

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Konsep Dasar Jaringan Komputer

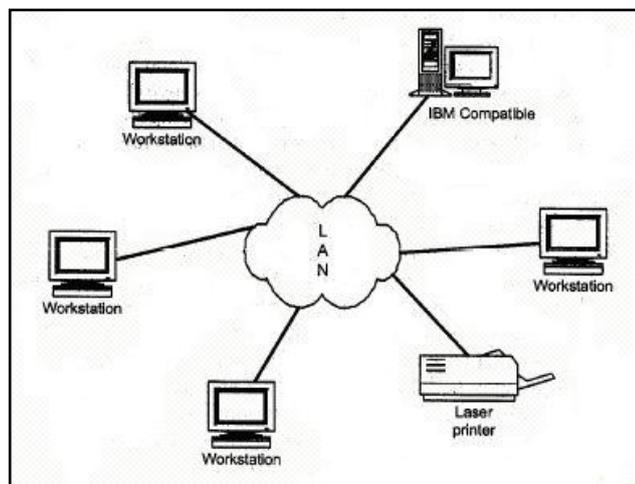
Jaringan komputer diartikan sebagai suatu himpunan interkoneksi sejumlah komputer yang dapat saling bertukar informasi. Bentuk koneksinya tidak harus melalui kawat saja melainkan dapat menggunakan serat optik, atau bahkan satelit komunikasi. Jaringan Komputer adalah merupakan sekelompok komputer otonom yang saling berhubungan antara satu dengan lainnya menggunakan protokol komunikasi melalui media komunikasi sehingga dapat saling berbagi informasi, program-program, dan penggunaan bersama perangkat keras seperti *printer*, *harddisk*, dan lain sebagainya.

2.1.1 Jenis-jenis Jaringan Komputer

1. Berdasarkan Area

a. Local Area Network (LAN)

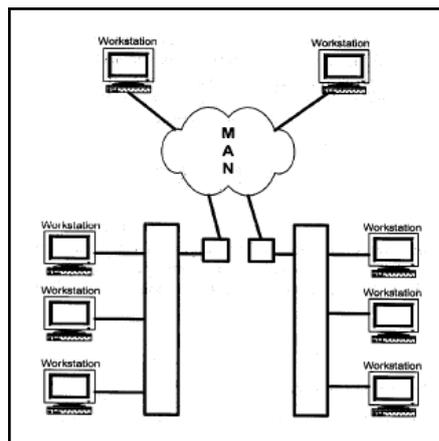
Local Area Network (LAN), merupakan jaringan milik pribadi di dalam sebuah gedung atau kampus yang berukuran sampai beberapa kilometer. LAN seringkali digunakan untuk menghubungkan komputer-komputer pribadi dan *workstation* dalam kantor perusahaan atau pabrik-pabrik untuk memakai bersama *resource* (misalnya, *printer*) dan saling bertukar informasi. Misalnya seperti pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Lokal Area Network (LAN)

b. Metropolitan Area Network (MAN)

Metropolitan Area Network (MAN) pada dasarnya merupakan versi LAN yang berukuran lebih besar dan biasanya memakai teknologi yang sama dengan LAN. MAN dapat mencakup kantor-kantor perusahaan yang letaknya berdekatan atau juga sebuah kota dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan pribadi (swasta) atau umum. MAN mampu menunjang data dan suara, dan bahkan dapat berhubungan dengan jaringan televisi kabel. MAN hanya memiliki sebuah atau dua buah kabel dan tidak mempunyai elemen switching, yang berfungsi untuk mengatur paket melalui beberapa kabel output. Adanya elemen switching membuat rancangan menjadi sederhana seperti pada gambar 2.2



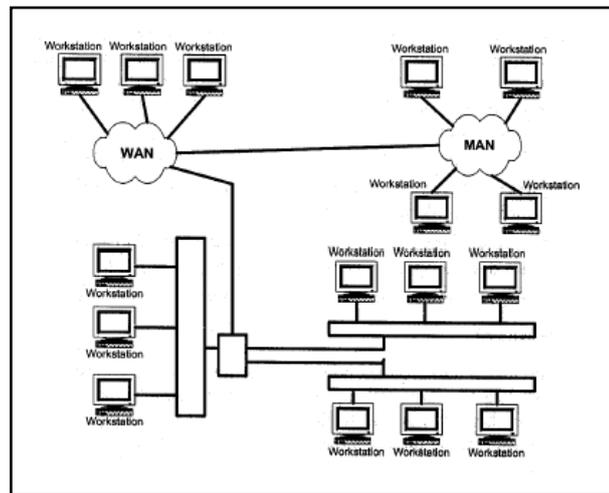
Gambar 2.2 Metropolitan Area Network (MAN)

c. Wide Area Network (WAN)

Wide Area Network (WAN) merupakan jaringan yang lebih besar dari MAN dan mencakup daerah geografis yang luas, seringkali mencakup sebuah negara atau benua. WAN terdiri dari kumpulan mesin yang bertujuan untuk menjalankan program-program (aplikasi) pemakai.

Pada sebagian besar WAN, jaringan terdiri dari sejumlah banyak kabel atau saluran telepon yang menghubungkan sepasang router. Bila dua router yang tidak menggunakan kabel yang sama akan melakukan komunikasi, keduanya harus berkomunikasi secara tidak langsung melalui router lainnya. Ketika sebuah

paket dikirimkan dari sebuah router ke router lainnya melalui sebuah router perantara atau lebih, maka paket akan diterima router perantara dalam keadaan lengkap, disimpan sampai saluran output menjadi bebas, dan kemudian baru diteruskan seperti terlihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Wide Area Network (WAN)

2. Berdasarkan Media Penghantar

(a) Wire Network

Wire Network adalah jaringan komputer yang menggunakan kabel sebagai media penghantar. Kabel yang digunakan umumnya berbahan dasar tembaga. Ada juga jenis kabel lain yang menggunakan bahan sejenis fiber optik. Bahan dasar kabel mempengaruhi kecepatan komunikasi paket data. Bahan tembaga biasa digunakan pada LAN, sedangkan untuk MAN dan WAN menggunakan gabungan kabel tembaga dan serat optik.

(b) Wireless Network

Wireless Network adalah jaringan tanpa kabel yang menggunakan media penghantar gelombang radio atau cahaya *infrared*. Frekuensi yang digunakan pada radio untuk jaringan komputer biasanya menggunakan frekuensi tinggi, yaitu 2.4 GHz dan 5.8GHz. Sedangkan penggunaan *infrared* umumnya terbatas untuk jaringan *point to point* saja.

