radio dan antenna yang digunakan untuk melakukan komunikasi dengan komputer lainnya. Mekanisme komunikasi secara *wireless* dapat difasilitasi oleh perangkat *Access Point* (AP), *router* nirkabel. Perangkat seperti AP dan *router* berperan sebagai penyedia layanan komunikasi yang jika suatu komputer terkoneksi dengan suatu AP, maka secara otomatis komputer tersebut terhubung dengan jaringan komunikasi yang menaungi AP tersebut. Standar LAN nirkabel masuk dalam salah satu kategori standar IEEE 802.11 yang lebih familiar disebut dengan *wireless fidelity* (Wifi)¹⁹. Kecepatan pentransmisi data mencapai interval minimal berkisar pada level 11 Mbps, hal ini dapat dilihat berdasarkan standar 802.11b, sementara kecepatan maksimal yang dapat diperoleh mencapai kisaran level 7 Gbps sesuai dengan standar 802.11ad.

¹⁹ K J Yogeshwari and G Poornima, 'Power Based Positioning Approach for Indoor Wireless Local Area Network', 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS), 2017, 449–52.

4.4.3. Metropolitan Area Networks (MAN)

Jaringan MAN dapat mengakomodir kebutuhan komunikasi pada skala perkotaan. Salah satu jenis jaringan komunikasi MAN yang paling familiar adalah jaringan televisi kabel. Pada awalnya MAN hanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan penyiaran televisi berbasis pada komunitas. Hingga munculnya peluang perluasan penggunaan jaringan komunikasi MAN yang dapat dialokasikan untuk mencakup kebutuhan penyiaran televisi pada skala perkotaan. Jika dilihat saat ini penyiaran televisi kabel bukan merupakan satu-satunya jenis jaringan MAN. Perkembangan terbaru dalam kecepatan tinggi dengan menggunakan akses jaringan internet nirkabel yang telah menghasilkan jenis jaringan MAN dengan karakteristik yang berbeda dengan mengacu pada standar IEEE 802.16 yang lebih dikenal dengan istilah WiMAX.

4.4.4. Wide Area Networks (WAN)

Sebuah jaringan komunikasi WAN memiliki jangkauan wilayah geografis yang sangat luas yang dapat meliputi beberapa negara atau bahkan benua. WAN dapat mengakomodir komunikasi sambungan jarak jauh dengan skala internasional. WAN juga dapat mengakomodir ketersediaan jaringan transit antar negara. Pada sebagian besar bagian WAN, terdiri atas 2 (dua) komponen yang berbeda, yaitu jalur transmisi dan komponen *switching*. Jalur transmisi memiliki fungsi sebagai pemindah bit-bit yang akan dikirimkan melalui perangkat komunikasi. Jalur transmisi data ini dapat berupa kabel dengan jenis koaksial, fiber optik, kabel tembaga atau bahkan dapat berupa ketersediaan gelombang radio yang dapat mengakomodir kebutuhan penransmisian data. Sementara elemen *switching* pada jaringan WAN didefinisikan sebagai perangkat khusus yang bertanggung jawab dalam menghubungkan 2 (dua) jalur komunikasi. Saat data yang akan ditransmisikan tersedia, maka perangkat *switching* akan mengambil keputusan dengan memilih jalur komunikasi keluaran yang tersedia untuk meneruskan data atau informasi yang dikirimkan.

Pada sebagian besar jaringan WAN, umumnya memiliki banyak jalur transmisi yang masing-masing jalur memiliki koneksi langsung dengan beberapa *router*. Beberapa *router* yang tidak memiliki otoritas penggunaan *sharing* jaringan harus melakukan pengiriman data menggunakan *router* lainnya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dibutuhkan sebuah algoritma yang dapat memfasilitasi penentuan jalur mana yang dapat digunakan untuk melakukan proses penransmisian data, algoritma ini dapat disebut juga dengan *routing algorithm*. Sedangkan untuk penentuan pengambilan keputusan terkait pengiriman paket data sering disebut dengan istilah *forwarding algorithm*. Berdasarkan besarnya kapasitas koneksi pada jaringan WAN, maka penanganan *traffic* WAN membutuhkan perhitungan jelas dan rinci serta menggunakan teknik optimasi yang mampu mendorong aspek-aspek peningkatan kualitas layanan terhadap pengguna jaringan WAN²⁰.

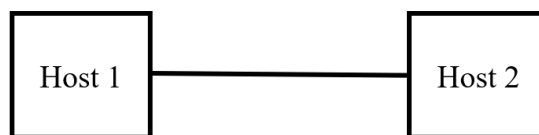
²⁰ Djamel Eddine Kouicem, Ilhem Fajjari, and Nadjib Aitsaadi, 'An Enhanced Path Computation for Wide Area Networks Based on Software Defined Networking', *Proceedings of the IM 2017 - 2017 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network and Service Management*, 2017, 664–67 <<https://doi.org/10.23919/INM.2017.7987355>>.

4.5. Topologi Jaringan

Topologi jaringan memiliki dasar pada konfigurasi geometris yang berbeda yang dapat digunakan untuk membangun sebuah jaringan komunikasi. Beberapa jenis variasi topologi jaringan dapat diuraikan sebagai berikut :

- Point to Point (P2P)

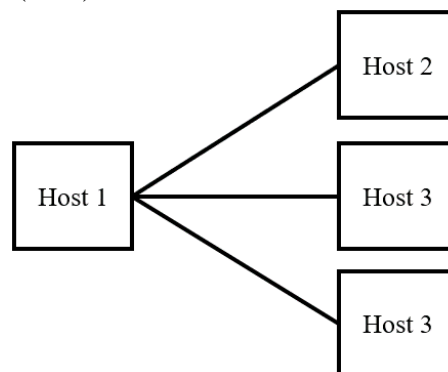
Pada topologi jenis ini jalur transmisi dihubungkan secara permanen antara 2 (dua) buah *host* pada jaringan komunikasi. Jenis media transmisi yang digunakan dapat berupa media komunikasi kabel atau bahkan dengan menggunakan media transmisi *wireless*. Ilustrasi konsep koneksi topologi jaringan P2P dapat dilihat pada Gambar (4.9)



Gambar 4.9. Topologi Jaringan P2P

- Point to Multipoint

Topologi *point to multipoint* merupakan jenis topologi yang menghubungkan satu *host* dengan beberapa *host* lainnya. Masing-masing koneksi *host* memiliki koneksi P2P. Ilustrasi instalasi jaringan *point to multipoint* dapat dilihat pada Gambar (4.10)



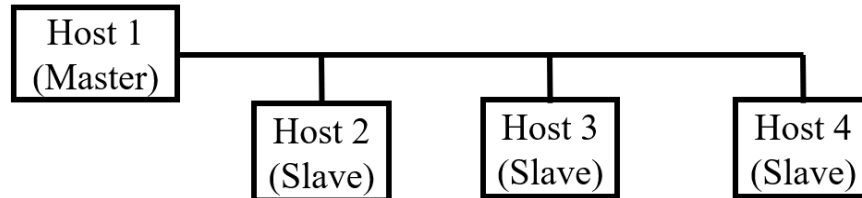
Gambar 4.10. Topologi Jaringan Point to Multi Point

- Multidrop

Multidrop merupakan salah satu jenis topologi yang paling umum digunakan dalam sistem penransmisi sinyal informasi pada sistem komunikasi digital, saat beberapa perangkat komunikasi pada sisi penerima (Rx) memiliki kepentingan untuk saling bertukar informasi satu dengan yang lainnya²¹.

²¹ Yoshihiro Akeboshi, Hiroshi Itakura, and Chiharu Miyazaki, 'Multidrop Transmission System Based on Reflection-Canceling Scheme with Reflection Compensation Lines', *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 62.6 (2020), 2576–84 <<https://doi.org/10.1109/TEMC.2020.2981569>>.

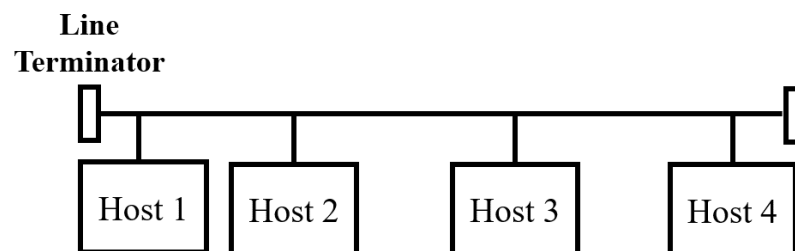
Topologi jenis ini mengilustrasikan koneksi satu *host* terhadap *host* yang lainnya dengan menggunakan satu jalur transmisi utama. *Host* utama yang akan bertindak sebagai *master* sementara *host* yang lainnya akan memegang peranan sebagai *slave*. *Host master* akan memegang kendali kontrol dan akses pada jalur transmisi. Ilustrasi topologi multidrop dapat dilihat pada Gambar (4.11)



Gambar 4.11. Topologi Jaringan Point to Multidrop

- Topologi Bus

Topology *bus* sangat identik dengan topologi *multidrop*, hanya saja pada topologi bus tidak menggunakan mekanisme *master-slave* seperti halnya topologi *multidrop*. Pada topologi yang menggunakan jalur komunikasi tunggal seperti halnya topologi *bus*, kemungkinan terjadi *collison* yang mungkin terjadi. Namun hal tersebut dapat dihindari jika melakukan manajemen dan pengelolaan *traffic* komunikasi yang tepat. Jalur komunikasi yang digunakan pada topologi *bus* dapat menggunakan kabel sebagai media transmisinya. Untuk beberapa fungsi pengembangannya, seluruh komponen *host* yang terdapat pada topologi jaringan *bus* dapat berupa perangkat seperti sensor, actuator, *controller*, seluruh *host* tersebut dapat mentransmisikan dan menerima data atau informasi selama proses *collison* dapat dihindari²². Ilustrasi Topologi jaringan *bus* dapat dilihat pada Gambar (4.12)



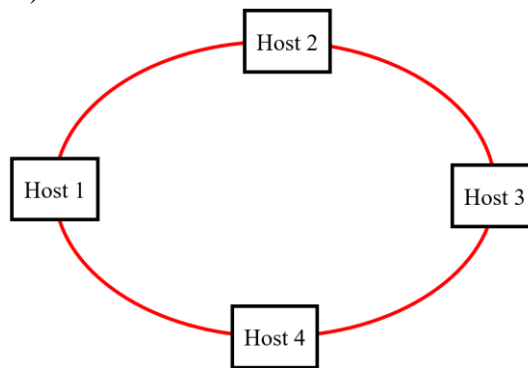
Gambar 4.12. Topologi Jaringan Bus

- Topologi Ring

Pada topologi *ring*, *host* terhubung secara serial dengan mekanisme yang sama dengan topologi P2P dengan *host* terakhir terhubung dengan *host* pertama yang menyebabkan terciptanya koneksi yang identik dengan bentuk *loop*. Dalam perkembangannya topologi *ring* telah ditetapkan sebagai standar

²² Jorge Luis Gonzalez Rios and others, 'Wideband OFDM-Based Communications in Bus Topology as a Key Enabler for Industry 4.0 Networks', *IEEE Access*, 9 (2021), 114167–78 <<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3104741>>.

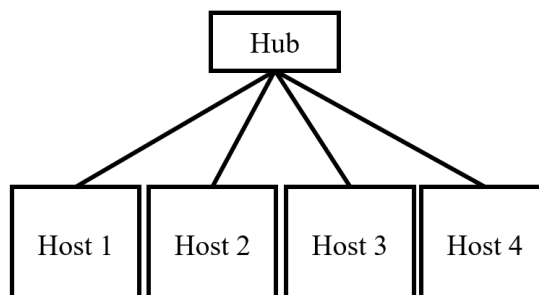
salah satu topologi jaringan komunikasi pada jaringan optik. Tantangan yang menjadi perhatian saat ini adalah menemukan parameter efisiensi *cost* dalam meminimalisir hubungan keseluruhan seluruh *host* yang terkoneksi dengan jaringan topologi *ring*²³. Ilustrasi bentuk topologi jaringan *ring* dapat dilihat pada Gambar (4.13)



Gambar 4.13. Topologi Jaringan Ring

- Topologi Star

Topologi *star* memiliki karakteristik dimana setiap *host* memiliki koneksi langsung dengan ke *host* pusat secara P2P. Secara fisik dapat dilihat jika topologi *star* memiliki bentuk yang idengtik dengan topologi *point to multipoint*, hanya saja kedua topologi memiliki perbedaan dengan adanya perangkat *hub* pada topologi *star*. *Hub* merupakan perangkat pasif yang tidak memiliki fungsi sebagai pengontrol akses ke jaringan komunikasi. Sementara pada topologi *point to multipoint*, mengimplementasikan fungsi *node* pusat sebagai perangkat yang aktif dalam melakukan kontrol terhadap jaringan komunikasi. Instalasi topologi *star* dapat dilihat pada Gambar (4.14)



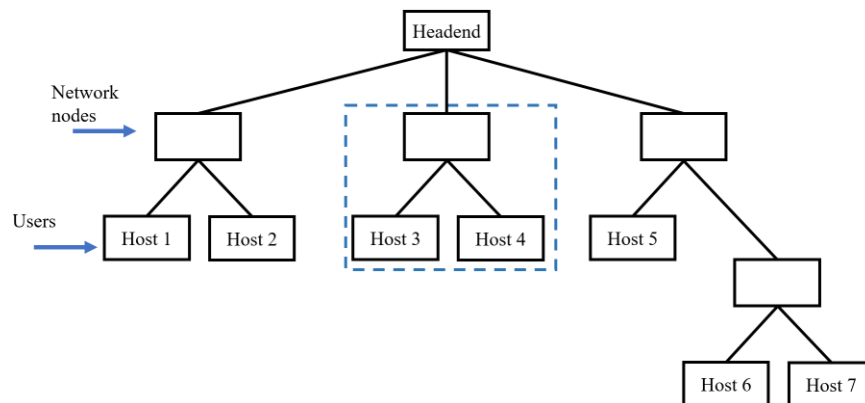
Gambar 4.14. Topologi Jaringan Star

- Topologi Tree

Topologi *tree* memiliki karakteristik dengan adanya koneksi beberapa *bus*, yang membentuk jalur komunikasi dengan beberapa percabangan tanpa

²³ Rokhayah and Nana Rahmana Syambas, 'A Heuristic Algorithm for Ring Topology Optimization', *Proceedings - 2020 6th International Conference on Wireless and Telematics, ICWT 2020*, 2020, 16–19 <<https://doi.org/10.1109/ICWT50448.2020.9243621>>.

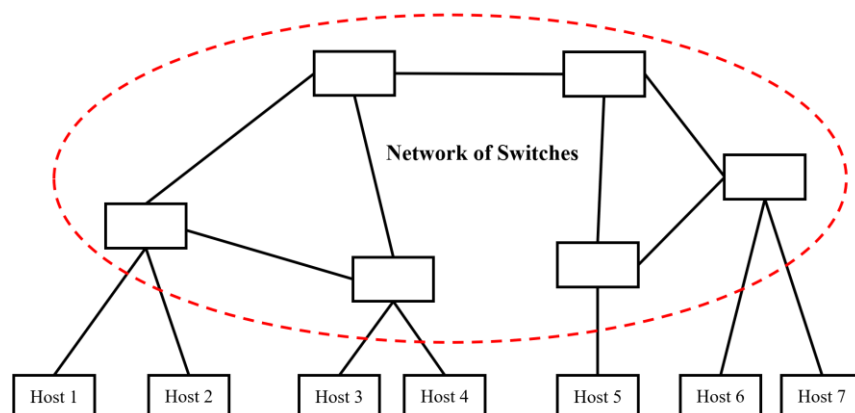
adanya mekanisme sistem *loop* tertutup. Identitas lainnya, terdapat sebuah simpul khusus yang disebut dengan *headend* yang memberikan ilustrasi alur pengiriman informasi yang melalui *host* lain. Ilustrasi topologi jaringan *tree* dapat dilihat pada Gambar (4.15)



Gambar 4.15. Topologi Jaringan Tree

- Topologi Mesh

Topologi *mesh* memiliki koneksi *node* jaringan yang cenderung *random*. Umumnya, menggunakan akan terhubung hanya dengan *subnet* dari *node* internal yang menyediakan fasilitas *switching* yang akan memindahkan informasi yang berasal dari satu *node* ke *node* yang lain hingga tercapainya tujuan pengiriman informasi pada lokasi yang diinginkan. Dalam perkembangannya, setiap konsep dan mekanisme instalasi jaringan topologi *mesh* dapat diimplemmentasikan dengan menggunakan media transmisi *wireless*, yang dapat disebut juga dengan Wireless Mesh Network (WMN). WMN terdiri dari *node* – *node* radio yang diatur dalam topologi *mesh*²⁴. Ilustrasi topologi jaringan *mesh* dapat dilihat pada Gambar (4.16)



Gambar 4.16. Topologi Jaringan Mesh

²⁴ Yu Liu and others, 'Wireless Mesh Networks in IoT Networks', *2017 International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition, IWEM 2017*, 2017, 183–85 <<https://doi.org/10.1109/iWEM.2017.7968828>>.

4.6. Arsitektur Jaringan Data

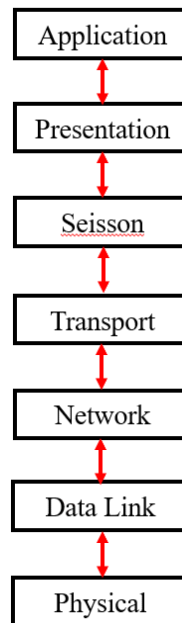
Komunikasi data merupakan ilustrasi pertukaran informasi dari satu pengirim ke satu penerima atau lebih melalui sebuah koneksi yang terhubung antara pengirim dan penerima yang dilengkapi dengan sebuah ketentuan, standar yang telah disepakati oleh pengirim dan penerima. Dalam prosesnya, kompleksitas pengiriman data menjadi hal yang sering terjadi sehingga perlu ditetapkan regulasi tambahan yang mengatur hal tersebut, agar terciptanya kesesuaian serta kesepakatan yang dapat diterima oleh pengirim dan penerima. International Standards Organization (ISO) merekomendasikan 7 (tujuh) lapisan model arsitektur komunikasi yang biasa disebut juga dengan istilah Open Systems Interconnection (OSI). Setiap lapisan OSI memiliki keterkaitan satu dengan yang lain dengan deskripsi fungsi komunikasi tertentu serta menyediakan layanan komunikasi untuk lapisan yang berada di atasnya. Hal tersebut memiliki batasan serta pengecualian untuk terutama terjadi pada lapisan yang paling dasar, dimana lapisan yang paling dasar hanya memiliki lapisan yang berada di atasnya, sementara lapisan dasar tidak memiliki lapisan yang ada di bawahnya. Sementara pada lapisan yang paling atas, hanya memiliki lapisan yang tepat berada di bawahnya serta tidak memiliki lapisan yang ada di atasnya.

Keuntungan yang diperoleh dari lapisan OSI pada jaringan komunikasi adalah jika didalam sebuah lapisan memiliki perubahan penggunaan teknologi pada suatu lapisan, maka perubahan tersebut tidak mempengaruhi secara linier terhadap lapisan yang lainnya baik yang berada di atasnya maupun berada pada level di bawahnya selama perubahan tersebut memberikan layanan yang sama terhadap lapisan yang ada di atasnya. Misalnya jika sebuah komputer dengan Network Internet Card (NIC) kabel dilakukan pergantian perangkat dengan menggunakan NIC *Wireless*. Maka proses pergantian tersebut hanya berkaitan dengan koneksi terhadap media perangkat tersebut, bukan mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem komunikasi. Jika ditinjau lebih detail pergantian perangkat NIC kabel dengan *wireless* merupakan pergantian perangkat fisik dengan fungsi yang sama, sehingga sejalan dengan itu pergantian tidak memberikan dampak pada lapisan-lapisan OSI yang berada di atasnya. Lapisan-lapisan yang terdapat pada model OSI telah diratifikasi oleh International Organization for Standardization (ISO) yang diwakili oleh American National Standards Institute (ANSI), hal ini berkaitan dengan penggunaan protokol yang berkerja pada setiap lapisannya. Sehingga model ini dibuat untuk melakukan beberapa deskripsi proses :

1. Komunikasi jaringan yang terjadi antar *host* jaringan komunikasi LAN dan WAN
2. Menyajikan sistem pengelompokkan serangkaian protokol komunikasi yang bekerja pada setiap lapisannya
3. Mendeskripsikan bagaimana serangkaian protokol yang berbeda dapat melakukan komunikasi satu dengan yang lainnya.

Istilah serangkaian protokol seperti TCP/IP dapat disebut juga sebagai tumpukan protokol. Model OSI akan menunjukkan langkah-langkah sekelompok protokol bekerja dalam melakukan proses transmisi data pada setiap lapisan yang berbeda secara deskriptif. Sesuatu yang menjadi keharusan dalam hal penyediaan koneksi jaringan adalah sebuah komputer yang terintegrasi dengan jaringan harus memiliki

adaptor jaringan. Hal tersebut akan membantu komunikasi antar komputer menjadi lebih mudah serta dapat memfasilitasi kebutuhan pentransmisian data pada suatu jaringan komunikasi. Ilustrasi lapisan OSI dapat dilihat pada Gambar (4.17).



Gambar 4.17. Ilustrasi Level Lapisan OSI

Setiap lapisan OSI dapat dijabarkan sebagai berikut :

- Lapisan *Physical*

Lapisan fisik dapat dideskripsikan sebagai sebuah media fisik yang berhubungan dengan standar listrik, mekanik dan sinyal yang diperlukan untuk membangun, memelihara, dan mengakhiri koneksi. Seluruh komponen atau perangkat komunikasi dalam suatu jaringan komputer merupakan perangkat elektronik yang membutuhkan *supply power* berupa tegangan listrik. Sehingga dalam pengaturan dan penyesuaian input dan output setiap perangkat diatur secara khusus dengan menggunakan pensinyalan listrik. Beberapa media listrik yang yang dimaksud dapat dimisalkan dengan kabel, *jack*, konektor, perangkat *hub*, Multi-Station Access Units (MAUs). Fungsi lapisan fisik pada jeringan komunikasi meliputi topologi, *encoding*, sinkronisasi bit, *multiplexing*. Secara lebih detail karakteristik yang terdapat pada lapisan *physical* dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Konsep kerja lapisan *physical* dipengaruhi oleh perangkat Data Terminal Equipment (DTE) dan Data Circuit Terminating Equipment (DCE). Perangkat yang masuk ke dalam kategori DTE ini dapat dimisalkan dengan komputer, terminal, atau *workstation*. Sementara perangkat yang masuk klasifikasi DCE dapat dimisalkan dengan *modem*, *multiplexer*,

pengontrol dan sebagainya. Konsep *interface* DTE dan DCE memiliki standar sebagai *circuit switching*.

2. Konsep kerja secara mekanik pada lapisan *physical* berkaitan dengan sifat fisik media antar *interface* yang meliputi kriteria ukuran, dimensi konektor, alokasi pin I/O serta konfigurasi lainnya. Sesuai dengan standar ISO/DP 4902 konektor DTE dan DCE dapat berupa RS 232 dengan 37 pin dan 9 pin.
3. Konsep kerja lapisan *physical* pada sisi kelistrikan memiliki representasi dari deretan bit-bit yang merupakan level nilai tegangan pada proses transmisi data.
4. Lapisan *Physical* secara fungsional menawarkan koneksi *interface* secara fisik antara sistem dengan media transmisi, misalnya interpretasi tegangan sinyal pada media, nilai tegangan dan sebagainya. Salah satu standar yang mengatur tentang konsep ini adalah standar X.24 (CCITT) yang mencakup regulasi serta definisi *circuit switching* antara DTE dan DCE pada Public Data Network (PDN)
5. Fungsi prosedural dari lapisan *physical* memiliki keterkaitan dengan regulasi yang didefinisikan untuk berbagai keperluan dan fungsi tertentu. Proses ini biasanya ditangani oleh protokol yang mengatur aliran kelompok bit-bit yang akan saling di-*switch* pada media transmisi. Standar yang mengatur fungsi lapisan *physical* secara prosedural adalah standar X.21 (CCITT) yang mendeskripsikan tujuan umum *interface* pada antara DTE dan DCE yang digunakan sebagai operasi sinkronisasi pada jaringan PDN.
6. Fungsi saklar bertujuan memberikan ilustrasi proses aktif atau tidaknya koneksi fisik pada suatu jaringan komunikasi. Hal ini berkaitan langsung dengan kontrol jalur komunikasi secara fisik dan proses persiapan media transmisi yang digunakan dalam proses pengiriman data. Selain itu, fungsi ini juga akan mengatur tentang aliran kelompok bit-bit yang dikirimkan secara 2 (dua) arah serta menentukan titik tujuan pengiriman data. Keseluruhan fungsi tersebut dapat didefinisikan sebagai Physical Service Data Unit (PSDU), dengan fungsi pelayanan yang dilakukan untuk kebutuhan aliran data pada lapisan data *link*.
7. *Maintenance* dan manajemen berkaitan dengan pentransmisi data bit dan aktivitas manajemen yang berkaitan dengan hubungan fisik
8. Lapisan *physical* akan memberikan notifikasi *error condition* yang berkaitan dengan kondisi fisik media transmisi. Biasanya hal ini terjadi jika terdapat gangguan berupa tidak terhubungnya media transmisi secara fisik yang menghubungkan antara pengirim (Tx) dan penerima (Rx), sehingga berimplikasi pada gagalnya perpindahan data yang dilakukan antar keduanya.
9. Lapisan *physical* dapat mendefinisikan kualitas berdasarkan karakteristik dan parameter yang diterapkan pada jalur transmisi

10. Fungsi *sequencing* (pengurutan) dan identifikasi mendefinisikan fungsi PSDU sebagai pemberi label yang mengidentifikasi berbagai jalur data yang dibuat.
11. Lapisan *physical* dapat mendukung terlaksanakannya mekanisme pengiriman bit secara *half duplex* dan *full duplex*.

Desain utama lapisan *physical* berkaitan langsung dengan hubungan mekanis yang mengatur koneksi *interface* yang mengacu pada koneksi fisik berupa sambungan pin I/O perangkat. Dengan adanya integrasi ini, maka seluruh proses sinkronisasi dan *signaling* antar perangkat komunikasi berikutan dengan aliran listrik yang mengalir pada lapisan fisik. Representasi aliran listrik yang terjadi, biasanya diilustrasikan dengan menggunakan inisialisasi nilai tegangan listrik berupa nilai logika biner 0 dan 1. Hal ini dilakukan sebagai salah satu prosedur dalam membangun koneksi pembentukan koneksi jaringan komunikasi, pemutusan koneksi jaringan.

- Lapisan Data *Link*

Lapisan data *link* memiliki peran dalam menetapkan, memelihara serta melakukan pemutusan bagaimana proses penransmisian berjalan setelah melewati lapisan fisik. Perangkat yang terdapat pada lapisan data *link* merupakan perangkat-perangkat elektronik yang dapat dimisalkan dengan Interface jaringan dan NIC. Lapisan ini juga bertanggung jawab memastikan keberhasilan penransmisian data berjalan dan memberikan garansi pada penransmisian informasi bekerja dengan benar serta tanpa kesalahan. Penransmisian data pada lapisan ini menggunakan alamat fisik yang dideskripsikan memiliki format bilangan heksadesimal yang terdapat didalam ROM dan NIC atau yang lebih sering disebut dengan *MAC address*. Seluruh perangkat yang memiliki hubungan dengan lapisan fisik pada jaringan komunikasi, hampir dapat dipastikan dapat mentransfer informasi melalui lapisan data *link*. Satuan yang digunakan pada data *link* dapat disebut juga dengan istilah *frame*. Karakteristik utama pada lapisan data *link* dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Melakukan manajemen koneksi data *link* selama proses penransmisian informasi antara pengirim dan penerima serta mengatur proses *switch* data dengan menghubungkan entitas jaringan melalui pemetaan Data Link Service Data Unit (DSDU) berdasarkan regulasi koneksi yang telah ditetapkan.
2. Menyediakan sinkronisasi dan pembatasan antara pengirim dan penerima. Hal ini dapat dimisalkan dengan sebuah mekanisme penyelesaian yang digunakan oleh protokol untuk menangani adanya perbedaan kecepatan transmisi data yang terjadi antara pengirim dan penerima sehingga implikasi penyelesaiannya akan mendukung sistem komunikasi yang berkelanjutan pada lapisan *physical*.
3. Dalam mencapai keandalan dalam penransmisian data yang minim kesalahan diseluruh lapisan *physical*, data yang dikirimkan dibagi kedalam bentuk blok-blok data membentuk *frame* dengan ukuran tertentu yang jika diidentifikasi setiap *frame* dapat diuraikan komposisinya

mencakup bagian-bagian sinkronisasi, kontrol kesalahan, deteksi kesalahan dan nilai bit yang difungsikan sebagai kontrol aliran pada data. Keseluruhan representasi bagian *frame* tersebut akan dikirimkan sekaligus ke sisi penerima dengan menggunakan teknik *frame sequencing*. Salah satu jenis *frame sequencing* adalah Frame Sequence Control (FSC) yang digunakan sebagai pendeteksi kesalahan bit informasi yang dikirimkan.

4. Lapisan data *link* diproyeksikan untuk membentuk *frame* yang sama-sama dipahami oleh pengirim (Tx) dan penerima (Rx) serta menyediakan kontrol aliran pada *link* komunikasi.
 5. Lapisan data *link* diproyeksikan dalam melakukan proses *recovery* terhadap kondisi abnormal selama proses pengiriman informasi berlangsung. Kondisi abnormal yang dimaksud dapat berupa hilangnya *frame* akibat kondisi tertentu, dapat juga berupa *frame* yang mengalami duplikasi, atau *frame* yang mengalami kerusakan pada saat dikirimkan.
 6. Lapisan data *link* dapat mendefinisikan seluruh komponen *frame* yang dikirimkan mulai dari awalan *frame* hingga komponen yang berada pada akhiran *frame*. Proses ini dilakukan pada tahapan persiapan pengiriman data. Setelah proses ini selesai dilakukan, maka lapisan data *link* akan meneruskannya ke lapisan fisik. Lapisan *physical* tidak memahami isi keseluruhan komponen data *link*. Lapisan *physical* hanya menerima dan meneruskan *frame* yang diterima dari data *link* dan mengirimkannya ke sisi penerima melalui media transmisi pada jaringan komunikasi yang menghubungkan pengirim dan penerima.
 7. Melakukan proses pengelolaan data *link*, fungsi ini mendeskripsikan proses kontrol interkoneksi sirkuit data, pertukaran parameter dan identifikasi, kualitas layanan, pemberitahuan kesalan dan sebagainya.
 8. Dapat menentukan berbagai parameter yang mendeskripsikan kualitas layanan pada sebuah jaringan komunikasi. Parameter yang digunakan untuk mengukur Quality of Service (QoS) pada jaringan komunikasi berupa waktu rata-rata pengecekan *error*, *delay*, serta *throughput*.
- Lapisan *Network*
Lapisan *network* difungsikan sebagai wadah yang menaungi proses *routing* dan proses *switching* informasi antara jaringan yang sama atau bahkan berbeda, misalnya antar jaringan LAN atau ilustrasi antar jaringan yang berbeda seperti LAN dan WAN. Perangkat yang terdapat pada lapisan *network* dapat misalkan dengan perangkat *router* dan *switch* IP dengan pengalamat menggunakan sederet angka-angka yang memiliki makna khusus yang dapat disebut juga dengan IP. Pada sistem komputer, sebuah komputer dapat memiliki 2 (dua) jenis alamat yang dapat dijabarkan sebagai alamat fisik (*MAC Address*) yang berbasis pada perangkat keras serta alamat logika yang berbasis pada perangkat lunak yang merupakan ilustrasi dari alamat IP. Selain itu, lapisan ini memberikan fasilitas yang mendukung sistem perutean serta pengalamanan informasi dan data yang menjadi identitas valid bagi perangkat komunikasi yang mengirim informasi atau menerima informasi yang

dikirimkan. Karakteristik lapisan *network* dapat diilustrasikan sebagai berikut :

1. Melakukan pengelolaan konektifitas antara pengirim dan penerima dengan melakukan aktifitas memelihara, mengakhiri dan memutus koneksi jaringan komunikasi antar pengirim dan penerima dan termasuk alamat penerima.
2. Menyediakan fasilitas pendukung proses *routing*, *relaying*, *switching* yang diterapkan pada paket data atau informasi yang akan dikirimkan melalui media transmisi.
3. Menyediakan paket *interface* paket data melalui proses segmentasi serta pemblokiran data informasi
4. Memfasilitasi kebutuhan koneksi jaringan dan koneksi *multiplexing* jaringan untuk kebutuhan pentransferan data.
5. Menyediakan proses pengurutan dan kontrol aliran data dalam bentuk paket data yang berisikan informasi yang akan dikirimkan.
6. Menangani proses pemulihan data yang disinyalir memiliki kesalahan dalam bentuk *frame* serta memberikan notifikasi kesalahan yang terjadi.
7. Menyimpan sejumlah data yang mengandung informasi jumlah bit, ukuran *frame* yang akan dan sedang ditransmisikan, serta memberikan rekapitulasi informasi tersebut dan akan dikirimkan ke pengirim (Tx).
8. Menangani skema proses pengalamatan jaringan yang berbeda sehingga paket dapat dikirimkan secara terus-menerus melewati jaringan yang terhubung.
9. Menanggungi berbagai jenis konfigurasi pada jaringan komunikasi seperti *point to point*, *multi-cast*, serta memfasilitasi proses konfigurasi ulang jaringan.
10. Melakukan manajemen lapisan jaringan dengan mengelola layanan transmisi data, opsi *reset* konfigurasi serta pengurutan bit yang dikirimkan.

- Lapisan *Transport*

Lapisan *transport* memiliki posisi diantara lapisan *network* yang berada dibawahnya serta lapisan *session* yang berada diatasnya. Posisi ini membuat lapisan *transport* memiliki tanggungjawab dalam menyediakan koneksi *interface* pada kedua lapisan yang ada disekitarnya. Lapisan ini juga memberikan kontinuitas koneksi dalam proses pengiriman data antara dua *node* secara *end to end*. Serta memberikan jaminan QoS dengan menggunakan sumber daya secara optimal. Karakteristik lapisan ini dapat diilustrasikan sebagai berikut :

1. Menyediakan jalur komunikasi yang bebas dari kesalag, handal, dan *low cost* antara pengirim dan penerima untuk setiap proses pada lapisan aplikasi.
2. Menyediakan klasifikasi jaringan yang berbeda serta memberikan alamat tersebut lapisan *network*. Serta melakukan pengelolaan dan manajemen jaringan yang berbeda.