2.1.2 Perangkat Jaringan Komputer

Beberapa perangkat dan istilah secara umum yang biasa digunakan dalam jaringan komputer diantaranya :

1. Kartu jaringan.

Kartu jaringan merupakan perangkat keras yang menerjemahkan sinyal-sinyal jaringan ke bentuk paket-paket data yang dimengerti komputer. Komponen ini sering disebut kartu karena bentuknya seperti kartu yang harus ditancapkan ke komputer seperti pada gambar 2.4, baik pada slot PCI ataupun SCSI. Pada bagian belakang panel terdapat lubang konektor untuk menancapkan kabel jaringan. Konektor yang ada pada kartu jaringan ada dua macam yaitu biasa di sebut konektor BNC dan RJ-45 (UTP). Konektor BNC berbentuk seperti kabel TV dan sekarang sudah jarang digunakan sedang RJ-45 atau sering disebut UTP seperti konektor kabel telpon namun jumlah kabelnya lebih banyak.



Gambar 2.4 Kartu jaringan (*ethernet card*)

2. Protokol jaringan.

Umpamakan saja komputer-komputer yang ada dalam sebuah jaringan adalah sekumpulan manusia yang saling berkomunikasi satu dengan lainnya, maka tentunya mereka harus mengerti bahasa yang sama agar dapat saling berkomunikasi. *Protokol* dapat diumpamakan sebagai bahasa tersebut. Protokol yang paling umum digunakan sehingga pasti dikenal oleh berbagai macam jaringan adalah *protocol* TPC/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) seperti gambar 2.5



Gambar 2.5 Protokol TCP/IP dan konektor RJ-45.

3. *Switch Hub.*

Dibandingkan dengan *hub* biasa, *switch hub* memiliki keunggulan dimana setiap *port* di dalam *switch* memiliki domain *coalision* sendiri-sendiri oleh sebab itu *switch* sering disebut juga “*Multi-port Bridge*” seperti terlihat pada gambar 2.6. *Switch* mempunyai tabel penerjemah pusat yang memiliki daftar penerjemah untuk semua *port*. *Swicth* menciptakan *Virtual Private Network (VPN)* dari port pengirim & *port* penerima sehingga jika dua *host* sedang berkomunikasi lewat VPN tersebut, mereka tidak mengganggu segmen lainnya. Jadi jika satu *port* sibuk, *port-port* lain tetap dapat berfungsi. Oleh sebab itu penggunaan *switch* semakin populer terutama dengan harganya yang semakin terjangkau.



Gambar 2.6 *Switch hub.*

4. *Wireless Access Point.*

Digunakan untuk melakukan pengaturan lalu lintas jaringan dari mobile radio ke jaringan kabel atau dari backbone jaringan wireless client/server. Biasanya berbentuk kotak kecil dengan 1 atau 2 antena kecil. Peralatan ini merupakan radio based, berupa *receiver* dan *transmitter* yang akan terkoneksi dengan LAN atau *broadband* ethernet. Saat ini beredar di pasaran adalah *access point* yang telah dilengkapi dengan *router* di dalamnya yang biasa disebut wireless router seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Wireless access point.*

2.1.3 Konsep Dasar TCP/IP

Agar dapat saling berkomunikasi satu dengan lainnya masing-masing PC yang berkomunikasi dalam jaringan harus mengikuti aturan (*protokol*) yang sudah ditentukan atau disepakati bersama. Dengan *protokol* atau aturan yang sudah baku maka PC dengan sistem operasi dan *platform* yang berbeda dapat saling berkomunikasi. Dalam jaringan komputer sekarang ini *protokol* yang biasanya dipakai adalah TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*). Salah satu contoh penerapan *protokol* TCP/IP adalah bahwa setiap komputer yang terhubung ke jaringan harus memiliki alamat yang unik. Jika kita ingin menghubungi kerabat kita di suatu tempat kita harus tahu alamat kerabat kita tersebut, nama jalan, nomor rumah, kota dan lain-lain. Demikian juga dengan PC, setiap PC agar dapat saling bertukar *resource* harus dapat mengenali alamat masing-masing. Karena itu setiap PC yang terkoneksi ke jaringan diberi alamat tertentu, dalam TCP/IP dalam format angka 32 bit.

2.1.4 IP Address

Dalam jaringan yang menggunakan protokol TCP/IP, setiap host akan memiliki alamat IP atau *IP address*. Format *IP address* adalah nilai biner berukuran 32 bit yang diberikan ke setiap host dalam jaringan. Nilai ini digunakan untuk mengenali jaringan di mana host tersebut dan mengenali nomor unik host bersangkutan di jaringan tertentu. Setiap host yang terhubung jadi satu pada sebuah *internet work* harus memiliki satu alamat unik TCP/IP.

Konsep ini serupa dengan cara kantor pos mengantarkan surat. Setiap rumah di sepanjang jalan menggunakan nama jalan (nama jaringan) yang sama tetapi memiliki nomor rumah (nomor host) yang berbeda. Sewaktu-waktu komputer ingin mengirimkan data ke komputer lain, maka kiriman tersebut harus dilengkapi dengan alamat yang tepat. Jika tidak maka yang menerima atau jaringan akan kebingungan harus dikirim ke mana jaringan tersebut. Pemberian alamat ini menjadi tanggung jawab pengirim. Setiap alamat terbagi atas dua komponen, yaitu :

1. Network ID

Network ID adalah bagian dari alamat IP yang mewakili jaringan fisik dari host (nama jalan rumah). Setiap komputer dalam segmen jaringan tertentu akan memiliki ID jaringan yang sama.

2. Host ID

Host ID adalah bagian yang mewakili bagian individu dari alamat (nomor rumah). Bila komputer di segmen jaringan memiliki alamat, maka jaringan tersebut perlu tahu milik siapa paket itu.

Jika dilihat dari bentuknya, *IP address* terdiri atas 4 buah bilangan biner 8 bit. Nilai terbesar dari bilangan biner 8 bit adalah $255 = (2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0)$. Karena *IP address* terdiri atas 4 buah bilangan 8 bit, maka jumlah *IP address* yang tersedia ialah $255 \times 255 \times 255 \times 255$. *IP address* sebanyak ini harus dibagi-bagikan ke seluruh pengguna jaringan internet di seluruh dunia.

Untuk mempermudah proses pembagiannya, *IP address* dikelompokkan dalam kelas-kelas. Dasar pertimbangan pembagian IP address ke dalam kelas-kelas adalah untuk memudahkan pendistribusian pendaftaran *IP address*. Dengan memberikan sebuah ruang nomor jaringan (beberapa blok *IP address*) kepada *ISP (Internet Service Provider)* di suatu area diasumsikan penanganan komunitas lokal tersebut akan lebih baik, dibandingkan dengan jika setiap pemakai individual harus meminta *IP address* ke otoritas pusat, yaitu *Internet Assigned Numbers Authority (IANA)*.