3. Menyediakan proses 3 (tiga) fase untuk kebutuhan pengiriman data berupa fase pembentukan, pengiriman data, rilis fase, yang ketiganya mengandung informasi *sequencing*, *error control*, *multiplexing*, aliran kontrol penggabungan, segmentasi.
 4. Menyediakan kontrol kesalahan data yang dikirimkan pada sisi *end to end*, beserta notifikasi kesalahan dalam format pelaporan serta melakukan pengawasan kontrol pada tingkatan yang lebih rendah.
 5. Memfasilitasi pembagian informasi ke dalam bentuk blok-blok dengan ukuran yang lebih kecil yang diakibatkan keterbatasan ukuran paket jaringan. Hal tersebut dilakukan pada sisi penerima dan akan digabungkan kembali saat informasi diterima oleh Rx.
 6. Mendukung beberapa jenis koneksi jaringan, *multiplexing*, kontrol aliran informasi yang berkaitan dengan *cost* koneksi jaringan dan parameter QoS jaringan komunikasi.
 7. Memfasilitasi identifikasi karakteristik layanan berupa alamat *transport* dan koneksi *end to end*.
- Lapisan *Session*
Lapisan ini menyediakan fasilitas *interface* antara lapisan presentasi dan lapisan *transport*. Lapisan ini juga memberikan bantuan terhadap lapisan presentasi untuk mengatur dan menyediakan sinkronisasi sesaat sebelum proses pentransmisian data dilakukan. Proses sinkronisasi tersebut dapat disebut juga dengan *hand-shaking* yang bertujuan membentuk *link* komunikasi antara pengirim dan penerima. Karakteristik lapisan *session* diilustrasikan sebagai berikut :
 1. Menyediakan serta menetapkan sesi kontrol dialog (*hand-shaking*) antara pengirim dan penerima. Proses ini meliputi proses transfer data pengguna pada komunikasi satu arah maupun dua arah. Selain itu lapisan ini memiliki wewenang dalam mengontrol pertukaran paket data untuk *traffic* yang bersifat prioritas, interaksi dan sinkronisasi.
 2. Menyediakan layanan administrative seperti koneksi *unbinding* serta manajemen token jaringan. Dalam konteks koneksi *unbinding*, sesi diatur antara pengirim dan penerima yang memungkinkan pengguna dapat adanya pengiriman data yang terjadi melalui perangkat komputer pada jarak jauh. Manajemen token pada dasarnya menghindari eksekusi perintah yang sama yang terjadi pada 2 (dua) komputer pada jaringan yang sama sehingga berdampak pada rusaknya komunikasi yang dilakukan keduanya.
 3. Memberikan informasi serta menyimpan catatan atau laporan statistik kesalahan.
 4. Menyediakan tahapan sinkronisasi yang ditujukan untuk menginisialisasi pos pemeriksaan yang berfungsi sebagai *reminder* proses pengiriman atau memberikan indikasi adanya *frame* yang rusak, hilang atau bahkan adanya duplikasi *frame*, hal ini dilakukan untuk menghindari potensi terkadanya kerusakan pada jaringan.

5. Melakukan klasifikasi koneksi antara lapisan *session* dan *transport*, dimana klasifikasi tersebut dapat meliputi berbagai operasi yang dilakukan selama proses koneksi, *recovery*.

Masalah yang terdapat pada desain lapisan harus dapat mengakomodir pembentukan sesi antara pengirim dan penerima secara terus menerus jika terjadi pemutusan koneksi pada lapisan *transport*. Sinkronisasi ini dilakukan untuk menghindari pengiriman *frame* yang sama, menghindari eksekusi operasi yang sama yang dilakukan oleh 2 (dua) komputer pada saat yang bersamaan.

- **Lapisan *Presentation***

Lapisan ini menyediakan *interface* antara lapisan tertinggi (lapisan aplikasi) dan lapisan sesi. Lapisan presentasi memberikan ilustrasi pemetaan pada format yang berbeda dan sintaks yang digunakan memfasilitasi perubahan data yang digunakan untuk berbagai proses aplikasi yang didefinisikan dalam lapisan aplikasi untuk keperluan jaringan komunikasi. Karakteristik pada lapisan *presentation* diilustrasikan sebagai berikut :

1. Menyediakan sintaks yang sesuai dengan untuk proses pentransmisian data dengan mendefinisikan langkah dan tahapan transformasi atau penerjemahan data ke dalam format yang sesuai agar dapat ditransmisikan. Keseuaian format yang digunakan mendukung keberhasilan pentransmisian data. Sehingga secara garis besar sintaks yang terdapat pada lapisan presentasi mampu mengakomodir pemilihan Teknik transformasi format yang mendukung kesesuaian perubahan format.
2. Memberikan representasi bentuk umum dari informasi dengan entitas aplikasi dapat berkomunikasi dengan lapisan *session*.
3. Lapisan ini menyediakan wadah penyesuaian format data yaitu dengan kompresi teks, enkripsi data yang dialokasikan untuk keperluan keamanan, privasi dan otentifikasi dan penataan data untuk mengoptimalkan keandalan dan efisiensi kecepatan transfer data.
4. Lapisan ini memungkinkan pembentukan dan penghentian sesi antara pengirim dan penerima.
5. Lapisan ini menyediakan pengiriman data yang efisien pada seluruh lapisan jaringan.
6. Lapisan presentasi menawarkan koneksi presentasi untuk entitas aplikasi dan mendukung pengalamatan *multiplexing*.
7. Fungsi lain yang terkait dengan koneksi presentasi yang dikelola oleh presentasi manajemen lapisan.

- **Lapisan *Application***

Lapisan aplikasi membentuk *interface* antara aplikasi pengguna dan lapisan presentasi. Lapisan aplikasi menduduki lapisan tertinggi pada model lapisan OSI. Lapisan menyediakan berbagai layanan jaringan yang dibutuhkan oleh

aplikasi pengguna, misalnya layanan *file*. Hal ini berfungsi sebagai jendela yang membuka proses aplikasi yang menggunakan OSI serta mendeskripsikan aplikasi entitas yang sesuai dengan proses berjalannya aplikasi. Proses aplikasi dapat berupa fungsi sistem kontrol berbagai operasi sistem atau fungsi pengguna data pengolahan. Karakteristik pada lapisan presentasi dideskripsikan sebagai berikut :

1. Menyediakan jendela untuk berbagai tugas antara aplikasi pengguna dengan lapisan OSI
2. Menyediakan klasifikasi pemetaan antara berbagai terminal yang tidak kompatibel. Untuk menyediakan jenis klasifikasi pemetaan ini, perangkat lunak pada terminal virtual jaringan, *editor*, dan perangkat lunak didukung oleh lapisan ini.
3. Lapisan ini juga menyediakan berbagai layanan yang dapat dipahami oleh pengguna, misalnya proses identifikasi, ketersediaan sumber daya, otentikasi, kesepakatan tentang penerimaan berkaitan dengan kualitas layanan.
4. Fungsi manajemen lapisan menyediakan penentuan strategi alokasi yang hemat biaya, kesepakatan tentang *recovery* kesalahan yang terjadi, integrasi data, protokol sintaks data, yang dibutuhkan saat melakukan pemeriksaan kesesuaian informasi yang dikirim oleh pengirim ke penerima.
5. Lapisan ini menyediakan komunikasi antara sistem secara terbuka dengan menggunakan model lapisan OIS yang berada satu level dibawahnya.
6. Lapisan presentasi menyediakan berbagai aplikasi untuk pengguna yang dapat digunakan untuk pengiriman *file* atau dokumen, *e-mail*, serta akses sumber daya yang dapat diakses pada jarak yang jauh.
7. Lapisan presentasi mendeskripsikan komunikasi antara proses aplikasi yang berhubungan dengan permasalahan komunikasi data.

Kelas aplikasi yang berbeda seperti penanganan terminal, penanganan *file*, transfer data hasil komputasi, manipulasi serta aktifitas lainnya telah distandarisasi dan biasanya disebut Specific Application Service Elements (SASEs). Aplikasi penanganan terminal, terutama berkaitan dengan dasar grafik, gambar, dan jenis terminal lainnya ditentukan oleh Common Application Service Element (CASE) yang menawarkan layanan umum untuk semua protokol aplikasi. Sebuah Application Process (AP) dalam lapisan didefinisikan sebagai Application Entity (AE) dan tersedia pada Service Access Point (SAP). AP mungkin berisi lebih dari satu AE yang pada dasarnya terdiri elemen layanan aplikasi dan elemen pengguna. Elemen pengguna bertindak sebagai *interface* ke dalam proses aplikasi. Elemen layanan aplikasi adalah protokol yang mendefinisikan layanan dari CASE dan SASE. Masalah desain untuk lapisan ini berkisar dari aplikasi memungkinkan berbagai terminal yang tidak kompatibel, PC, *workstation* dan sebagainya. Terkait manajemen lapisan dan komunikasi antara sistem terbuka menggunakan lapisan bawah OSI.

BAB V

KOMUNIKASI WIRELESS

5.1. Komunikasi Nirkabel

Komunikasi nirkabel merupakan bentuk komunikasi yang tidak memiliki media transmisi fisik, seperti kabel dan komponen fisik lainnya yang digunakan serta difungsikan sebagai media transmisi. Komunikasi nirkabel memungkinkan dan memberikan kebebasan mobilitas pada penggunaannya secara bebas, tanpa adanya pembatasan jarak selama penggunaannya masih berada dalam *coverage* lingkungan komunikasinya. Hal tersebut cenderung berbeda dengan komunikasi yang menggunakan media transmisi kabel, dimana penggunaannya hanya dapat melakukan komunikasi selama masih terkoneksi dengan jaringan komunikasi melalui media transmisi kabel. Pada komunikasi nirkabel segala kebutuhan pentransmisi data dilakukan dengan memanfaatkan frekuensi yang dibangkitkan. Frekuensi yang dimaksud lebih familiar disebut dengan istilah frekuensi radio. Sinyal informasi akan dikomputasi dengan menggunakan beberapa proses tertentu dengan tujuan memberikan penyesuaian terhadap lingkungan propagasinya. Proses penyesuaian ini akan memberikan dampak yang signifikan, dimana sinyal informasi yang telah diproses akan memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap lingkungan propagasinya. Selain itu, dengan adanya penyesuaian yang dilakukan memungkinkan sinyal informasi dapat dikirimkan ke tempat jauh.

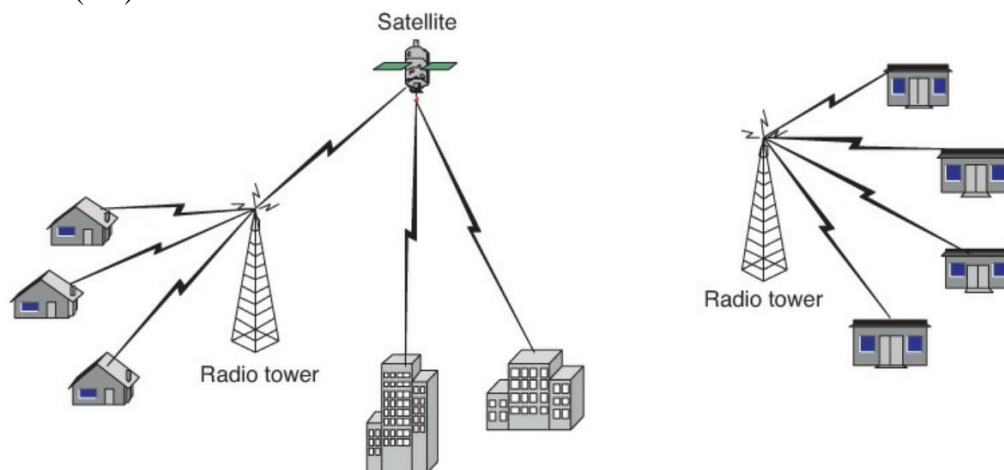
Pada saat ini, salah satu pondasi dasar dalam komunikasi nirkabel adalah komunikasi digital. Komunikasi digital diimplementasikan menggunakan gelombang elektromagnetik yang memiliki beberapa parameter yang meliputi sinyal analog yang diproyeksikan untuk mengirimkan sekelompok informasi dalam format biner atau deretan bit-bit. Walaupun pondasi komunikasi nirkabel adalah komunikasi digital, namun komunikasi analog juga masih digunakan saat ini, Hal ini disebabkan modulasi komunikasi analog disebut sebagai metode modulasi utama yang digunakan dalam aplikasi komunikasi nirkabel. Komunikasi analog digunakan dengan melakukan penyesuaian aspek-aspek parameter bentuk gelombang serta divariasikan secara kontinu dengan dasar sinyal analog. Beberapa aplikasi komunikasi nirkabel apada teknologi komunikasi analog yang masih digunakan adalah saluran radio yang identik menggunakan AM dan FM serta siaran televisi analog. Komunikasi analog telah banyak diaplikasikan pada sistem komunikasi nirkabel, namun secara perlahan implementasinya telah digantikan secara perlahan dengan sistem komunikasi digital. Alasan utama adanya transisi komunikasi analog ke sistem komunikasi digital adalah sistem komunikasi yang digunakan saat ini, hampir keseluruhan mengimpelentasikan data digital, alasan ini juga didukung dengan adanya kemajuan teknologi semikonduktor yang dimplementasikan pada teknologi perangkat komunikasi.

Alasan utama yang dijabarkan tersebut memiliki landasan dengan adanya pertukaran data digital yang semakin menjadi sebuah hal yang biasa dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini dapat dilihat dengan penggunaan berbagai *user application* seperti *e-mail*, *voice call*, *streaming*, *browsing*. Selain itu perkembangan teknologi semikonduktor memberikan dampak pada perkembangan teknologi *integrated circuit*

(IC) yang menyebabkan peningkatan yang signifikan yang berdampak secara signifikan pada desain algoritma pemancar yang jauh lebih baik. Manfaat yang diperoleh dari penggunaan sinyal digital yaitu, sinyal digital memiliki ketahanan terhadap segala bentuk jenis gangguan pada lingkungan propagasi.

1. Broadcast Radio

Aktivitas *broadcast* radio merupakan salah satu implementasi dari komunikasi nirkabel. Hingga sampai saat ini, pemancar radio masih menggunakan teknologin komunikasi analog yang ditransmisikan dengan menggunakan *band frequence* AM dan FM. Radio AM menggunakan Amplitudo Modulasi (AM) saat melakukan pentrasnmisian. Radio AM memiliki kesensitifan yang besar terhadap gangguan. Sehingga *broadcast* radio secara perlahan beralih siaran transmisi FM dengan menggunakan Frekuensi Modulasi (FM) yang diaplikasi pada siaran *broadcast* radio. Pada jaringan komunikasi radio atau televisi, sinyal dapat ditransmisikan pada Menara yang tinggi atau menggunakan satelit. Ilustrasn *broadcast* radio dapat dilihat pada Gambar (5.1)²⁵



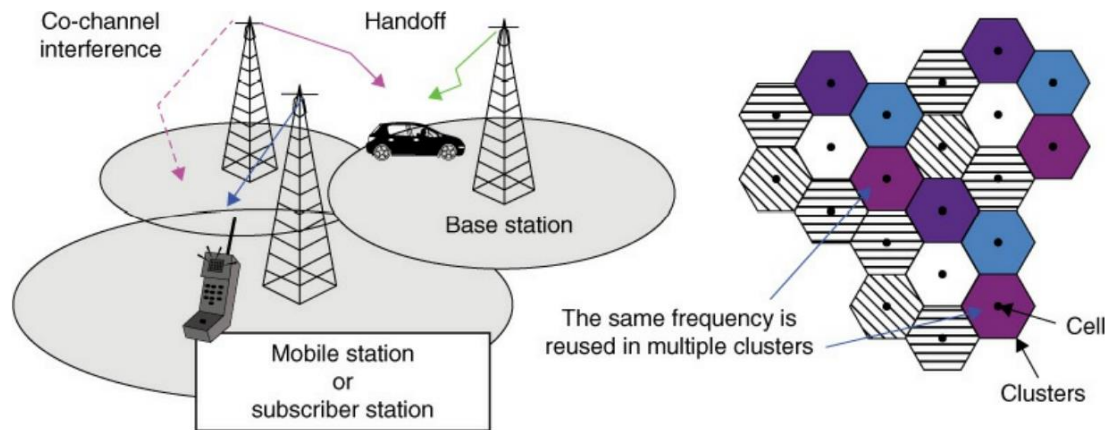
Gambar 5.1. Ilustrasi Jaringan Transmisi Radio

2. Jaringan Komunikasi Seluler

Jaringan komunikasi seluler menggunakan stasiun jaringan untuk memfasilitasi pengguna seluler yang tersebar pada daerah geografis yang luas. Pada jaringan komunikasi seluler terdapat istilah sel yang mengacu pada area *coverage* perangkat komunikasi yang disebut dengan Base Tranceiver Station (BTS). BTS akan dibangun di beberapa tempat sehingga sel-sel yang terbentuk akan saling berdeekatan atau bahkan *overlapping* satu dengan yang lainnya. Sebuah sel memiliki bentuk yang identik dengan bangun datar heksagonal. *Cluster* sel akan berbagi frekuensi radio, yang akan digunakan kembali apabila pengguna baru, atau pengguna sebelumnya kembali akan menempati frekuensi secara geografis. Pada jaringan seluler pengguna dapat dengan mudah melakukan mobilitas yang tinggi, bahkan dengan intensitas yang tinggi. Hal ini disebabkan BTS akan selalu melakukan *backup* koneksi penggunaanya,

²⁵ Jr. Robert W. Heath, *Introduction to Wireless Digital Communication* (Boston: Pearson Education, Inc., 2017).

akibat adanya beberapa BTS yang diinstalasi disekitar pengguna. Sehingga koneksi pengguna dengan jaringan komunikasi seluler dapat dipindahkan dari satu BTS ke BTS lain yang berada disekitar penggunanya. Proses perpindahan ini dapat disebut juga dengan istilah *handover*. Proses *handover* dilakukan dengan tujuan menjaga konektifitas pengguna terhadap jaringan komunikasi seluler. Selain itu, *handover* dapat dijadikan solusi dalam mempertahankan Quality of Service (QoS) jaringan komunikasi. Ilustrasi jaringan komunikasi seluler dapat dilihat pada Gambar (5.2)²⁶

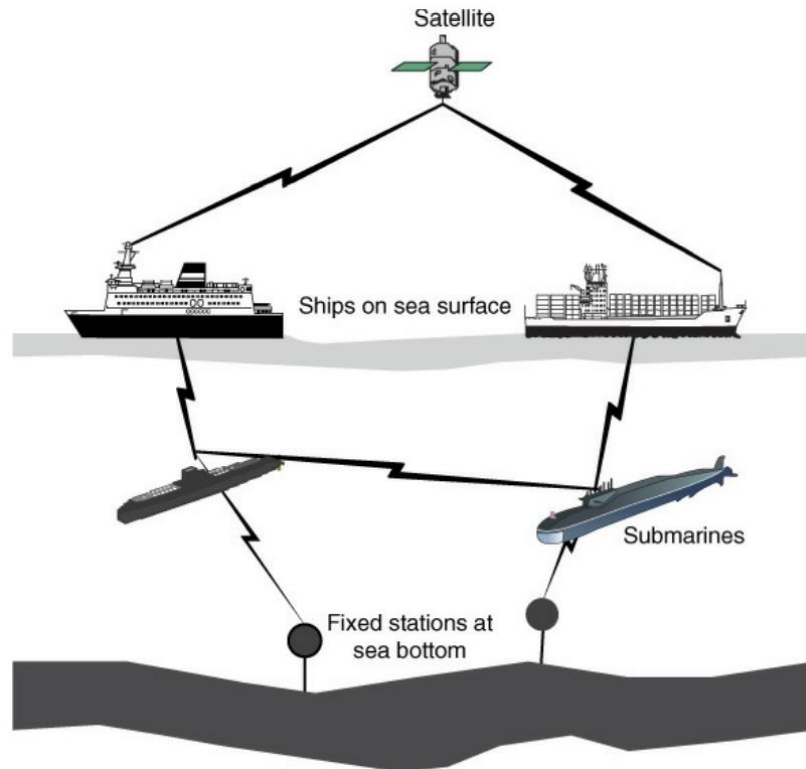


Gambar 5.2. Instalasi Jaringan Komunikasi Seluler

3. Komunikasi Underwater

Komunikasi *underwater* merupakan salah satu bentuk komunikasi *wireless* yang diimplementasikan dalam laut. Berbagai jenis penyesuaian parameter sistem pada komunikasi *underwater*. Pertimbangan dalam melakukan instalasi jaringan komunikasi dibawah permukaan air, berdasarkan alasan ruang instalasi yang tidak mengganggu aktifitas. Disamping itu, perbedaan utama komunikasi *underwater* dengan jenis komunikasi lainnya, yaitu komunikasi *underwater* sangat familiar disebut juga dengan propagasi akustik sementara komunikasi jenis lainnya lebih mengedepankan mekanisme propagasi gelombang elektromagnetik dengan bantuan frekuensi radio nirkabel. Jika komunikasi jenis lainnya diimplementasikan pada komunikasi *underwater*, maka propagasi gelombang elektromagnetik akan sangat terganggu dengan level atenuasi yang berasal sifat konduktifitas air yang sangat besar. Implikasi dari radiasi elektromagnetik tersebut, akan menyebabkan gelombang elektromagnetik yang merambat tidak dapat mencapai jarak yang jauh, sehingga sinyal informasi yang dikirimkan tidak sampai ke sisi penerima. Kondisi tersebut dapat diatasi dengan menerapkan sistem komunikasi *underwater*. Pada komunikasi *underwater* mekanisme pengiriman informasinya, menggunakan metode akustik digunakan untuk transmisi jarak jauh dengan kecepatan transmisi yang rendah. Selain itu, komunikasi *underwater* memiliki kelemahan lain yaitu *bandwidth* yang terbatas. Ilustrasi instalasi jaringan komunikasi *underwater* dapat dideskripsikan pada Gambar (5.3)

²⁶ Robert W. Heath.



Gambar 5.3. Instalasi Jaringan Komunikasi Underwater

5.2. Modulasi

Tujuan dari sistem komunikasi pada dasarnya adalah memindahkan sekelompok informasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Sinyal informasi yang akan dikirimkan biasanya berada pada frekuensi yang rendah. Hal ini menjadikan sinyal informasi asli sangat rentan terhadap gangguan serta tidak memungkinkan dikirimkan secara langsung. Untuk memperoleh peningkatan ketahanan sinyal informasi yang akan dikirimkan, maka sinyal informasi perlu digabungkan dengan sinyal yang lebih besar dan memiliki ketahanan terhadap gangguan saat dilakukan proses pentransmisian. Sinyal dengan level frekuensi yang lebih tinggi tersebut dikenal dengan istilah sinyal pembawa (*carrier*). Penggabungan sinyal informasi dengan sinyal *carrier* memungkinkan sinyal informasi dapat dikirimkan pada jarak jauh ke suatu lokasi serta memiliki daya tahan terhadap gangguan yang terdapat pada lingkungan propagasi. Proses penggabungan sinyal informasi dan sinyal *carrier* disebut dengan istilah modulasi.

Modulasi merupakan proses penumpangan sinyal informasi asli terhadap gelombang sinyal pembawa (*carrier*). Proses modulasi dapat dianalogikan dengan mengasumsikan sinyal informasi sebagai sekelompok penumpang moda transportasi yang berkumpul pada suatu terminal keberangkatan. Sementara sinyal pembawa dapat diasumsikan sebagai moda transportasi yang akan membawa penumpang dari terminal keberangkatan menuju terminal tujuan melalui jalur-jalur dan ketentuan yang telah ditetapkan. Sinyal pembawa akan memiliki nilai yang lebih besar dari sinyal informasi yang akan dikirimkan, hal ini sesuai dengan analogi transportasi dimana moda

transportasi akan memiliki bentuk yang lebih besar daripada penumpang yang akan dibawa. Selain memiliki peluang kapasitas pengangkutan yang lebih besar, pengiriman data dari satu tempat ke tempat yang lain akan menjadi lebih efisien. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, proses modulasi mendeskripsikan sebuah teknik pengiriman informasi yang berorientasi pada penumpangan sinyal informasi terhadap sinyal pembawa (*carrier*) untuk dapat ditransmisikan melalui media transmisi. Implementasi teknik modulasi dilakukan dengan cara menyesuaikan parameter sinyal *carrier* sesuai dengan parameter yang terdapat pada sinyal informasi, seperti amplitudo, fasa dan frekuensi dengan nilai yang bervariasi. Alasannya proses modulasi sangat dibutuhkan didasarkan pada beberapa faktor :

1. Panjang antena

Berdasarkan teori propagasi gelombang diketahui bahwa untuk mentransmisikan gelombang secara efektif, panjang transmisi antena harus memiliki nilai yang identik dengan panjang gelombang, berdasarkan ketetapan variabel panjang gelombang sama dengan kecepatan cahaya dibagi dengan variabel frekuensi. Interval frekuensi audio memiliki nilai berkisar antara 20 Hz hingga 20 kHz. Jika dalam interval frekuensi audio ini ditransmisikan ke tempat yang jauh maka akan dibutuhkan dimensi antena transmisi yang sangat panjang. Hal ini membutuhkan kompleksitas dimensi yang besar, serta *cost* yang sangat besar, serta dapat mengurangi faktor efisiensi pada perangkat jaringan komunikasi yang digunakan. Hal ini dapat diselesaikan dengan jika frekuensi yang digunakan ditingkatkan misalnya menjadi 100 MHz, maka hasil komputasi perkiraan dimensi antena transmisi menjadi berukuran 3 (tiga) meter. Kesimpulan dari faktor panjang dimensi antena transmisi, akan berbanding lurus dengan nilai panjang gelombang. Semakin besar frekuensi gelombang yang digunakan, maka akan semakin kecil dimensi antena transmisi yang dapat mengakomodir kebutuhan pentransmisi. Hal yang sama juga berlaku sebaliknya, jika semakin kecil atau rendah frekuensi yang digunakan, maka dimensi antena transmisi akan semakin besar.

2. Rentang operasi

Energi sinyal sangat bergantung pada nilai frekuensi yang digunakan, semakin tinggi frekuensi sinyal, maka akan semakin besar energi yang dimiliki. Hal ini dapat dideskripsikan secara detail jika dimisalkan dengan nilai interval frekuensi audio, nilai frekuensi audio memiliki interval frekuensi yang kecil sehingga sinyal ini tidak dapat ditransmisikan langsung pada jarak jauh. Satu-satunya opsi yang tersedia untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah dengan memodulasi sinyal audio dengan sinyal *carrier* yang memiliki frekuensi yang tinggi.

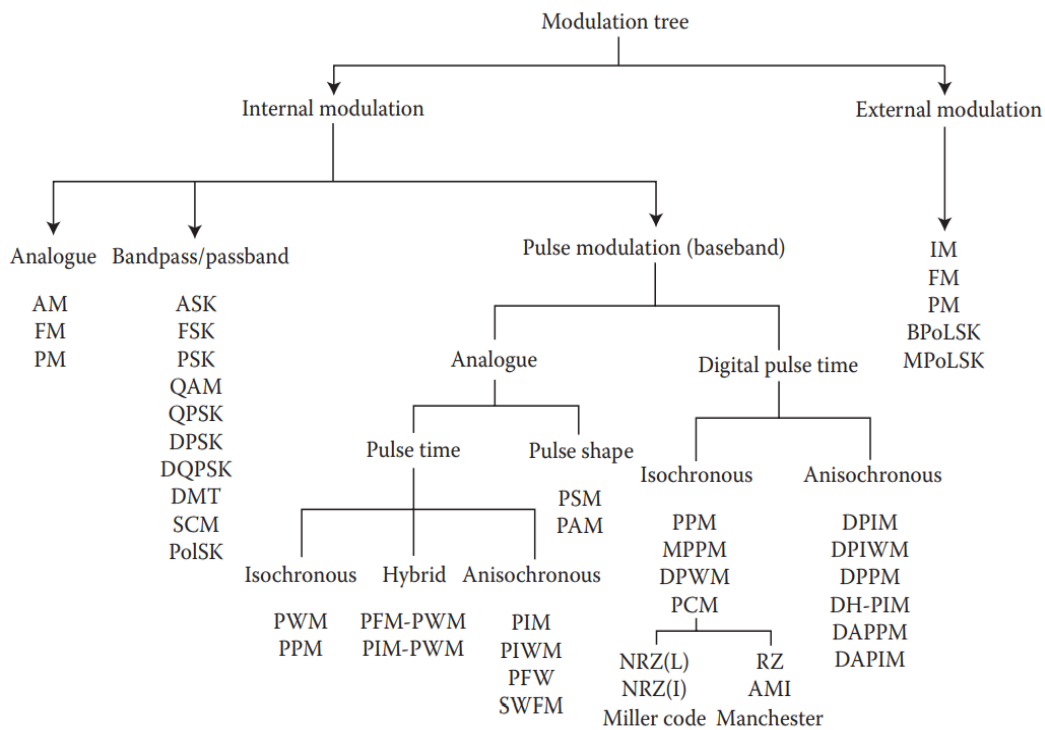
3. Komunikasi Nirkabel

Komunikasi nirkabel merupakan salah satu jenis komunikasi yang dilakukan tanpa menggunakan media transmisi fisik. Komunikasi nirkabel dapat diilustrasikan dengan sistem komunikasi radio, yang memiliki stasiun pemancar dan penerima yang memiliki perangkat radio. Informasi yang dikirimkan dengan menggunakan frekuensi radio berupa pesan suara yang masuk ke dalam kategori frekuensi rendah yang memiliki rentang frekuensi sebesar 20 Hz – 20KHz. Pada

rentang frekuensi ini, sinyal informasi tidak akan dapat ditransmisikan secara langsung. Hal ini akan berimplikasi pada besarnya gangguan yang akan diterima sinyal informasi selama proses propagasi berlangsung, serta memungkinkan tidak tersampainya informasi yang dikirimkan. Sehingga sebelum sinyal informasi sampai ke penerima pada lokasi yang jauh, sinyal informasi dengan format audio tersebut hilang pada saat ditransmisikan. Sehingga perlunya langkah untuk memodulasi sinyal audio terhadap sinyal frekuensi yang tinggi.

4. *Mutual Interference*

Jika seluruh sinyal audio memiliki sumber yang berbeda dan ditransmisikan sebagai sinyal *baseband*, maka seluruh sinyal yang dikirimkan akan saling mengganggu satu dengan yang lainnya. Hal ini merupakan implikasi, bahwa setiap sinyal yang dikirimkan menempati *band frequency* yang sama. Jika dilakukan tahapan modulasi, maka setiap sinyal informasi yang dikirimkan akan menempati *band frequency* yang berbeda. Sehingga sinyal yang dikirimkan tidak memiliki peluang saling mengganggu satu dengan yang lainnya, sehingga dengan alasan tersebut perlu dilakukan proses modulasi. Bagian dan jenis modulasi dideskripsikan pada Gambar() ²⁷



Gambar 5.4. Pengelompokan Model dan Jenis Modulasi

5.2.1. Modulasi Analog

Modulasi analog memberikan opsi perubahan parameter sinyal pembawa sesuai dengan bentuk dan karakteristik sinyal informasi yang akan dikirimkan. Beberapa parameter sinyal pembawa yang dapat disesuaikan adalah amplitude,

²⁷ S. Rajbhandari Z. Ghassemlooy, W. Popoola, *Optical Wireless Communications System and Channel Modelling with MATLAB* (Boca Raton: CRC Press, 2017).

frekuensi, fasa, dimana hal ini bertujuan untuk memberikan peluang pengiriman data dalam jarak yang sangat jauh. Berdasarkan Gambar (). klasifikasi modulasi analog terbagi atas 3 jenis yaitu :

- a. *Amplitude Modulation* (AM)
- b. *Frequence Modulation* (FM)
- c. *Phase Modulation* (PM)

5.2.2. Amplitude Modulation (AM)

Modulasi AM merupakan salah satu jenis modulasi analog dengan karakteristik perubahan nilai amplitudo yang menduplikasi bentuk amplitudo dari sinyal informasi. Secara matematis persamaan sinyal pembawa (*carrier*) dapat dilihat pada persamaan (5.1).

$$Sig_{carrier}(t) = A_c \cos(\omega_c t + \phi) \quad (5.1)$$

Keterangan :

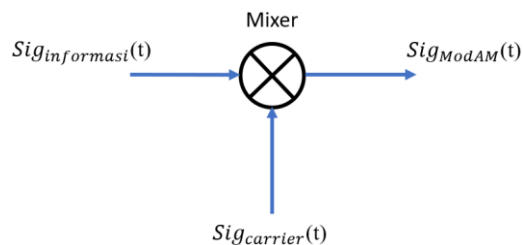
- $Sig_{carrier}(t)$: Sinyal *carrier*
 A_c : Amplitudo
 $\omega_c t$: Frekuensi *carrier*
 ϕ : Sudut modulasi

Berdasarkan persamaan (5.1) nilai frekuensi *carrier* dapat dijabarkan melalui formulasi persamaan (5.2)

$$\omega_c t = 2\pi f_c \quad (5.2)$$

Variabel 2π mengilustrasikan nilai sudut pada gelombang *carrier*, sementara variabel f_c merupakan nilai frekuensi dari gelombang *carrier* yang memiliki level gfrekuensi yang lebih tinggi dari level nilai frekuensi sinyal informasi. Terdapat beberapa istilah terkait mekanisme proses modulasi, dimana sinyal informasi yang telah dimodulasi dapaty disebut juga dengan istilah sinya termodulasi. Sedangkan sinyal *carrier* dapat disebut juga dengan sinyal pemodulasi.