IP address ini dikelompokkan dalam lima kelas seperti pada table 2.1 : Kelas A, Kelas B, Kelas C, Kelas D dan Kelas E. Perbedaan pada tiap kelas tersebut adalah pada ukuran dan jumlahnya. IP kelas A dipakai oleh sedikit jaringan namun jaringan ini memiliki anggota yang besar. Kelas C dipakai oleh banyak jaringan, namun anggota masing-masing jaringan sedikit. Kelas D dan E juga didefinisikan, tetapi tidak digunakan dalam penggunaan normal. Kelas D diperuntukkan bagi jaringan *multicast*, dan kelas E untuk keperluan *eksperimental*.

Tabel 2.1 Kelas *IP address*

Kelas	Rentang IP Address	Format Penulisan
A	1 – 126	1.0.0.0 s/d 126.255.255.255
B	128 – 191	128.0.0.0 s/d 191.255.255.255
C	192 – 223	192.0.0.0 s/d 223.255.255.255
D	224 – 239	224.0.0.0 s/d 239.255.255.255
E	240 – 255	240.0.0.0 s/d 254.255.255.255

2.2 Jaringan Wireless

2.2.1 Protokol Jaringan Wireless

- 802.11b. Disahkan oleh IEEE pada tanggal 16 September 1999, 802.11b. Memakai modulasi yang dikenal sebagai *Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)* di bagian dari ISM band dari 2.400 sampai 2.495 GHz dan mempunyai kecepatan maximum 11 Mbps, dengan kecepatan sebenarnya yang bisa dipakai sampai 5 Mbps.
- 802.11g. Karena belum disahkan sampai Juni 2003, 802.11g merupakan pendatang yang telat di pasar nirkabel. 802.11g memakai ISM band yang sama dengan 802.11b, tetapi memakai modulasi yang bernama *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*. Memiliki kecepatan maximum data 54 Mbps (dengan *throughput* yang bisa dipakai sebesar 22 Mbps).
- 802.11a. Disahkan juga oleh IEEE pada tanggal 16 September 1999, 802.11a memakai OFDM. Memiliki kecepatan maximum data 54 Mbps, dengan *throughput* sampai setinggi 27 Mbps.
- 802.11n adalah sebuah perubahan standar jaringan wifi 802,11-2.007 IEEE untuk meningkatkan *throughput* lebih dari standar sebelumnya, seperti 802.11b dan 802.11g, dengan peningkatan data rate maksimum dalam lapisan fisik OSI (PHY) dari 54 Mbps ke maksimum 600 Mbps dengan menggunakan empat ruang aliran di lebar saluran 40 MHz. Sejak 2007,

Wi-Fi Alliance telah memberikan sertifikat interoperabilitas produk "draft-N" berdasarkan pada draft 2.0 dari spesifikasi IEEE 802.11n.

2.2.2 Mode Jaringan Wireless

Wireless Local Area Network sebenarnya hampir sama dengan jaringan LAN, akan tetapi setiap node pada WLAN menggunakan *wireless device* untuk berhubungan dengan jaringan. node pada WLAN menggunakan *channel* frekuensi yang sama dan SSID yang menunjukkan identitas dari *wireless device*

a) Mode Ad - Hoc

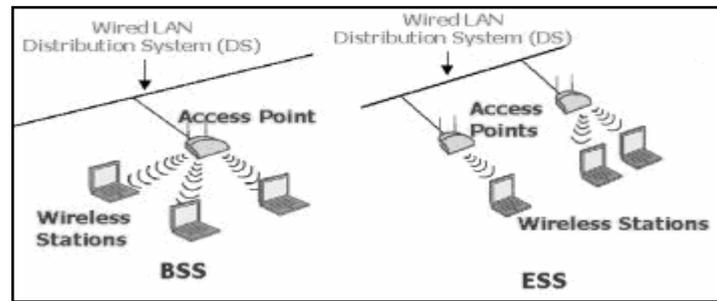
Ad-Hoc merupakan mode jaringan WLAN yang sangat sederhana, karena pada ad-hoc ini tidak memerlukan access point untuk host dapat saling berinteraksi. Setiap host cukup memiliki transmitter dan receiver wireless untuk berkomunikasi secara langsung satu sama lain seperti tampak pada gambar 2.8. Kekurangan dari mode ini adalah komputer tidak bisa berkomunikasi dengan komputer pada jaringan yang menggunakan kabel. Selain itu, daerah jangkauan pada mode ini terbatas pada jarak antara kedua komputer tersebut.



Gambar 2.8 Mode jaringan *Ad-Hoc*

b) Mode *Infrastruktur*

Jika komputer pada jaringan wireless ingin mengakses jaringan kabel atau berbagi printer misalnya, maka jaringan wireless tersebut harus menggunakan mode *infrastruktur*. Pada mode infrastruktur *access point* berfungsi untuk melayani komunikasi utama pada jaringan wireless. Access point mentransmisikan data pada PC dengan jangkauan tertentu pada suatu daerah seperti pada gambar 2.9. Penambahan dan pengaturan letak access point dapat memperluas jangkauan dari WLAN.



Gambar 2.9 Mode jaringan *Infrastruktur*

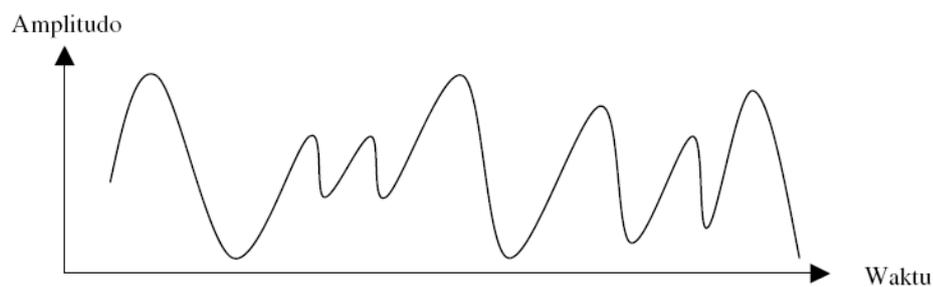
2.3 Sinyal Informasi

Data adalah suatu jenis informasi yang disimpan atau didapatkan kembali pada sebuah komputer. Oleh karena itu, jaringan mentransfer data dari satu komputer ke komputer yang lain. Data tersebut dapat berupa pesan *e-mail*, *file*, *web page*, *video*, musik dan lain sebagainya.

Sistem komunikasi jaringan pada komputer melambangkan data dengan menggunakan kode-kode yang diwakili secara efisien alat-alat elektronik dan gelombang radio. Sinyal tersebut membawa informasi melalui sistem dari satu titik ke titik yang lain. Sinyal tersebut dapat berupa sinyal *analog* atau *digital*.

2.3.1 Sinyal Analog

Sinyal *analog* seperti ditunjukkan gambar 2.10, merupakan salah satu *amplitudo* sinyal yang berubah secara terus-menerus dari waktu ke waktu.