Konsep penggabungan sinyal *carrier* dan sinyal informasi pada modulasi amplitudo dijabarkan pada Gambar (5.5)



Gambar 5.5. Blok Diagram Modulasi AM

Dalam proses pembentukan sinyal termodulasi, sinyal informasi akan digabungkan dengan sinyal *carrier*. Sehingga persamaan sinyal modulasi amplitude dapat dituliskan melalui persamaan (5.3)

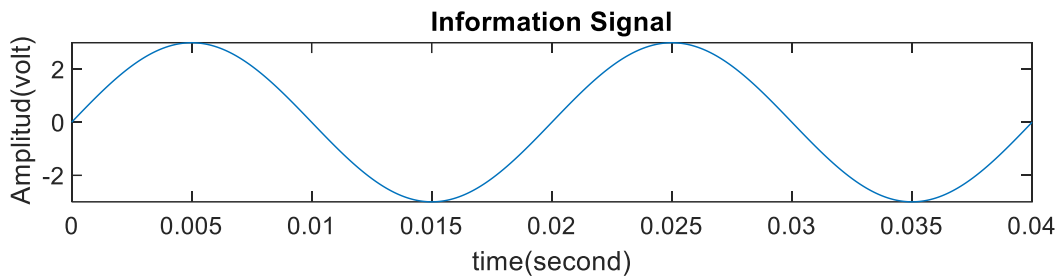
$$Sig_{ModAM}(t) = Sig_{informasi}(t) \cos \omega_c t \quad (5.3)$$

Keterangan :

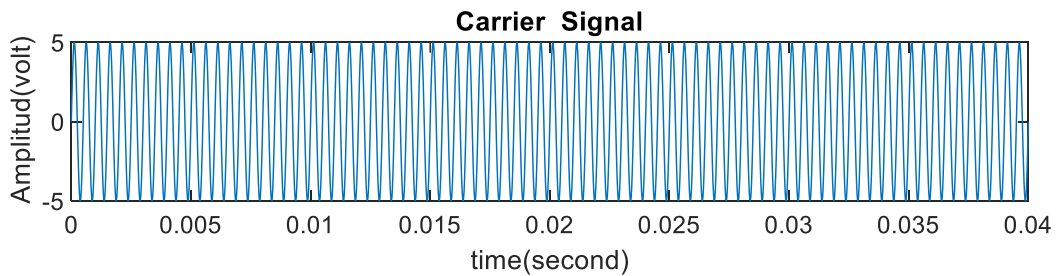
$Sig_{ModAM}(t)$: Sinyal modulasi AM

$Sig_{informasi}(t)$: Sinyal informasi

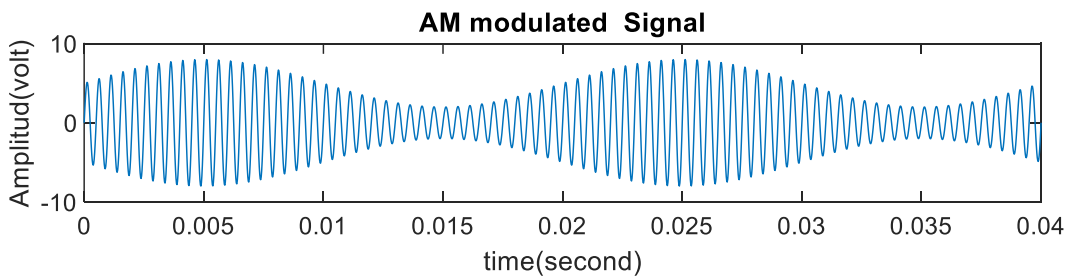
Proses *mixer* pada modulasi *amplitude* memiliki fungsi sebagai perangkat yang menyediakan proses penggabungan antara sinyal informasi dengan sinyal *carrier*, dengan hasil komputasi dari keduanya yang membentuk sinyal termodulasi atau dapat disebut juga dengan sinyal modulasi AM. Hasil modulasi AM dapat dilihat pada Gambar (5.8)



Gambar 5.6. Bentuk Gelombang Sinyal Informasi



Gambar 5.7. Bentuk Gelombang Sinyal Carrier



Gambar 5.8. Bentuk Gelombang Sinyal AM Termodulasi

Pada Gambar (5.8) dapat dilihat, bahwa amplitudo nilai sinyal *carrier* akan mengikuti fluktuasi dan variasi nilai amplitudo sinyal pembawa. Sehingga hasil sinyal termodulasi akan membentuk pola gabungan bentuk amplitudo antara sinyal informasi dan sinyal pembawa. Pada modulasi amplitudo ciri yang paling terlihat dalam sinyal termodulasi adalah bentuk amplitudo yang bervariasi. Proses transisi akan terlihat jika

amplitu sinyal informasi terindikasi memiliki penurunan level amplitudo maka secara linier, sinyal *carrier* akan membentuk pola yang sama, serta sebaliknya.

5.2.3. Modulasi Frekuensi (FM)

Modulasi frekuensi dapat disebut juga dengan dengan modulasi sudut. Sinyal modulasi dapat diinisialisasikan melalui variabel $b(t)$, variabel ini digunakan untuk memodifikasi frekuensi ωc dengan bentuk gelombang *carrier* ($c(t)$) berdasarkan domain waktu. Ilustrasi formulasi perubahan frekuensi *carrier* dapat dituliskan melalui persamaan (5.4)

$$\Delta\omega c = k b(t) \quad (5.4)$$

Variabel k merupakan konstanta deviasi frekuensi, dengan frekuensi *carrier* sesaat dapat dituliskan melalui formulasi matematis pada persamaan (5.5)

$$\omega(t) = \omega c + \Delta\omega c = \omega c + k b(t) \quad (5.5)$$

frekuensi pembawa yang tidak termodulasi didefinisikan melalui variabel ωc , dengan mensubstitusikan persamaan (5.6) terhadap persamaan (5.7)

$$b(t) = B \cos \omega_b t \quad (5.6)$$

Frekuensi sesaat $f(t)$ dari bentuk gelombang FM dapat dituliskan melalui persamaan (5.8)

$$\omega(t) = \omega c + k B \cos \omega_b t \quad (5.7)$$

$$f(t) = \frac{\omega(t)}{2\pi} = f_c + \frac{kB}{2\pi} \cos \omega_b t \quad (5.8)$$

Dengan nilai maksimum dan minimum dari frekuensi sesaat dapat dituliskan pada persamaan (5.9) dan (5.10)

$$F_{maks} = f_c + \frac{k B}{2\pi} \quad (5.9)$$

$$F_{min} = f_c - \frac{k B}{2\pi} \quad (5.10)$$

Nilai frekuensi sesaat dari frekuensi *carrier* yang tidak termodulasi dapat disebut juga dengan penyimpangan frekuensi puncak didefinisikan dengan menggunakan persamaan (5.11)

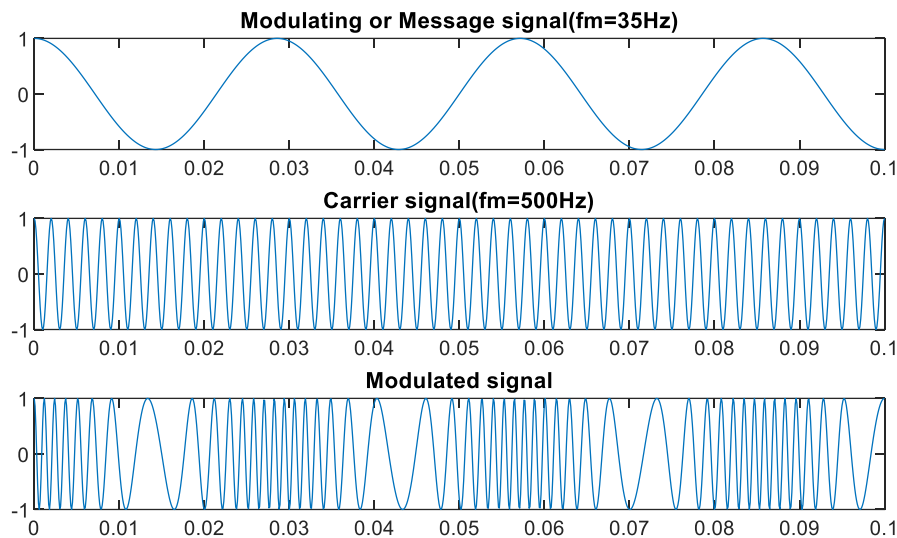
$$\Delta f \equiv f_{max} - f_c = \frac{k B}{2\pi} \quad (5.12)$$

Sehingga memungkinkan jika indeks modulasi frekuensi (mf) dan variabel standar deviasi (δ) dapat dituliskan melalui formulasi matematis persamaan (5.13) dan persamaan (5.14)

$$mf = f_c = \frac{k B}{\omega_b} \delta \quad (5.13)$$

$$\frac{\Delta f}{f_c} = \frac{k B}{\omega_b} \quad (5.14)$$

Ilustrasi bentuk gelombang termodulasi pada modulasi FM dapat dilihat pada Gambar (5.9)



Gambar 5.9. Bentuk Gelombang Sinyal FM Termodulasi

Pada Gambar (5.9) dapat dilihat, perubahan bentuk gelombang sinyal termodulasi FM memiliki perubahan pola yang identik dengan pola sinyal informasi. Perubahan pola pada modulasi frekuensi memiliki karakteristik amplitudo gelombang yang memiliki nilai konstan sepanjang interval waktu gelombang. Sementara perubahan lainnya ditandai dengan kerapatan gelombang yang mengikuti bentuk pola dari sinyal informasi. Deskripsi detailnya dapat dilihat bahwa ketika sinyal informasi memiliki frekuensi sebesar 35 Hz, maka gelombang yang dihasilkan akan cenderung memiliki panjang gelombang yang panjang, dengan pola yang dapat diidentifikasi secara jelas. Sementara pada gelombang *carrier* frekuensi yang digunakan memiliki level nilai frekuensi sebesar 500Hz, dimana hal tersebut mendefinisikan pola gelombang dengan dengan gelombang yang pendek serta bentuk gelombang yang cenderung rapat. Sehingga sinyal termodulasi FM yang dihasilkan memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Saat sinyal informasi memiliki interval level nilai amplitudo 0 (nol) menuju level nilai puncak positif, maka sinyal termodulasi FM akan memiliki visualisasi yang cenderung rapat dengan nilai amplitudo rata-rata yang konstan.
2. Saat sinyal informasi memiliki interval level nilai amplitudo 0 (nol) menuju level nilai puncak negatif, maka sinyal termodulasi FM akan memiliki visualisasi yang cenderung melebar atau merenggang dengan nilai amplitudo rata-rata yang konstan.

5.2.4. Modulasi Fasa (PM)

Jenis modulasi analog yang ketiga adalah modulasi Fasa (PM), konsep modulasi PM memiliki karakteristik yang hampir sama dengan FM, yaitu memiliki

kesamaan dalam representasi sudut. Dalam perkembangan teknologi komunikasi data, modulasi fasa diimplementasikan pada sistem komunikasi satelit dan luar angkasa. Perbedaan utama modulasi PM dengan jenis modulasi analog lainnya adalah modulasi PM dan FM memiliki ketahanan terhadap gangguan lebih baik dibandingkan modulasi AM. Selain itu, modulasi PM dapat dibangun dengan menggunakan rangkaian elektronika yang lebih sederhana dibandingkan dengan modulasi FM. Hasil rangkaian elektronika yang sederhana tersebut, dinilai memiliki kestabilan frekuensi yang dihasilkan melalui sebuah Voltage Controlled Oscillator (VCO). VCO yang diimplementasikan dengan tujuan menghasilkan penyimpangan yang tinggi, dimana secara linier hal tersebut akan menghasilkan indeks modulasi yang tinggi. Gelombang frekuensi *carrier* yang tidak termodulasi dapat dituliskan melalui persamaan (5.15)

$$c(t) = \sin(\omega c + \varphi c) \quad (5.15)$$

ketika fasa telah dimodulasi, maka fase *carrier* (φc) akan digantikan fase sesaat ($\varphi(t)$), dimana fase sesaat ($\varphi(t)$) dapat direpresentasikan melalui persamaan (5.16)

$$\varphi(t) = \varphi c + K b(t) \quad (5.16)$$

dimana variabel k merupakan konstanta deviasi fasa, sementara variabel $b(t)$ menunjukkan sinyal termodulasi. Variabel $b(t)$ dapat dituliskan melalui formulasi matematis pada persamaan (5.17)

$$b(t) = B m(t) \quad (5.17)$$

dengan variabel $B m(t)$ diinisialisasi sebagai sebuah fungsi yang merujuk pada fungsi domain waktu. Sehingga persamaan untuk mengetahui nilai maksimum deviasi fasa yang terbentuk dapat dituliskan sesuai dengan persamaan (5.18)

$$\varphi(t) = \Delta\varphi m(t) \quad (5.18)$$

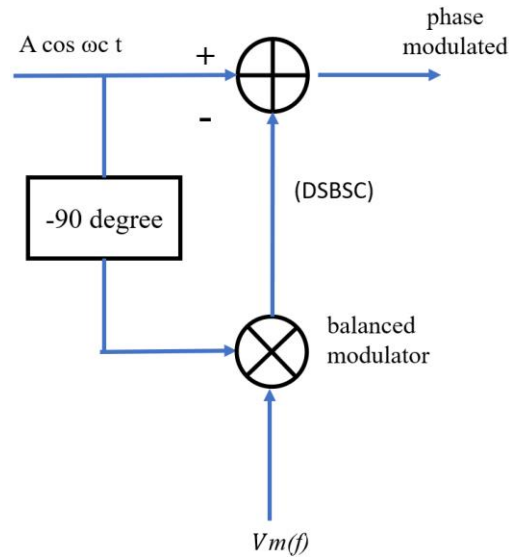
dimana $\Delta\varphi = K B$ merupakan maksimum deviasi fasa, setelah melakukan proses substitusi persamaan, maka sinyal termodulasi PM dapat dituliskan melalui persamaan (5.19)

$$c_{PM}(t) = \sin[\omega c t + \Delta\varphi m(t)] = \sin[\omega c t + m p \sin \omega m t] \quad (5.19)$$

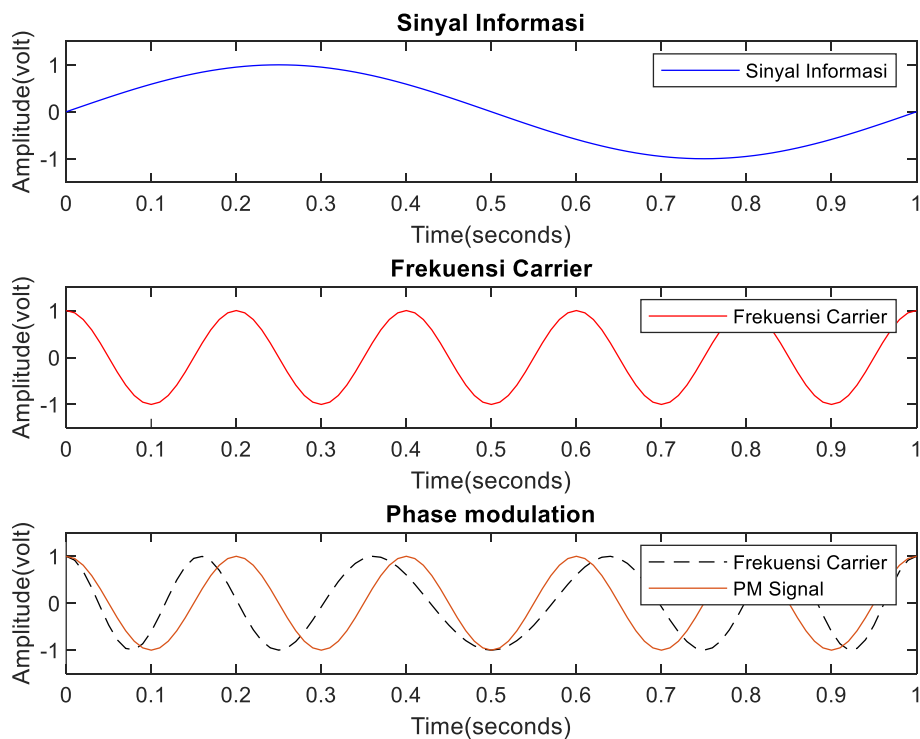
Diagram blok yang lebih sederhana dapat dilakukan untuk membentuk sinyal termodulasi pada modulasi PM. Langkah ini dilakukan dengan pendekatan menggunakan implementasi *narrowband* dengan menerapkan nilai variabel $\Delta\varphi < 0.25$ $\cos \Delta\varphi \approx 1$ dan $\sin \Delta\varphi \approx \Delta\varphi$. *Narrowband* merupakan saluran komunikasi yang dapat diilustrasikan dengan karakteristik pita sempit dengan kecepatan koneksi rendah yang diilustrasikan sebagai saluran koneksi internet melalui *channel* telepon. Setelah melakukan implementasi pendekatan *narrowband*, maka hasil yang diperoleh dapat dituliskan sebagai persamaan (5.20)

$$v(t) = A \cos \omega c t - A (m p \cos \omega b) \sin \omega c t \quad (5.20)$$

Implementasi diagram blok *transmitter* PM secara sederhana dan hasil sinyal termulasi PM dapat dilihat pada Gambar (5.10) dan Gambar (5.11)



Gambar 5.10. Diagram Blok Modulasi PM



Gambar 5.11. Bentuk Sinyal Termulasi PM

Pada Gambar (), fasa frekuensi *carrier* dikendalikan sepenuhnya oleh aliran *hard-switching*. Mekanisme operasi matematis perkalian pembentuk gelombang pulsa didefinisikan sebagai perkalian sederhana dengan pembalik fase frekuensi *carrier* kedalam bentuk ± 90 derajat. Sebagai deskripsi bentuk gelombang yang disimulasikan

pada Gambar (5.11). Sementara gelombang pembawa pada yang tidak termodulasi dalam domain waktu ($c(t)$) ditampilkan sebagai garis *solid line* berwarna *orange*.

5.3. Modulasi Digital

Pondasi dasar dari komunikasi nirkabel adalah komunikasi digital. Konsep dari komunikasi digital identik dengan mekanisme pengklasifikasian informasi digital ke bentuk gelombang pada *transmitter* melalui sebuah proses pemetaan yang dapat disebut juga dengan istilah modulasi digital. Jenis modulasi digital secara umum dibagi atas 3 (tiga) jenis, yaitu :

1. *Amplitude-shift Keying (ASK)*
2. *Frequency-Shift Keying (FSK)*
3. *Phase-Shift Keying (PSK)*

5.3.1. Amplitude-Shift Keying (ASK)

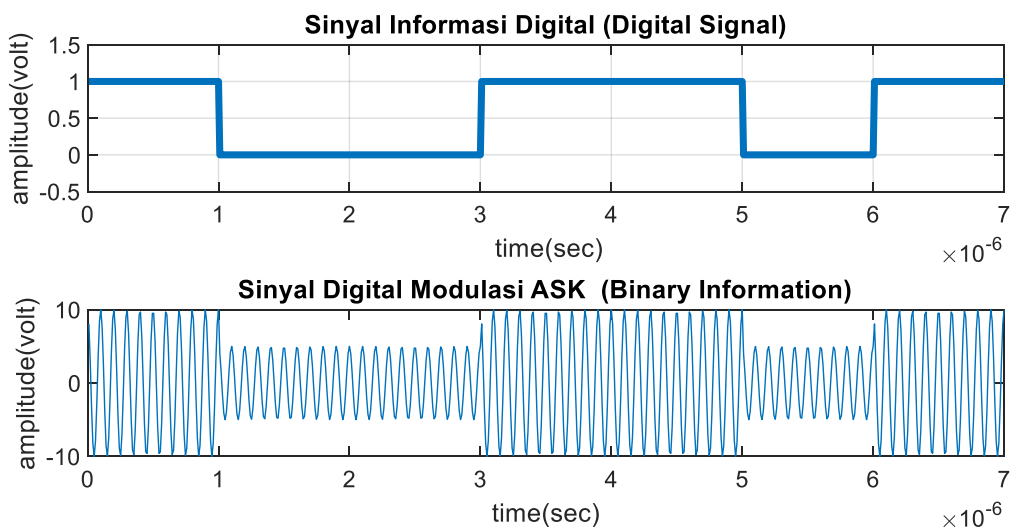
ASK mendefinisikan fungsi gelombang *carrier* ($c(t)$) dikalikan dengan sinyal digital ($m(t)$). Pendekatan matematis untuk merepresentasikan bentuk gelombang *carrier* termodulasi ($s(t)$) dapat dituliskan dengan menggunakan persamaan (5.21)

$$s(t) = m(t)c(t) = m(t)\sin(2\pi ft + \varphi) \quad (5.21)$$

dimana amplitudo pembawa telah disesuaikan dengan memberikan nilai variabel a dengan nilai 1 (satu) serta menetapkan nilai variabel φ memiliki nilai 0 (nol), maka hal ini akan mengilustrasikan modulasi ASK akan memiliki ketentuan :

1. Ketika variabel $m(t)$ mendeskripsikan nilai 1 (satu), sehingga variabel $s(t)$ akan memiliki nilai $\sin(2\pi ft)$
2. Ketika variabel $m(t)$ mendeskripsikan nilai 0 (nol), sehingga variabel $s(t)$ akan memiliki nilai 0 (nol).