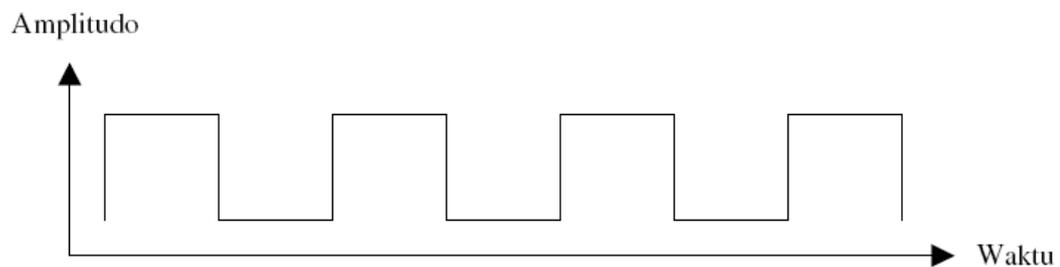


Gambar 2.10 Sinyal analog

Pada permulaan komunikasi elektronik, sebagian besar komunikasi elektronik mengolah sinyal dalam bentuk *analog* karena input informasinya berasal dari manusia. Sinyal *analog* memiliki *amplitudo*, *voltase*, energi, dan *frekuensi*. (Geier : Hal 65 : 2005)

2.3.2 Sinyal Digital

Sinyal pada komputer memiliki irama *amplitudo* yang berubah dari waktu ke waktu. Sinyal *digital* pada gambar 2.11 biasanya berupa bilangan biner (dua *digit*), sehingga disebut dengan rangkaian *digit* biner (*bit*) atau data biner. Untaian *digital* dalam komputer dengan mudah menyimpan dan mengolah sinyal-sinyal *digital* tersebut ke dalam bentuk biner.



Gambar 2.11 Sinyal digital

Bilangan biner merupakan sebuah sistem yang hanya menggunakan 0 dan 1 untuk merepresentasikan angka-angka. Konversi dari sistem bilangan desimal ke bilangan biner mudah dijalankan tinggal menyimpan bilangan biner tersebut.

Salah satu kelebihan sinyal *digital* adalah lebih mudah diperbaiki. Saat sinyal merambat melalui medium udara, sinyal tersebut dapat berbenturan dengan suara atau gelombang yang dapat merubah sinyal. Untuk mengatasi memperbaiki sinyal tersebut, maka untaian *digital* dapat mendeteksi jika ada denyut dalam periode waktu tertentu dan membuat denyut baru yang sama dengan denyut *digital* yang dikirim sebelumnya. Sinyal *digital* dapat menjangkau jarak jauh melalui periodik *repeater* sambil melindungi integritas informasi. (Geier : Hal 63 : 2005)

Berikut ini hal-hal yang menetapkan karakteristik penting pada sinyal *digital*:

1. Kecepatan Data

Kecepatan data menyesuaikan dengan kecepatan yang ditransfer sinyal *digital*. Karena itu kecepatan data pada sinyal *digital* memberikan beberapa informasi mengenai lamanya pengiriman data dari satu titik ke titik yang lain dan mengidentifikasi jumlah *bandwidth* yang harus disuplai medium untuk

mendukung sinyal secara efektif. Kecepatan data dari sinyal sama dengan waktu tempuh jumlah total *bit* yang ditransmisikan. Ukuran untuk kecepatan bit adalah *bits per second (bps)*.

2. Throughput

Throughput sama dengan kecepatan data, akan tetapi kalkulasi *throughput* mengabaikan bit-bit yang berhubungan dengan *overhead* pada protokol komunikasi. Tidak ada standar untuk merepresentasikan *throughput*, kecuali jika memasukkan informasi aktual yang dikirim menyebrangi jaringan. Karena itu, *throughput* memberikan solusi yang akurat untuk merepresentasikan performa dan efisiensi jaringan yang sebenarnya.

2.4 Pengenalan VoIP

Voice over Internet Protocol (juga disebut VoIP, *IP telephony*, *internet telephony* atau *digital phone*) adalah teknologi yang memungkinkan percakapan suara jarak jauh melalui media internet. Data suara diubah menjadi kode digital dan dialirkan melalui jaringan yang mengirimkan paket-paket data dan bukan lewat sirkuit analog telepon biasa.

Hal yang menarik tentang VoIP adalah banyaknya cara untuk melakukan panggilan. Saat ini ada 3 jenis metode yg berbeda yang paling sering digunakan untuk melakukan layanan VoIP, yaitu :

- ATA (Analog Telephone Adaptor)

Metode yang paling sederhana dan paling umum adalah dengan menggunakan suatu alat yang disebut ATA. ATA memungkinkan kita untuk menghubungkan pesawat telepon biasa ke komputer atau disambungkan ke internet untuk dipakai VoIP. ATA seperti pada gambar 2.12 adalah alat pengubah sinyal dari analog menjadi digital. Cara kerjanya adalah mengubah sinyal analog dari telepon dan mengubahnya menjadi data digital untuk di transmisikan melalui internet. Provider seperti VONAGE dan AT&T Callvantage membuat alat ATA dan memberikannya secara gratis kepada pelanggannya sebagai bagian dari service mereka. Mereka tinggal membuka ATA, memasang kabel telepon ke alat, dan VoIP sudah bisa digunakan. Beberapa jenis ATA dipaket dan

dibundel beserta software tambahan yang harus diinstallkan pada komputer untuk melakukan konfigurasi ATA, tetapi pada umumnya itu hanya seting yang sangat mudah.



Gambar 2.12 ATA adapter

- *IP Phones*

Pesawat telepon khusus seperti gambar 2.13 ini kelihatannya sama dengan telepon biasa. Tapi selain mempunyai konektor RJ-11 standar, IP Phones juga mempunyai konektor RJ-45 IP Phones menghubungkan langsung dari telepon ke router, dan didalam IP Phones sudah ada semua perangkat keras maupun lunak yang sudah terpasang didalamnya yang menunjang melakukan panggilan IP. Tidak lama lagi, *IP Phone* nirkabel (*wireless*) akan tersedia, dan memungkinkan para pengguna untuk melakukan panggilan VoIP dari *hotspot* yang tersedia.