Representasi bentuk sinyal termodulasi ASK dapat dilihat pada Gambar (5.12)



Gambar 5.12. Bentuk Sinyal Termodulasi ASK

Perubahan nilai $m(t)$ merupakan fungsi *on-off keying*, yang difungsikan sebagai sakelar yang berorientasi pada kondisi sinyal *carrier* untuk menunjukkan kondisi biner. Sinyal

carrier akan memiliki level nilai tertentu untuk menunjukkan nilai 1 (satu), sementara sinyal *carrier* tidak akan muncul, yang menandakan deskripsi nilai 0 (nol). ASK dinilai memiliki efisiensi jika dilihat dari sisi bentuk spectralnya. Hal ini disebabkan karena *bandwidth* yang diduduki oleh sinyal *carrier* termodulasi ASK memiliki tempat yang sama dengan sinyal informasi aslinya.

5.3.2. Frequency-Shift Keying (FSK)

FSK mendeskripsikan sebuah jenis modulasi yang mengimplementasikan 2 (dua) buah frekuensi untuk mendefinisikan data biner 1 (satu) dan 0 (nol). Sebuah frekuensi akan dialokasikan untuk menggambarkan biner 1, sementara satu frekuensi lainnya digunakan untuk merepresentasikan bentuk biner 0 (nol). Sinyal termodulasi FSK dapat dideskripsikan sebagai hasil akumulasi dari 2 (dua) sinyal termodulasi amplitudo dari frekuensi *carrier* yang berbeda. Pendekatan ini dapat dituliskan melalui persamaan (5.22)

$$s(t) = m_1(t)\sin(2\pi f_1t + \varphi) + m_2(t)\sin(2\pi f_2t + \varphi) \quad (5.22)$$

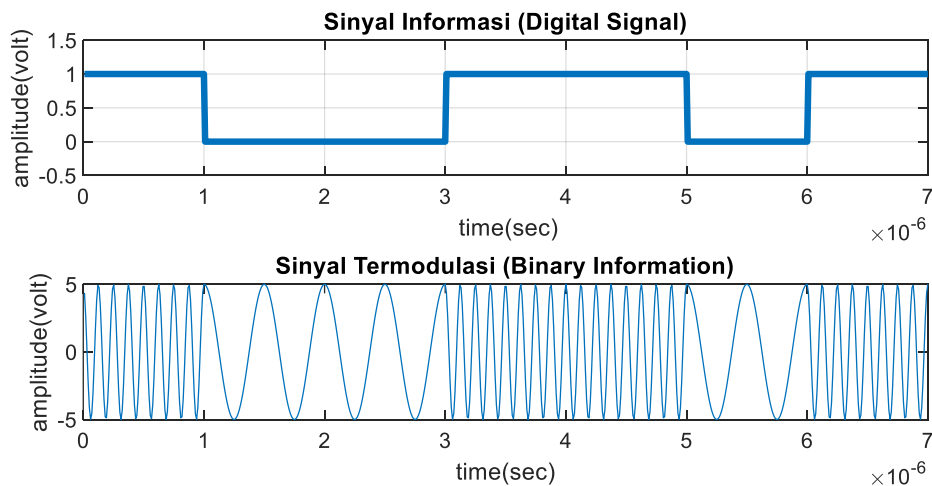
Keterangan :

- $s(t)$: Sinyal termodulasi PM
- $m_1(t)\sin(2\pi f_1t + \varphi)$: Frekuensi *carrier* pertama
- $m_2(t)\sin(2\pi f_2t + \varphi)$: Frekuensi *carrier* kedua

Jika diasumsikan nilai fase pada FSK diinisialisasi memiliki nilai 0 (nol), maka

1. Untuk mendefinisikan nilai biner 1 (satu), maka dapat dilakukan dengan melakukan *setting* nilai $m_1(t)$ memiliki nilai 1 (satu), sementara nilai $m_2(t)$ akan memiliki nilai 0 (nol).
2. Sebaliknya, Untuk mendefinisikan nilai biner 0 (nol), maka dapat dilakukan dengan melakukan *setting* nilai $m_1(t)$ memiliki nilai 0 (nol), sementara nilai $m_2(t)$ akan memiliki nilai 1 (satu).

Representasi bentuk gelombang informasi dalam bentuk biner dan sinyal termodulasi FSK dapat dilihat pada Gambar (5.13)



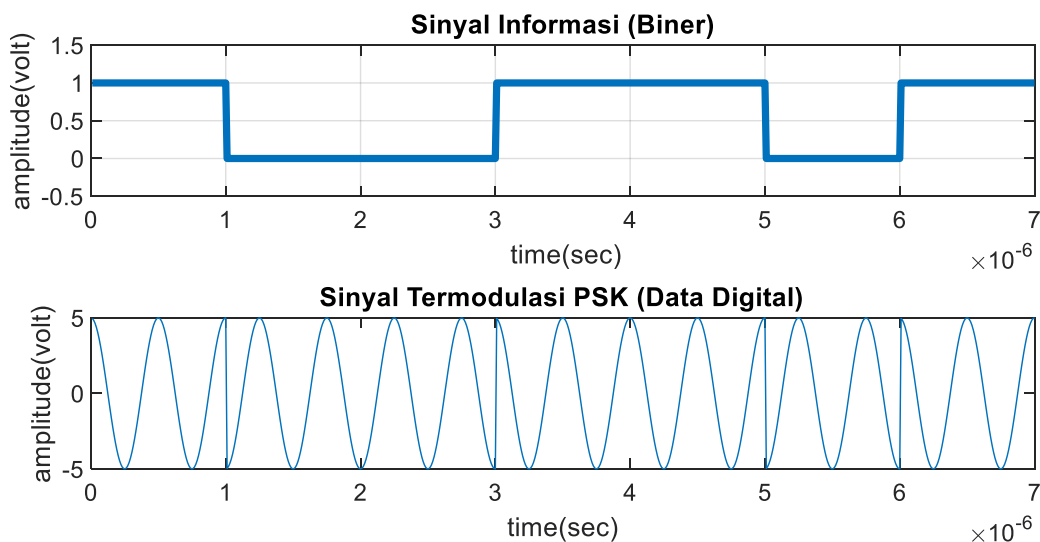
Gambar 5.13. Bentuk Sinyal Termodulasi FSK

Pada Gambar () bentuk gelombang sinyal termodulasi FSK akan mengikuti pola bentuk sinyal informasi digital. Kondisi sinyal informasi dalam bentuk biner 0 (nol) akan membuat sinyal *carrier* pada sinyal termodulasi merenggang. Sebaliknya sinyal informasi yang merepresentasikan bilangan biner 1 (satu), akan mempengaruhi bentuk gelombang sinyal *carrier* cenderung rapat.

Pada modulasi FSK, spektral sinyal termodulasi akan muncul sebagai 2 (dua) sinyal ASK yang terpisah. Sehingga dapat dikatakan bahwa sinyal termodulasi FSK merupakan akumulasi dari 2 (dua) buah gelombang ASK yang terpisah. Kedua gelombang ASK ini, harus dipisahkan dan diberi jarak yang cukup lebar. Hal ini dilakukan agar spektrum sinyal ASK memiliki spektrum sinyal yang independen, sehingga dapat terhindar dari potensi terjadinya *overlapping* antara kedua sinyal ASK tersebut. Ketentuan ini dapat membatasi implementasi FSK serta mengategorikan FSK sebagai jenis modulasi yang memiliki kecepatan yang lebih rendah dari PSK. Jika dilakukan analisis berdasarkan kapasitas *bandwidth*-nya, maka FSK memiliki kapasitas *bandwidth* 2 (dua) kali lebih besar dari ASK, akibat adanya faktor akumulasi 2 (dua) buah sinyal *carrier* yang diterapkan pada modulasi FSK. Sementara jika dibandingkan dengan efisiensi penggunaan spektral sinyalnya, maka ASK jauh lebih efisien karena hanya menggunakan sebuah spectral saja. Sementara spektral yang ditempati oleh FSK memiliki jumlah yang sama dengan jumlah sinyal ASK yang digunakan. Namun hal tersebut mengategorikan sinyal termodulasi FSK sebagai sinyal yang memiliki ketahanan terhadap gangguan yang lebih baik dibandingkan ASK.

5.3.3. Phase-Shift Keying (PSK)

PSK mengilustrasikan sebuah teknik modulasi digital dengan karakteristik melakukan modifikasi bentuk fasa dari frekuensi *carrier*-nya. Beberapa istilah lainnya dapat disebut juga dengan Binary Phase Shift Keying (BPSK). Ilustrasi bentuknya sinyal termodulasi PSK dapat dilihat pada Gambar (5.14)



Gambar 5.14. Bentuk Sinyal Termodulasi PSK

Fase sinyal *carrier* memiliki nilai amplitudo yang konstan, yang selanjutnya akan dikondisikan sesuai dengan representasi data informasi digital, yaitu biner 1 (satu) atau biner 0 (nol). Secara umum kedua fase bentuk data biner ini akan diberi jarak dengan

nilai sudut sebesar 180 derajat. Representasi kondisi biner tersebut dapat dijabarkan melalui 2 (dua) kondisi berikut :

1. Biner 1 (satu) akan memberikan nilai sinyal termodulasi PSK ($s(t)$) bernilai $\sin(2\pi ft)$.
2. Biner 0 (nol) akan memberikan nilai sinyal termodulasi PSK ($s(t)$) bernilai $\sin(2\pi ft + \pi) = -\sin(2\pi ft)$.

BPSK memiliki keunggulan dalam hal kestabilan nilai *envelope* sinyal yang memiliki nilai konstan. Hal ini memungkinkan, PSK memiliki tingkatan yang sama dengan ASK dalam hal efisiensi spektral yang digunakan.

5.4. Multiplexing

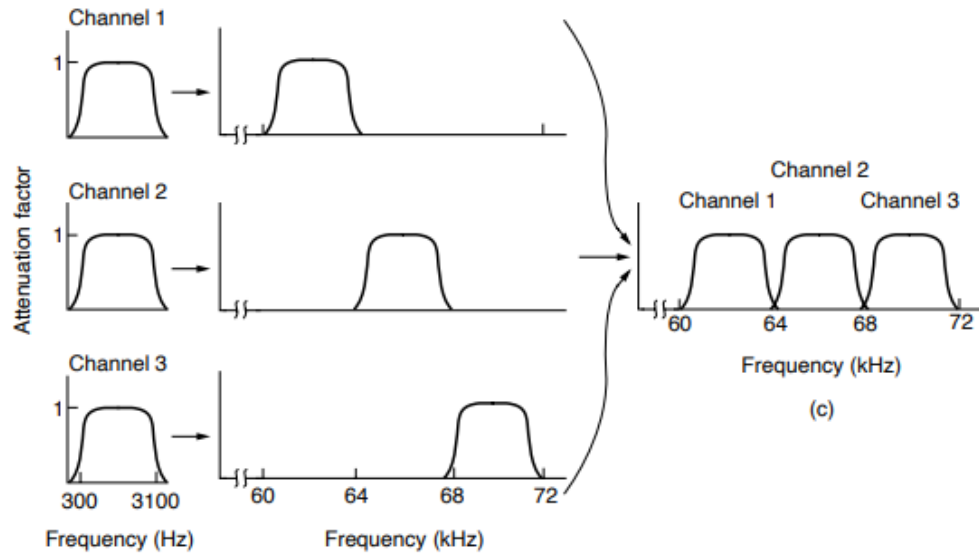
Mekanisme modulasi pada pembahasan sebelumnya memberikan ilustrasi proses pengiriman sekelompok bit data hanya menggunakan satu sinyal sepanjang media transmisi yang digunakan pada satu waktu. Pada realisasinya konsep yang dilakukan pada tahapan modulasi hanya mengilustrasikan pengiriman sekelompok data untuk sekali pengiriman. Hal ini akan menurunkan efisiensi dalam sistem komunikasi. Berdasarkan faktor kualitas jaringan komunikasi, diharapkan pada jaringan komunikasi yang digunakan dapat mengirimkan informasi dalam kuantitas yang besar, memiliki ketahanan terhadap gangguan serta memiliki tingkat *error* (kesalahan) yang seminim mungkin. Jika dianalisa lebih detail, *cost* yang dikeluarkan untuk melakukan instalasi jaringan komunikasi dengan *bandwidth* yang kecil, akan memiliki nilai yang sama dengan dengan *cost* yang dialokasikan untuk membangun jaringan komunikasi yang *bandwidth* yang besar. Maka untuk mendapatkan jaringan efisien dan efektif maka dapat diimplementasikan sebuah sistem transmisi yang dapat memfasilitasi pengiriman informasi yang cepat dan dapat membawa informasi dalam jumlah besar yang disebut juga dengan sistem *multiplexing*. Beberapa jenis *multiplexing* dapat dibagi dalam beberapa tipe, yaitu :

1. Frequency Division Multiplexing (FDM)
2. Time Division Multiplexing (TDM)
3. Code Division Multiplexing (CDM)
4. Wavelength Division Multiplexing (WDM)

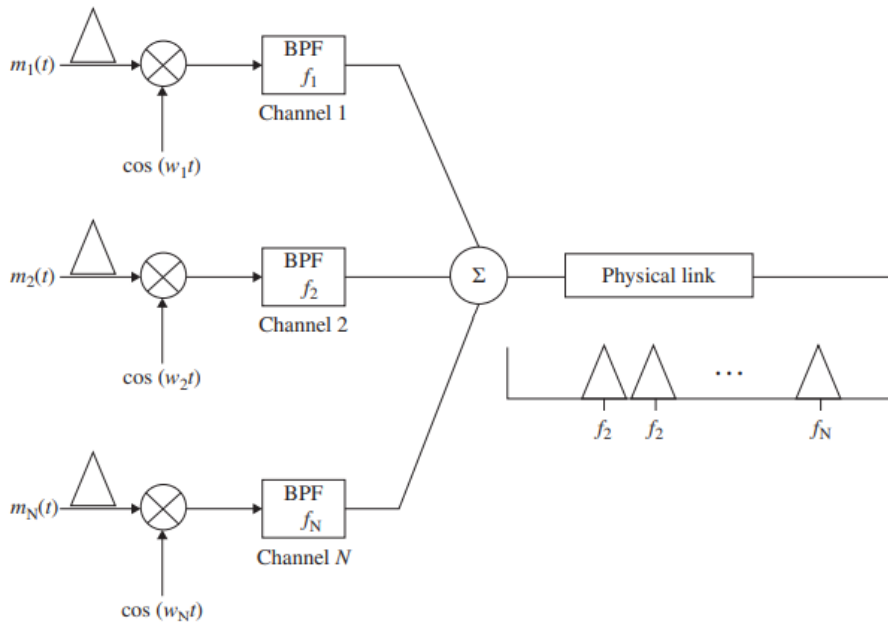
5.4.1. Frequency Division Multiplexing (FDM)

FDM memiliki karakteristik sistem transmisi dengan memanfaatkan *passband* untuk berbagai saluran. *Passband* merupakan sebuah rentang nilai frekuensi yang dilewatkan oleh sebuah filter *band-pass*. Oleh karena itu, frekuensi yang dihasilkan merupakan rentang nilai yang berada pada interval nilai maksimum dan minimum dari suatu frekuensi pembatas. FDM akan membagi spektrum menjadi *frequency band*, dengan menempatkan *user* ke dalam masing-masing *frequency band* untuk dapat mentransmisikan sinyal. Pemancar radio AM merupakan salah satu jenis komunikasi yang mengadaptasi sistem FDM, dimana jika diasumsikan sebuah spektrum dialokasikan sebesar 1 MHz, maka akan terdapat sejumlah interval frekuensi 500 hingga 1500 kHz. Hal tersebut bertujuan untuk memberikan alokasi pentransmisi melalui stasiun pemancar radio AM. Alokasi yang frekuensi yang

dilakukan untuk memberikan ruang transmisi pada nilai frekuensi yang berbeda untuk menghindari kemungkinan munculnya interferensi. Ilustrasi alokasi frekuensi pada FDM dan skema FDM pada sisi *transmitter* dapat dilihat pada Gambar (5.15)²⁸ dan Gambar (5.16)²⁹



Gambar 5.15. Alokasi Frekuensi Pada Sistem Transmisi FDM



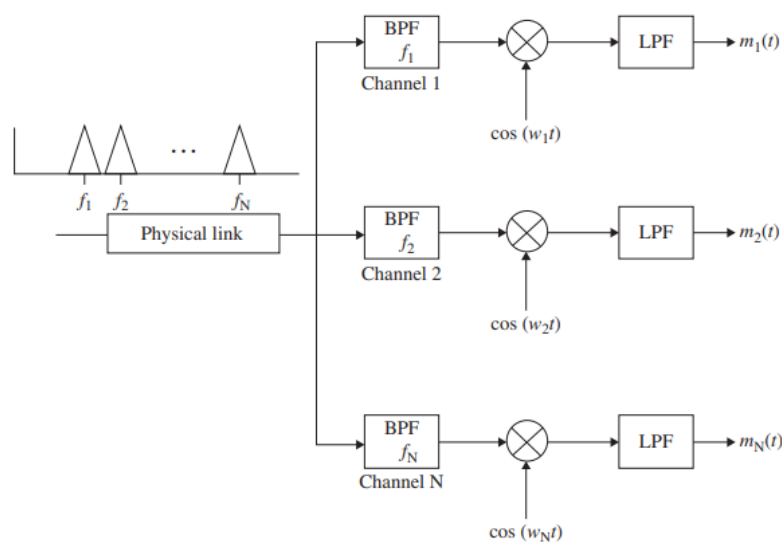
Gambar 5.16. Skema FDM Pada Sisi *Transmitter*

Pada Gambar (5.16) terdapat 3 (tiga) saluran transmisi menggunakan sistem transmisi FDM. Filter *band-pass* akan membatasi *bandwidth* yang digunakan dengan rentang nilai 300 – 3100 Hz pada setiap saluran transmisi. Saat terjadi proses pentransmisian data secara bersamaan yang masuk ke dalam sistem FDM, maka

²⁸ Tanenbaum.