Gambar 2.13 IP phone

- *Computer-to-Computer*

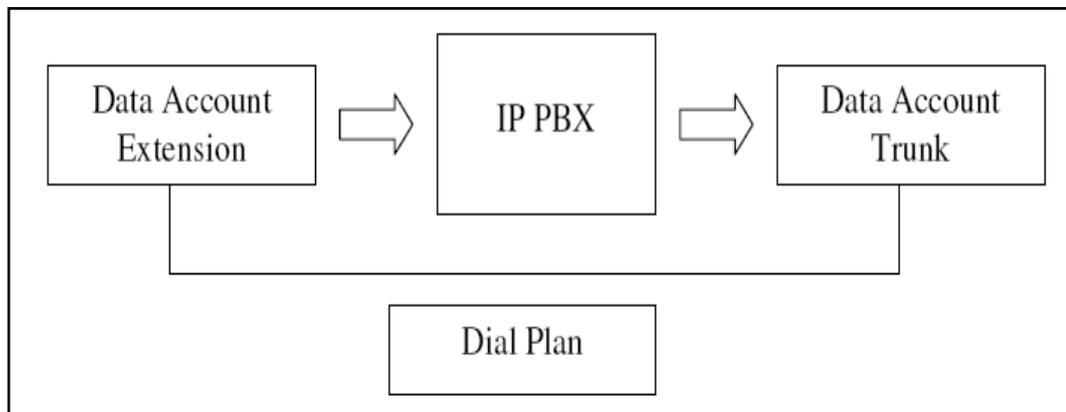
Metode inilah yang akan digunakan dalam perancangan jaringan VoIP ini, karena merupakan cara paling mudah untuk melakukan panggilan VoIP. Bahkan tidak usah membayar satu sen pun untuk melakukan panggilan

SLJJ. Ada beberapa perusahaan yang menawarkan program yang harganya murah bahkan gratis yang dapat digunakan untuk melakukan panggilan VoIP. Yang harus diperlukan hanya program (software), mikrofon, speaker, soundcard dan koneksi internet, lebih diutamakan koneksi internet yang relatif cepat seperti koneksi kabel atau DSL. Selain biaya bulanan ISP, biasanya tidak ada lagi biaya untuk panggilan *Computer-to-Computer*, seberapa jauh pun jaraknya.

2.4.1 IP PBX

IP PBX atau *Internet Protocol Private Branch Exchange* merupakan PABX yang menggunakan teknologi IP. IP PBX adalah perangkat *switching* komunikasi telepon dan data berbasis teknologi *Internet Protocol (IP)* yang mengendalikan ekstension telepon analog (TDM) maupun ekstension *IP Phone*. Fungsi-fungsi yang dapat dilakukan antara lain: penyambungan, pengendalian, dan pemutusan hubungan telepon, translasi protokol komunikasi, translasi media komunikasi atau *transcoding*, serta pengendalian perangkat-perangkat IP telephony seperti: *VoIP Gateway*, *Access Gateway*, dan *Trunk Gateway*. Solusi berbasis IP PBX merupakan konsep jaringan komunikasi generasi masa depan atau dikenal dengan istilah NGN (*Next Generation Network*) yang dapat mengintegrasikan jaringan telepon yang umum dipakai (PSTN/POTS), jaringan telepon bergerak (GSM/CDMA), jaringan telepon satelit, jaringan *Cordless* (DECT), dan jaringan berbasis paket (IP/ATM). IP PBX membawa kemampuan multi layanan di jaringan IP ke dunia komunikasi telepon, sehingga akan memungkinkan semakin banyak layanan komunikasi yang dapat berjalan di atas jaringan IP. Multi layanan tersebut adalah *Voicemail* dan *Voice Conference*, *Interactive Voice Response (IVR)*, *Automatic Call Distribution (ACD)*, *Computer Telephony Integration (CTI)*, *Unified Messaging System (UMS)*, *Fax on Demand*, *Call Recording System*, *Billing System*, serta *Web-based Management System*. (http://id.wikipedia.org/wiki/IP_PBX).

2.4.2 Komponen Dasar IP PBX



Gambar 2.14 Komponen dasar IP PBX

Komponen dasar IP PBX seperti gambar 2.14 di atas terdiri dari *data account* yang tersusun atas *extension* yang merupakan *data account* yang akan digunakan oleh *extension* agar terhubung dengan IP PBX ini. *Extension* di sini adalah sebuah nama atau nomor yang merepresentasikan user dari IP PBX ini. Komponen yang lainnya adalah *trunk* yang merupakan *data account* yang akan digunakan IP PBX untuk menghubungi *trunk*. *Trunk* adalah sebuah nama atau nomor yang merepresentasikan server lain atau IP PBX lain yang akan dihubungi oleh IP PBX ini. *Dial Plan* merupakan aturan *dial* yang akan dimanfaatkan oleh *extension* untuk menghubungi sesama *extension* atau *trunk* dan sebaliknya.

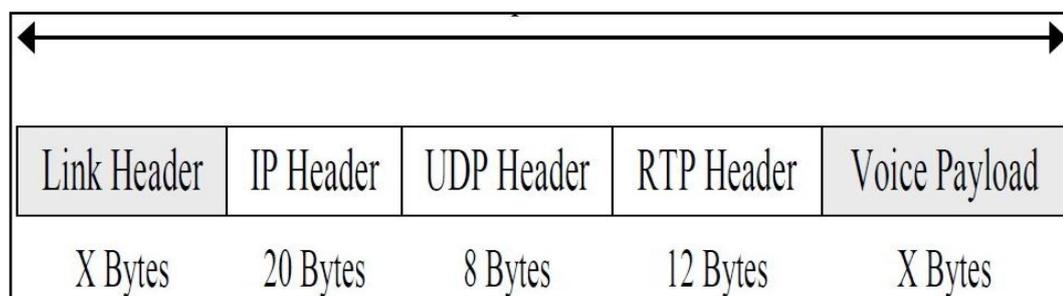
2.4.3 Prinsip Kerja VoIP

Prinsip kerja VoIP yaitu mengubah suara analog yang didapatkan dari komputer menjadi paket data digital, kemudian dari PC diteruskan melalui modem dikirimkan melalui jaringan internet dan akan diterima oleh tempat tujuan melalui media yang sama atau bisa juga melalui mediatelepon diteruskan ke phone adapter yang disambungkan ke internet dan bisa diterima oleh telepon tujuan. Untuk Pengiriman sebuah sinyal ke remote destination dapat dilakukan secara digital yaitu sebelum dikirim data yang berupa sinyal analog diubah ke bentuk data digital dengan ADC (Analog to Digital Converter), kemudian ditransmisikan, dan di penerima dipulihkan kembali menjadi data analog dengan DAC (Digital to Analog Converter).

Begitu juga dengan VoIP, digitalisasi voice dalam bentuk packet data, dikirimkan, dan dipulihkan kembali dalam bentuk voice di penerima. Digital format lebih mudah dikendalikan, dalam hal ini dapat dikompresi, dan dapat diubah ke format yang lebih baik dan data digital lebih tahan terhadap *noise* daripada analog karena masih stabil bentuk gelombangnya. Bentuk paling sederhana dalam sistem VoIP adalah dua buah komputer terhubung dengan jaringan. Syarat-syarat dasar untuk mengadakan koneksi VoIP adalah komputer yang terhubung ke jaringan, mempunyai *soundcard* yang dihubungkan dengan speaker dan mikrofon. Dengan dukungan software khusus, kedua pemakai komputer bisa saling terhubung dalam koneksi VoIP satu sama lain. Bentuk hubungan tersebut bisa dalam bentuk pertukaran file, suara, video, gambar. Penekanan utama dalam VoIP adalah hubungan keduanya dalam bentuk suara.

2.4.4 Format Paket VoIP

Secara umum, tiap paket VoIP terdiri dari dua bagian, yakni *header* dan *payload* (beban/informasi). *Header* terdiri dari : *IP header*, *Real-Time Transport Protocol (RTP) header*, *User Datagram Protocol (UDP) header* dan *data link header* seperti terlihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Format paket VoIP

- *Link header*, biasanya tergantung pada media yang digunakan. (misal: PPP = 6 byte).
- *IP Header* (20 bytes) : bertugas menyimpan informasi ruting untuk mengirimkan paket-paket ke tujuan. Pada tiap *header* IP disertakan tipe layanan atau ToS (*Type of Service*) yang memungkinkan paket tertentu seperti paket suara diperlakukan berbeda dengan paket yang non *real time*

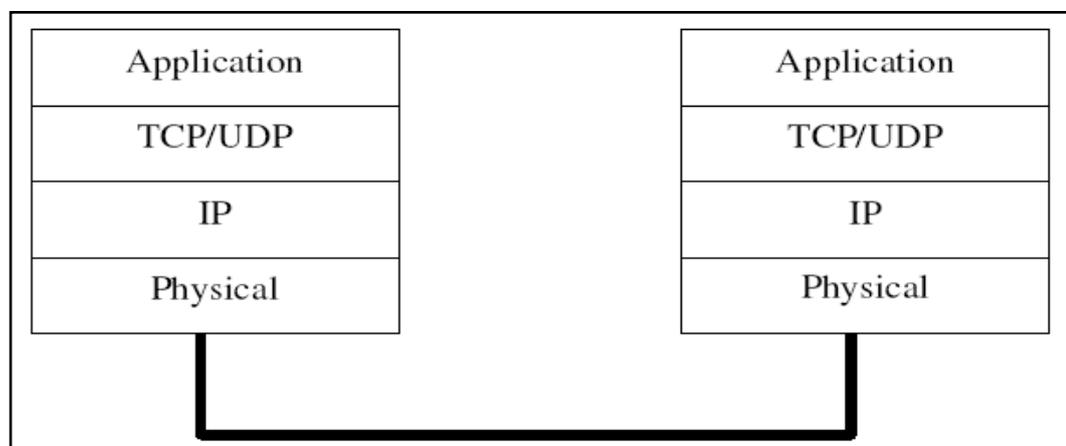
- *UDP Header* (8 bytes) : memiliki ciri tertentu yang tidak menjamin paket akan mencapai tujuan sehingga UDP cocok digunakan pada aplikasi *voice real time* yang sangat peka terhadap *delay / latency*.
- *RTP Header* (12 bytes) : *header* yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan framing dan segmentasi data *real time*, RTP juga tidak mendukung reabilitas paket untuk sampai di tujuan. RTP menggunakan protokol kendali RTCP (*Real Time Control Protocol*) yang mengendalikan QoS dan sinkronisasi media *stream* yang berbeda.
- *Voice Payload* menurut *Cisco* dan berdasarkan Codec yang digunakan (G.723,1 dengan 5,3 Kbps) nilainya 20 Bytes. Setelah terjadi kompresi pada RTP maka total format paket VoIP sebesar 30 bytes.

2.4.5 Protokol-protokol Penunjang VoIP

Ada beberapa protokol yang menjadi penunjang jaringan VoIP, antara lain:

a. TCP/IP (*Transfer Control Protocol/Internet Protocol*)

Merupakan sebuah protokol yang digunakan pada jaringan internet. Standarisasi diperlukan agar antar komputer terjadi kesepakatan tentang tatacara pengiriman dan penerimaan data sehingga data dapat dikirimkan dan diterima dengan benar. Protokol ini terdiri dari dua bagian besar, yaitu TCP dan UDP serta dibawah lapisan tersebut ada protokol yang bernama *Internet Protocol* (IP).



Gambar 2.16 Lapisan protokol

Pada gambar 2.16, fungsi utama lapisan *Application Layer* adalah pemindahan *file*. Perpindahan *file* dari sebuah sistem ke sistem lainnya yang berbeda memerlukan suatu sistem pengendalian untuk mengatasi adanya ketidakcocokan sistem *file* yang berbeda-beda. Protokol ini berhubungan dengan aplikasi. Salah satu contoh aplikasi yang telah dikenal misalnya *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) untuk web, *File Transfer Protocol* (FTP) untuk perpindahan file, dan TELNET untuk terminal maya jarak jauh.

- a. *Transmission Control Protocol* (TCP) merupakan protokol yang menjaga reliabilitas hubungan komunikasi *end-to-end*. Konsep dasar cara kerja TCP adalah mengirim dan menerima segmen-segmen informasi dengan panjang data bervariasi pada suatu datagram internet. Dalam hubungan VoIP, TCP digunakan pada saat *signaling*, TCP digunakan untuk menjamin *setup* suatu panggilan pada sesi *signaling*. TCP tidak digunakan dalam pengiriman data suara karena pada komunikasi data VoIP penanganan data yang mengalami keterlambatan lebih penting daripada penanganan paket yang hilang.
- b. *User Datagram Protocol* (UDP) merupakan salah satu protokol utama di atas IP, yang lebih sederhana dibandingkan dengan TCP. UDP digunakan untuk situasi yang tidak mementingkan mekanisme reliabilitas. UDP digunakan pada VoIP pada pengiriman audio streaming yang berlangsung terus menerus dan lebih mementingkan kecepatan pengiriman data agar tiba di tujuan tanpa memperhatikan adanya paket yang hilang.
- c. *Internet Protocol* (IP) didesain untuk interkoneksi sistem komunikasi komputer pada jaringan paket *switched*. Pada jaringan TCP/IP, sebuah komputer diidentifikasi dengan alamat IP. Tiap-tiap komputer memiliki alamat IP yang unik, masing-masing berbeda satu sama lainnya. Hal ini dilakukan untuk mencegah kesalahan pada transfer data.
- b. SIP (*Session Initiation Protocol*) yaitu protokol yang digunakan untuk inisiasi, modifikasi dan terminasi sesi komunikasi VoIP. SIP

adalah protokol Open Standard yang dipublikasikan oleh IETF, RFC 2543 dan RFC 3261. Selain digunakan untuk negosiasi sesi komunikasi voice, SIP juga dapat digunakan untuk negosiasi sesi komunikasi data media lain seperti video dan text. Disebutkan sebagai hanya melakukan “*negosiasi sesi komunikasi*” adalah karena SIP merupakan *signalling protocol*, bukan *media transfer protocol*.