²⁹ Ibe.

bandwidth yang dialokasikan untuk pentransmisi data tersebut akan ditingkatkan ke level 4000 Hz. Alokasi *bandwidth* tambahan tersebut akan digunakan sebagai *guard-band* yang bertujuan memisahkan setiap saluran satu dengan yang lainnya. Pada saluran transmisi masing-masing, sinyal informasi berupa sinyal suara yang ditransmisikan setiap stasiun pemancar akan ditingkatkan frekuensinya dengan evel yang berbeda. Kemudian dilakukan proses penggabungan sinyal informasi dari masing-masing saluran transmisi. Hasil yang diperoleh menunjukkan dengan level peningkatan frekuensi masing-masing saluran, maka setiap saluran memiliki besaran frekuensi yang saling berbeda. Hal ini menghasilkan sebuah urutan frekuensi dengan besaran yang berbeda yang menempati masing-masing spektrum secara independen. Setiap saluran akan terpisah satu dengan yang lainnya dengan adanya *guard-band* pada setiap spektrum yang memungkinkan saluran transmisi untuk saling memiliki interferensi. Sementara mekanisme ekstraksi *demultiplexing* pada sisi penerima dapat diilustrasikan pada Gambar (5.17)³⁰

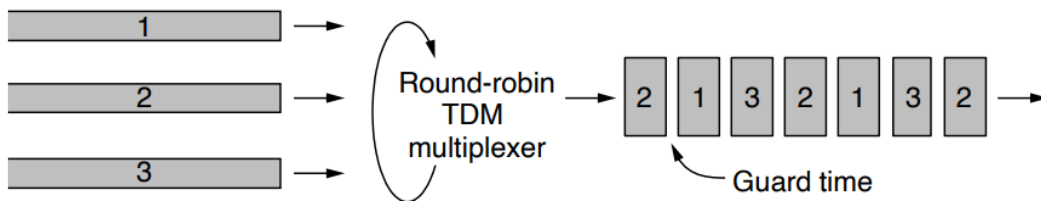


Gambar 5.17. Skema Ekstraksi Demultiplexing

5.4.2. Time Division Multiplexing (TDM)

Jenis *multiplexing* selanjutnya adalah TDM, jika pada sistem *multiplexing* menggunakan alokasi frekuensi untuk membagi spektrum frekuensi masing-masing saluran transmisi, maka pada TDM memiliki orientasi waktu dalam pembagian sistem transmisinya. Setiap saluran transmisi akan diberikan alokasi waktu untuk melakukan proses transmisi informasi secara bergantian. Sistem bergiliran yang diimplementasikan dalam sistem TDM dapat disebut juga dengan mode *round-robin*. Berbeda dengan sistem FDM yang mengadopsi pemisahan *guard-band frequency* untuk mencegah efek interferensi, pada TDM mengimplementasikan pemisahan interval waktu tertentu dan menyisipkan *guard-time* untuk setiap data yang dikirimkan. Sehingga perbedaan antara sinyal informasi satu dengan yang lainnya adalah dengan membatasi panjang sinyal informasi dengan *guard-time* yang disisipkan antara sinyal informasi pertama dan kedua serta seterusnya. Mekanisme sistem *multiplexing* TDM dapat dilihat pada Gambar (5.18)

³⁰ lbe.



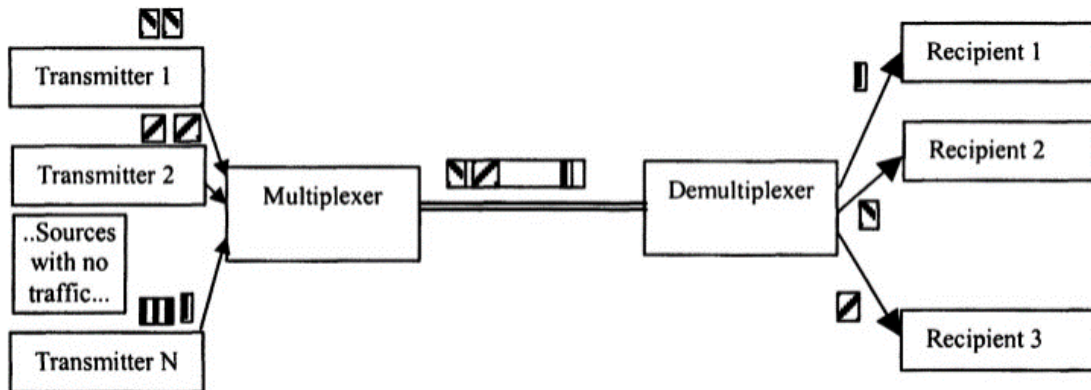
Gambar 5.18. Sistem Transmisi TDM

Pada Gambar (5.18) sekelompok urutan bit yang ditransmisikan direpresentasikan kedalam *slot* waktu atau dapat disebut juga dengan *timeslot*. Setiap saluran transmisi akan secara bergantian mengirimkan informasi pada sistem transmisi TDM dengan menggunakan *mode round-robin*, setelah itu sinyal informasi akan dikirimkan secara bergantian berdasarkan urutan antrian yang masuk dengan menggunakan sistem *timeslot*. Secara luas TDM digunakan sebagai sistem transmisi pada jaringan telepon dan seluler. Mekanisme yang terdapat pada TDM sebenarnya memiliki konsep statistic, sehingga sistem *multiplexing* ini dapat disebut juga dengan istilah Statistical Time Division Multiplexing (STDM). Istilah statistic ditambahkan untuk merepresentasikan makna bahwa masing-masing saluran transmisi akan memiliki peran dalam pengiriman informasi melalui TDM berdasarkan permintaan, bukan berdasarkan penjadwalan yang ditetapkan.

Pada Sinkronisasi terjadi pengiriman informasi berdasarkan permintaan, hal tersebut mendefinisikan keadaan bahwa seluruh pengirim yang terhubung dengan sistem *multiplexing* terjadi pada saat-saat tertentu. Setiap pengguna akan diizinkan dalam mengirimkan sinyal informasi selama interval waktu yang disediakan. Jika *user* tidak memiliki data untuk ditransmisikan pada sesi awal interval waktu yang disediakan, maka saluran tersebut kosong dan tidak digunakan. Pada bagian sinkronisasi TDM diilustrasikan memiliki saluran transmisi dengan kecepatan tertentu. Kemudian sebuah siklus *multiplexing* diinisialisasi memiliki sejumlah bit dengan ukuran tertentu, sehingga siklus *multiplexing* akan terbagi ke dalam *timeslot-timeslot* dan menghasilkan jumlah *slot* yang sama dengan *frame multiplexing*. Jika diasumsikan sebuah sinyal suara PCM memiliki 8 bit, maka realisasi kecepatan data yang disediakan memiliki nilai 768 kbps. Saluran transmisi ini memiliki 12 kali kecepatan data yang dibutuhkan oleh sebuah sumber sinyal suara. Misalnya sebuah siklus TDM terdiri dari 12 x 8 dengan total bit 96, kemudian masing-masing *slot* akan dibagi ke dalam 12 siklus sehingga masing-masing saluran berisikan 8 bit data. Kemudian 12 sumber sinyal informasi dikirimkan menggunakan kecepatan 64kbps yang berisikan 8 bit-PCM secara *multiplexing*. Pada PCM, 8 bit mewakili satu sampel data. Sehingga samoel dari 12 sumber sinyal informasi dapat di-*multiplexing* serta disisipkan pada satu saluran transmisi yang sama.

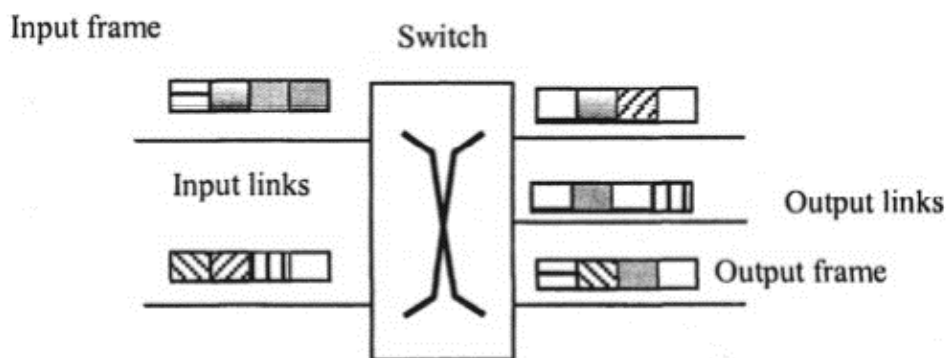
Pada sinkronisasi TDM *slot* waktu akan dialokasikan terhadap sumber *traffic* tanpa mempertimbangkan *timeslot* akan terus digunakan secara kontinyu. Secara umum persentase sumber sinyal informasi berupa suara akan menempati sekitar 40% dari interval waktu yang sediakan. Hal ini menunjukkan bahwa sisa *timeslot* yang tersedia dengan level kapasitas sebesar 60% tidak akan digunakan. Sistem *switching* pada TDM terdiri dari pasangan *multiplexer* dan *demultiplexer*. Pada sis *demultiplexer* memiliki mekanisme operasi yang berkebalikan dengan sistem *multiplexer*, hal ini

dilakukan untuk keperluan informasi alokasi slot serta proses ekstraksi data serta meneruskan sinyal informasi yang dikirimkan kepada penerima. Koneksi *multiplexer* dan *demultiplexer* direpresentasikan melalui Gambar (5.19)³¹



Gambar 5.19. Instalasi Pasangan TDM pada Sisi Multiplexer dan Demultiplexer

Data yang keluar dari *demultiplexer* akan diteruskan pada sisi *switching* TDM dalam bentuk *frame*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, bentuk format data yang menjadi *output* dari *demultiplexer* akan memiliki bentuk dan format yang sama dengan data yang menjadi inputan *switching* TDM. Bentuk data dan format yang masuk ke tahapan *switching* TDM merupakan akumulasi dari banyak saluran transmisi. Selanjutnya proses *switching* TDM akan mendistribusikan *frame-frame* tersebut menuju masing-masing *slot*. Proses *switching* TDM memiliki kemampuan dalam memahami tujuan dari masing-masing *frame*. Mekanisme *switching* TDM dapat dilihat pada Gambar (5.20)³²



Gambar 5.20. Mekanisme *switching* TDM

Pada Gambar (5.20) terdapat 2 (dua) jalur masukan dan 3 (tiga) jalur output, proses pembedaan sinyal informasi dilakukan dengan memberikan label khusus. *Slot* yang berasal dari sumber *traffic* lainnya akan memiliki pola dan label yang berbeda. *Switch* akan menyimpan informasi daftar *slot* aktif berdasarkan *link traffic* sebelumnya. Pada sisi output akan dilakukan proses *multiplexing* berdasarkan informasi *slot-slot* yang telah disimpan sebelumnya. Jika tidak ditemukan data yang

³¹ Aftab Ahmad, *DATA COMMUNICATION PRINCIPLES For Fixed and Wireless Networks* (New York: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, 2002).

³² Aftab Ahmad.

dialokasikan untuk *slot* tertentu, maka isi saluran transmisi yang tidak memiliki data, akan ditransmisikan akan mengalami kekosongan.

5.4.3. Code Division Multiplexing (CDM)

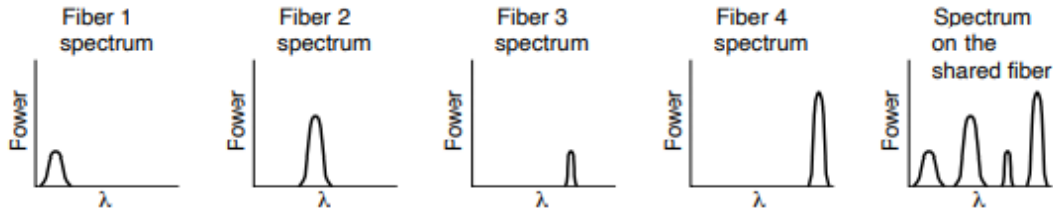
CDM memiliki konsep kerja yang berbeda, jika dibandingkan dengan FDM dan TDM. CDM memberikan ilustrasi konsep penyebaran komunikasi spektrum, dimana sinyal dengan *band* sempit (*narrowband*) tersebar secara luas pada *band-frequency*. Implementasi dari metode ini memberikan jaminan ketahanan gangguan terhadap sinyal yang ditransmisikan menjadi lebih tinggi. Setiap *user* yang mentransmisikan sinyal informasi, akan menempati *band-frequency* yang sama. *Multiplexing* jenis ini secara umum diaopsi pada sistem Code Division Multiple Access (CDMA). CDMA memungkinkan setiap stasiun pemancar mentransmisikan sinyal informasi ke seluruh frekuensi dalam domain waktu, dengan menetapkan sistem pengkodean dengan pola tertentu yang berperan sebagai *guard*. Pada sistem CDMA, setiap bit dalam domain waktu, akan dibagi menjadi sejumlah interval (*m*) dengan bagian-bagian yang pendek, yang dapat disebut juga dengan istilah *chip*. Sehingga dengan sistem pengkodean yang diimplementasikan, maka setiap bit-bit yang ditransmisikan tidak akan saling bertukar satu dengan yang lainnya. Tipe jumlah *chip* dalam setiap kelompok bit, dapat berjumlah 64 atau 128 bit dalam setiap kelompok bit-nya.

Untuk mengirim 1 (satu) bit pada sistem transmisi CDMA, maka sebuah stasiun akan mengirimkan sekelompok *chip*. Untuk mengirimkan bit 0, maka akan ada proses negasi yang diimplementasikan dalam untuk mengilustrasikan urutan *bit*. Sehingga jika diasumsikan stasiun A mengirimkan sebuah bit, urutan *chip* ($m=1$) yang akan ditransmisikan akan membentuk pola : ($-1 < 1 < 1 + 1 < 1 < 1 + 1 < 1$) untuk mengirimkan bit berupa data biner 1 (satu), Sementara untuk mengirimkan informasi berupa bit 0 (nol), maka pola *chip* akan membentuk pola : ($+1 + 1 + 1 < 1 < 1 + 1 < 1 < 1$). Kode kombinasi dengan pola tersebut, merupakan ilustrasi bentuk level tegangan. Dalam mendukung peningkatan jumlah informasi yang akan ditransmisikan dalam satuan bit/s (*bit per second*) menjadi satuan (*mb/second*), maka proses transmisi chip per detik untuk setiap stasiun akan membutuhkan *bandwidth* CDMA yang semakin besar. Jika diasumsikan variabel *m* dari bandwidth tidak menggunakan CDMA serta asumsi lainnya bahwa tidak terjadi perubahan dalam Teknik modulasi atau pengkodean. Maka jika *band-frequency* yang tersedia misalnya 1 MHz untuk 100 stasiun, dengan FDM masing-masing memiliki level nilai frekuensi 10 kHz, maka hal tersebut dapat digunakan untuk keperluan transmisi dengan kapasitas 10kbps. Pada CDMA setiap stasiun menggunakan spektral 1 MHz secara penuh, sehingga kecepatan pengiriman 100 *chip* per bit akan dialokasikan ke seluruh stasiun sebesar 10 kbps.

5.4.4. Wavelength Division Multiplexing (WDM)

WDM merupakan bentuk *multiplexing* pembagian alokasi frekuensi dalam mentransmisikan banyak sinyal informasi secara bersamaan dengan menggunakan teknologi fiber optik berdasarkan panjang gelombang cahaya. Ilustrasi pembagian

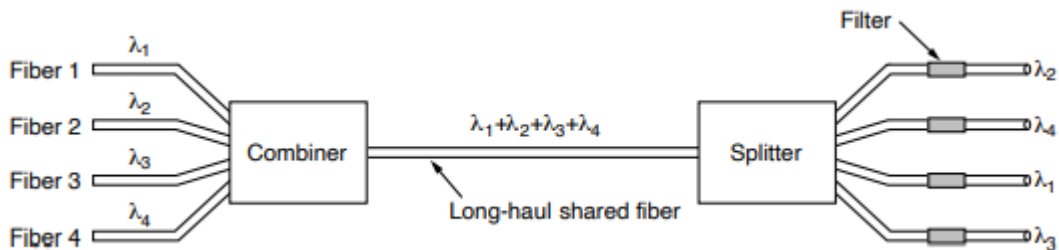
alokasi frekuensi berdasarkan panjang gelombang pada fiber optik dapat dilihat pada Gambar (5.21)³³



Gambar 5.21. Alokasi Frekuensi Panjang Gelombang Pada Fiber Optik

Pada Gambar (5.21) dapat dilihat terdapat 4 (empat) buah spektrum dengan nilai frekuensi dan level *signal power* yang bervariasi. Keempat spektrum akan diakumulasikan pada suatu saluran yang sama untuk ditransmisikan ke penerima yang berada pada lokasi yang jauh. Sehingga hasil yang akan diperoleh yaitu, adanya 4 (empat) spektrum yang bertemu dalam satu wadah saluran transmisi. Sinyal yang terakumulasi ini akan dikirimkan ke penerima serta dapat digabungkan kembali untuk keperluan jenis *multiplexing* yang lain. Secara garis besar WDM dioperasikan dengan hanya membagi proses *multiplexing* berdasarkan variasi level frekuensi pada suatu spektrum frekuensi tinggi. Sehingga selama setiap saluran memiliki frekuensi khusus yang dialokasikan untuk pengiriman sinyal informasi pada jaringan optik, maka seluruh sinyal informasi tersebut dapat di-*multiplexing* secara bersamaan.