- c. H.323 VoIP dapat berkomunikasi dengan sistem lain yang beroperasi pada jaringan *packet-switch*. Untuk dapat berkomunikasi dibutuhkan suatu standarisasi sistem komunikasi yang kompatibel satu sama lain. Salah satu standar komunikasi pada VoIP menurut rekomendasi ITU-T adalah H.323 (1995-1996). Standar H.323 terdiri dari komponen, protokol, dan prosedur yang menyediakan komunikasi multimedia melalui jaringan *packet-based*. Bentuk jaringan *packet-based* yang dapat dilalui antara lain jaringan internet, *Internet Packet Exchange (IPX)-based*, *Local Area Network (LAN)*, dan *Wide Area Network (WAN)*. H.323 dapat digunakan untuk layanan – layanan multimedia seperti komunikasi suara (IP telephony), komunikasi video dengan suara (video telephony), dan gabungan suara, video dan data.

2.5 Session Initiation Protocol (SIP)

Session Initiation Protocol (SIP) adalah salah satu protokol yang umum digunakan pada *3cx Phone System*. Yang dapat berfungsi sebagai *call initiation*, yaitu membangun sebuah sesi komunikasi seperti pada gambar 2.17, negosiasi *media transfer protocol*, mengundang *user agent* lain untuk bergabung di dalam sesi komunikasi. *Call modification* yang dapat memodifikasi sesi komunikasi, *call termination* atau menutup sesi komunikasi, *presence* yang dapat mengumumkan status user pada user lain, *online* atau *offline*, *away* atau *busy*. SIP merupakan *signalling protocol* dan bukanlah *media transfer protocol*, sehingga SIP tidak membawa paket data *voice* atau *video*. Dalam implementasi VoIP berbasis

protokol SIP, *Real Time Protocol* (RTP) digunakan sebagai media *transfer protocol*. SIP menggunakan protocol UDP port 5060, sedangkan RTP menggunakan protocol UDP pada port dinamis (port antara 8000-20000).

Komponen – komponen utama dalam arsitektur SIP antara lain :

a. *SIP User Agent*

User Agent adalah komponen SIP yang memulai, menerima dan menutup sesi komunikasi. *User Agent* terdiri dari 2 komponen utama, yaitu: *User Agent Client (UAC)* dan *User Agent Server (UAS)*. UAC adalah komponen yang memulai sesi komunikasi sedangkan UAS adalah komponen yang menerima atau menanggapi sesi komunikasi. Baik UAC ataupun UAS dapat menutup sesi komunikasi dan *user agent* dapat berupa *software (softphone)* ataupun *hardware (hardphone)*.

b. *SIP Redirect Server*

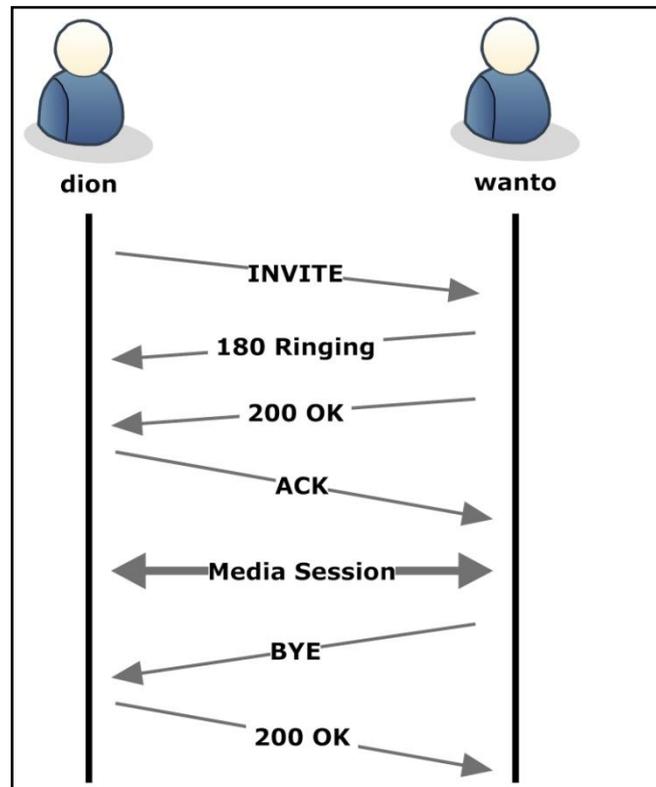
Sebuah *redirect server* merupakan user agent server yang menghasilkan *response* untuk mengalihkan sebuah *request* ke lokasi lainnya.

c. *SIP Proxy Server*

Sebuah proxy server bertindak sebagai perantara diantara *user agent* untuk mengirim *SIP message* ke *user* yang dituju.

d. *SIP Registrar*

Sebuah registrar merupakan sebuah user agent server yang memproses *SIP REGISTER request*. *Registrar* menyimpan pemetaan dari *SIP user name* ke *address* dan merupakan ujung awal dari *location service*.