Alasan yang menjadi dasar implementasi WDM pada sistem *multiplexing* adalah karena *power* pada satu saluran transmisi biasanya memiliki lebar beberapa Giga Hertz (GHz), maka berdasarkan hal tersebut dengan mengoperasikan banyak saluran transmisi parallel pada panjang gelombang secara bersamaan akan memberikan implikasi linier *bandwidth* akan meningkat seiring semakin banyaknya saluran transmisi yang digunakan. Deskripsi instalasi sistem WDM dapat dilihat pada Gambar (5.22).



Gambar 5.22. Skema WDM

Pada Gambar (5.22) dapat diuraikan pada jaringan komunikasi fiber optik terdapat 4 (empat) buah saluran yang didefinisikan sebagai saluran transmisi fiber 1, fiber 2, fiber 3 dan fiber 4. Setiap saluran transmisi memiliki panjang gelombang (λ) sesuai dengan urutan saluran transmisinya. Keseluruhan saluran transmisi akan mendistribusikan gelombang masing-masing menuju *combiner* untuk dilakukan penggabungan gelombang informasi yang akan dikirimkan. *Combiner* berfungsi sebagai akumulator sejumlah gelombang sinyal informasi agar dapat dikirimkan melalui satu jalur transmisi. Formulasi akumulasi gelombang sinyal informasi dapat dituliskan melalui

³³ Tanenbaum.

Persamaan (5.23)

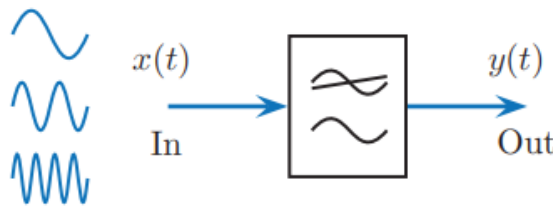
$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots \lambda_i \tag{5.23}$$

Keterangan :

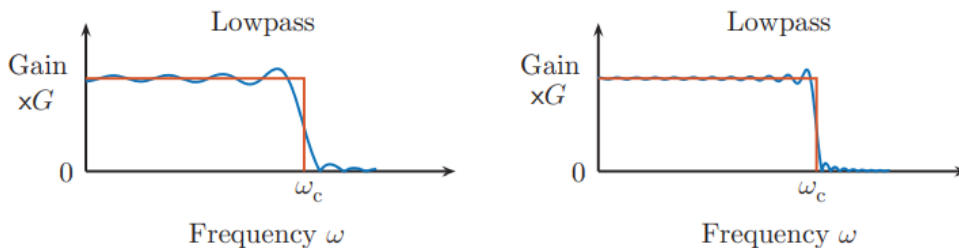
- λ_1 : Panjang gelombang sinyal informasi pada saluran transmisi pertama
- λ_2 : Panjang gelombang sinyal informasi pada saluran transmisi kedua
- i : Jumlah saluran transmisi

Seluruh panjang gelombang sinyal yang terakumulasi dalam satu saluran transmisi, akan didistribusikan menuju *splitter*. *Splitter* berfungsi sebagai pembagi gelombang sinyal informasi sejumlah saluran transmisi pada tahapan pengiriman data sebelumnya. Setelah proses pembagian gelombang sinyal informasi selesai dilakukan, maka tahapan selanjutnya akan dilakukan proses filter pada masing-masing saluran yang ditetapkan oleh *splitter*. Proses filter mendeskripsikan sebagai proses penyaringan dengan menetapkan nilai *band* frekuensi dengan level tertentu sebagai batas maksimum atau batas minimum, serta memungkinkan penggunaan nilai maksimum dan minimum. Hasilnya dapat berupa gelombang sinyal informasi yang memiliki interval antara nilai *band* frekuensi maksimum dan minimum. Implementasi filter sendiri memiliki fungsi sebagai untuk mengambil gelombang informasi yang sesuai dengan nilai ambang batasnya, serta mencegah gelombang lainnya yang tidak berada pada level interval nilai ambang batas untuk melewatinya. Beberapa jenis filter yang pada umumnya sering digunakan adalah Low Pass Filter (LPF), High Pass Filter (HPF), Band Pass Filter (BPF), Band Stop Filter (BSF).

Filter LPF akan memvisualisasikan bentuk 2 (dua) buah gelombang sinus yang memiliki level nilai yang lebih rendah untuk dilewatkan pada saat dilakukan proses filter, dimana frekuensi yang memiliki level frekuensi yang tinggi akan ditinggalkan dan tidak dilewatkan. Sehingga penerapan gelombang sinyal yang dilewatkan hanya berupa 2 (dua) gelombang sinyal yang sinusoida dengan frekuensi yang kecil. Ilustrasi proses implementasi *low pass filter* dapat direpresentasikan pada Gambar (5.23) dan Gambar (5.24)

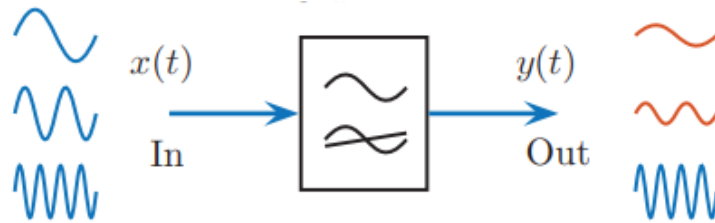


Gambar 5.23. Skema Diagram Blok LPF

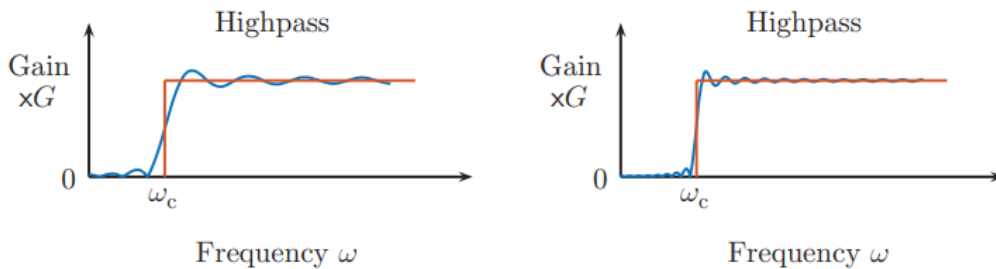


Gambar 5.24. Hasil Proses Filter LPF

Pada Gambar (5.23) diilustrasikan skema filter dari berbagai bentuk sinyal sinusoida berupa $x(t)$ yang masuk melalui jalur input filter. Hasil filter akan menghasilkan sinyal yang diinisialisasi dengan variabel $y(t)$ yang memiliki level frekuensi yang rendah. Sedangkan pada Gambar (5.24) beberapa sinyal yang memiliki frekuensi yang tinggi akan dipotong dan tidak dilewatkan oleh filter LPF. Hal sebaliknya terjadi pada implementasi HPF, dimana jenis filter ini akan melewatkan sinyal dengan level frekuensi yang lebih tinggi serta akan menghilangkan sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah. Skema diagram dan hasil proses filter dengan menggunakan HPF dapat dilihat pada Gambar (5.25) dan Gambar (5.26)

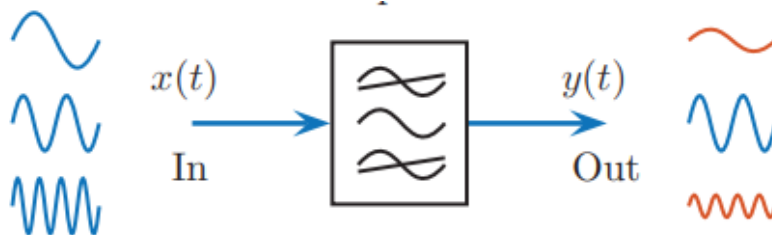


Gambar 5.25. Skema Diagram Blok HPF

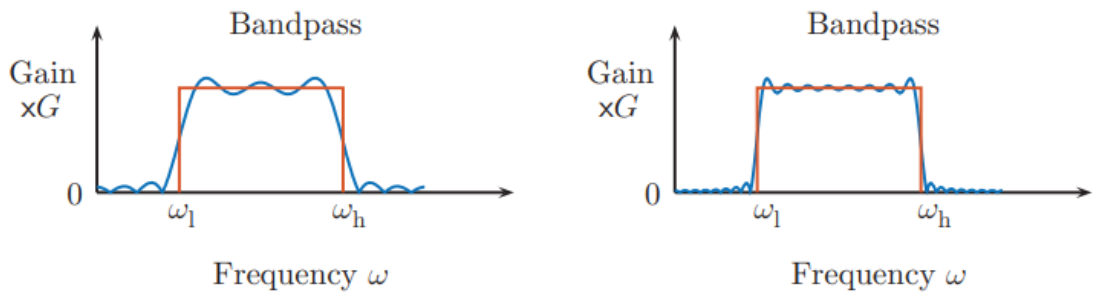


Gambar 5.26. Hasil Proses Filter HPF

Selanjutnya jenis filter *Bandpass* filter dapat diilustrasikan dengan kombinasi penggunaan 2 (buah) filter pada saat yang bersamaan, yaitu filter HPF dan LPF. Adanya penggunaan 2 (dua) filter sekaligus, akan menyebabkan terjadinya proses filter dengan melibatkan nilai parameter maksimum dan minimum yang digunakan dalam proses filter. Sehingga hasil proses filter akan mengilustrasikan hanya sinyal yang memiliki nilai frekuensi yang berada pada interval batas nilai maksimum dan minimum saja yang dapat dilewatkan selama proses filter dilakukan. Ilustrasi skema dan Hasil proses filter dapat dilihat pada Gambar (5.27) dan Gambar (5.28)

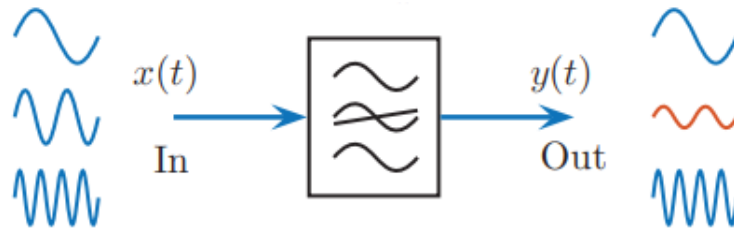


Gambar 5.27. Skema Diagram Blok BPF

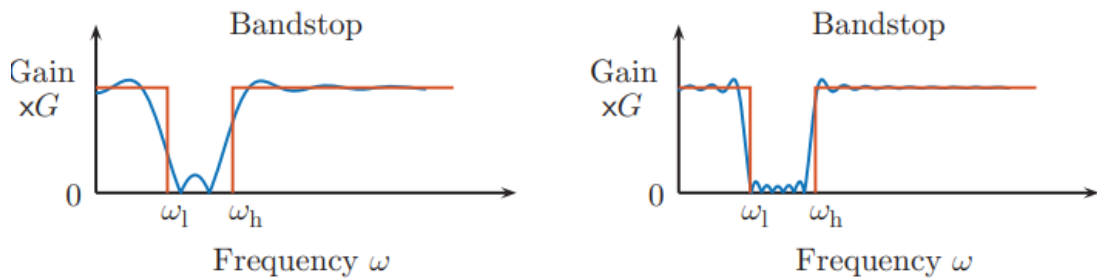


Gambar 5.28. Hasil Proses Filter BPF

Hal berkebalikan terjadi pada implementasi filter BSF, jika BPF melewati sinyal dengan level frekuensi yang berada pada level interval nilai frekuensi maksimum dan minimum, maka BSF akan melewati level sinyal dengan frekuensi diluar batas nilai maksimum dan minimum. Ilustrasi skema dan Hasil proses filter dapat dilihat pada Gambar (5.29) dan Gambar (5.30)



Gambar 5.29. Skema Diagram Blok BSF



Gambar 5.30. Hasil Proses Filter BSF

DAFTAR PUSTAKA

- Aftab Ahmad, *DATA COMMUNICATION PRINCIPLES For Fixed and Wireless Networks* (New York: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, 2002)
- Agrawal, Govind P., *Fiber Optic Communication Systems, EC and M: Electrical Construction and Maintenance*, Fifth Edit (Chennai: John Wiley & Sons, Inc., 2021), XC <<https://doi.org/10.1080/09500349314550971>>
- Akeboshi, Yoshihiro, Hiroshi Itakura, and Chiharu Miyazaki, 'Multidrop Transmission System Based on Reflection-Canceling Scheme with Reflection Compensation Lines', *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 62.6 (2020), 2576–84 <<https://doi.org/10.1109/TEMPC.2020.2981569>>
- Artem, Saakian, *Radio Wave Propagation Fundamentals*, Second Edi (Norwood: Artech House, 2021)
- Hura, Gurdeep S., *Data and Computer Communications, Data and Computer Communications: Networking and Internetworking*, 2001 <<https://doi.org/10.1201/9781420041316>>
- Ibe, Oliver C., *Fundamentals of Data Communication Networks*, ed. by First Edition (Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2018)
- Ibrahimova, Diliara, 'QoS for IETF 6TISCH Protocol', *26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2018 <<https://doi.org/10.1109/SIU.2018.8404187>>
- Kandziouba, Evgenij V., Eduard L. Portnov, and Andrey B. Semenov, 'A Quick Method of Calculation the Shannon Performance of Twisted Pair Channel of "Long" Ethernet', *2018 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications*, 2018-Janua (2018), 1–5 <<https://doi.org/10.1109/SOSG.2018.8350601>>
- Kouicem, Djamel Eddine, Ilhem Fajjari, and Nadjib Aitsaadi, 'An Enhanced Path Computation for Wide Area Networks Based on Software Defined Networking', *Proceedings of the IM 2017 - 2017 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network and Service Management*, 2017, 664–67 <<https://doi.org/10.23919/INM.2017.7987355>>
- Kuri, Toshiaki, 'ROF System Standardization at ITU-T', *Optics InfoBase Conference Papers*, Part F122- (2017), 8–9
- Kuzmiakova, Adele, *Computer Networks and Communications* (Burlington, Canada: Arcler Press, 2021)
- Lathi, B. P., Zhi Ding, *MODERN DIGITAL AND ANALOG COMMUNICATION SYSTEMS*, Fifth Edit (New York: Oxford University Press, 2019)
- Liu, Yu, Kin Fai Tong, Xiangdong Qiu, Ying Liu, and Xuyang Ding, 'Wireless Mesh Networks in IoT Networks', *2017 International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition, IWEM 2017*, 2017, 183–85

- <<https://doi.org/10.1109/iWEM.2017.7968828>>
- Loubere, Philip A., *A History of Communication Technology* (New York: Routledge, 2021)
- Oualid, Imene, ‘DC and AC Power’, *Electrical Engineering for Non-Electrical Engineers*, 1, 2021, 137–66 <<https://doi.org/10.1201/9781003152033-4>>
- Portnov, Eduard L, ‘Copper and Fiber-Optic Cables in Moving Objects’, 2018, 2–5
- Rios, Jorge Luis Gonzalez, Jorge Torres Gomez, Rajesh Kumar Sharma, Falko Dressler, and M. Julia Fernandez Getino Garcia, ‘Wideband OFDM-Based Communications in Bus Topology as a Key Enabler for Industry 4.0 Networks’, *IEEE Access*, 9 (2021), 114167–78 <<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3104741>>
- Robert W. Heath, Jr., *Introduction to Wireless Digital Communication* (Boston: Pearson Education, Inc., 2017)
- Rokhayah, and Nana Rahmana Syambas, ‘A Heuristic Algorithm for Ring Topology Optimization’, *Proceedings - 2020 6th International Conference on Wireless and Telematics, ICWT 2020*, 2020, 16–19 <<https://doi.org/10.1109/ICWT50448.2020.9243621>>
- Sakai, Erika, Noriki Ikeuchi, and Hidekazu Suzuki, ‘A Proposal of Virtual Personal Area Network System Which Enables Direct Communication with PAN Devices in Remote Locations’, *2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics, GCCE 2020*, 2020, 682–83 <<https://doi.org/10.1109/GCCE50665.2020.9291924>>
- Tanenbaum, Andrew S., *COMPUTER NETWORKS*, Global Edi (Harlow: Pearson Education Limited, 2021)
- Viswanathan, Mathuranathan, *Wireless Communication Systems in Matlab: Second Edition*, 2020 <<https://www.gaussianwaves.com/2014/07/power-delay-profile/>>
- Yogeshwari, K J, and G Poornima, ‘Power Based Positioning Approach for Indoor Wireless Local Area Network’, *2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, 2017, 449–52
- Z. Ghassemlooy, W. Popoola, S. Rajbhandari, *Optical Wireless Communications System and Channel Modelling with MATLAB* (Boca Raton: CRC Press, 2017)