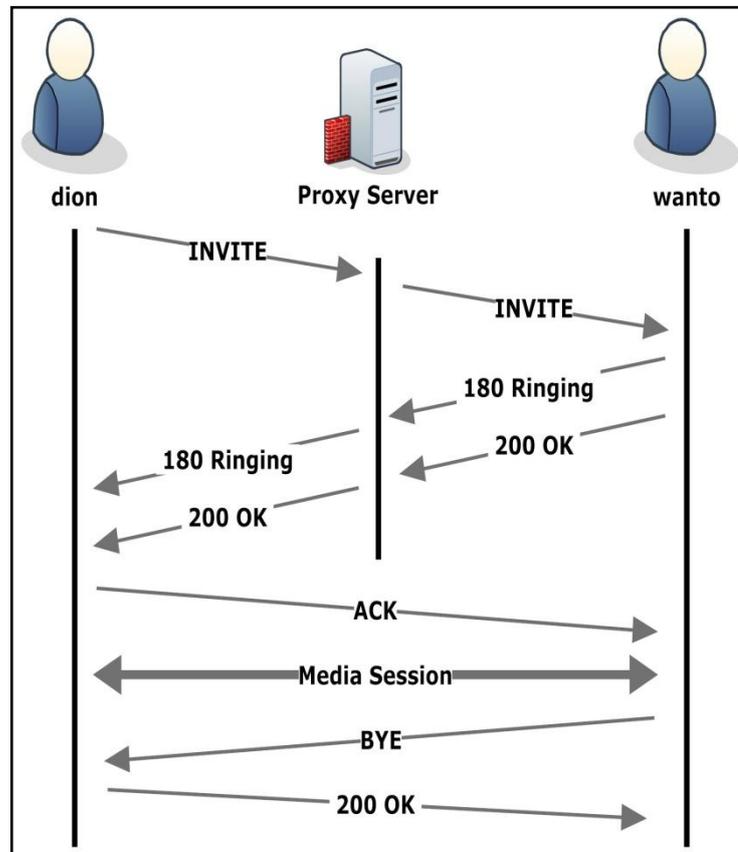


Gambar 2.17 Contoh sebuah SIP sederhana

2.5.1 SIP Server

1. Proxy Server

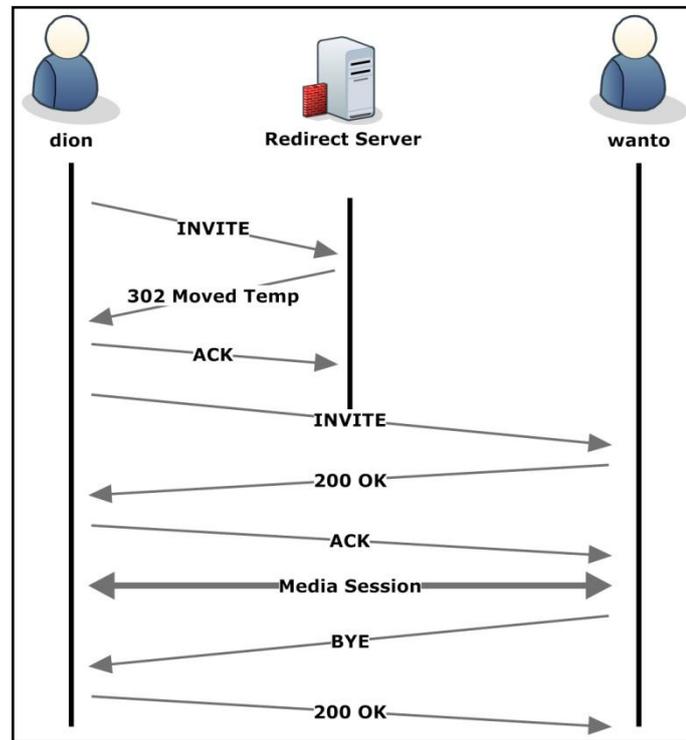
Proxy server adalah komponen penengah antar *user agent*, bertindak sebagai *server* dan *client* yang menerima *request message* dari *user agent* dan menyampaikan pada *user agent* lainnya seperti pada gambar 2.18. *Request* dapat dilayani sendiri atau disampaikan (*forward*) pada *proxy server* lain, selain itu *proxy server* dapat menerjemahkan dan atau menulis ulang *request message* sebelum menyampaikan pada *user agent* tujuan atau *proxy* lain dan mampu menyimpan seluruh *state* sesi komunikasi antara UAC dan UAS.



Gambar 2.18 Panggilan SIP menggunakan *proxy server*

2. *Redirect Server*

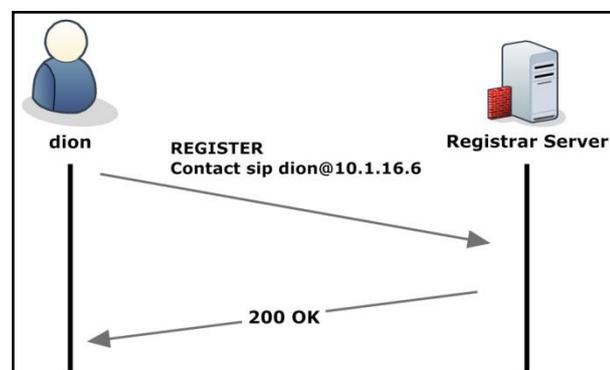
Redirect Server merupakan komponen yang menerima *request message* dari *user agent*, memetakan alamat SIP *user agent* atau *proxy server* tujuan kemudian menyampaikan hasil pemetaan kembali pada *user agent* pengirim (UAC). Akan tetapi tidak dapat menyimpan *state* sesi komunikasi antara UAC dan UAS setelah pemetaan disampaikan pada UAC, dan tidak dapat memulai inisiasi *request message* serta tidak dapat menerima dan menutup sesi komunikasi. Untuk lebih jelasnya terlihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Panggilan SIP menggunakan *redirect server*

3. Registrar Server

Registrar Server pada gambar 2.20 adalah komponen yang menerima *request message REGISTER* sehingga dapat menambahkan fungsi otentikasi *user* untuk validasi. *Registrar* menyimpan *database user* untuk otentikasi dan lokasi sebenarnya (berupa IP dan port) agar *user* yang terdaftar dapat dihubungi oleh komponen SIP lainnya (berfungsi sebagai *Location Server* juga) dan biasa disandingkan dengan *proxy server*.



Gambar 2.20 Proses registrasi SIP

4. Framework SIP

Framework SIP terbagi atas beberapa fungsi, antara lain :

- a. *Integration* : Kemudahan untuk integrasi dengan protokol lain standar *Internet Engineering Task Force (IETF)*.
- b. *Scalability* : Komponen SIP dapat digabungkan secara fisik dalam server yang sama atau justru berbeda lokasi secara topologi dan distribusi komponen memungkinkan penambahan komponen baru tanpa mempengaruhi jaringan yang sudah ada.
- c. *Simplicity* : Menangani paket SIP relatif mudah dilakukan, seperti pada protokol standar IETF lainnya (HTTP dan SMTP). Header SIP tertulis dalam format text untuk kemudahan implementasi, modifikasi dan *debug*.

5. SIP User Agent

SIP user agent adalah komponen yang digunakan pada sisi *user* atau *client*. *SIP user agent* dapat melakukan registrasi ke *registrar server* atau dapat digunakan *peer-to-peer* terhubung langsung dengan *SIP user agent* yang lain.

- a. *SIP softphone* (*SIP user agent* berupa *software*).
 1. 3CX Phone
 2. Kphone
 3. Linphone
 4. SJ-Phone
 5. X-Lite
- b. *SIP hardphone* (*SIP user agent* berupa *hardware*).
 1. *Analog Telephone Adaptor (ATA)*, seperti Linksys PAP2T, ATCOM AG 168, dan Wellgate 2504A
 2. *IP Phone* atau *ethernet phone*, seperti IPPH 301S dan Linksys SPA941
 3. *USB phone* seperti AU 100

6. SIP Server

SIP server merupakan komponen berupa aplikasi yang berfungsi sebagai *Proxy Server*, *Redirect Server* dan *Registrar Server*. Beberapa contoh SIP Server :

1. 3CX Phone System (<http://www.3cx.com>)

2. Asterisk (<http://www.asterisk.org>)
3. Axon (<http://nch.com.au/pbx>)
4. FreeSWITCH (<http://www.freeswitch.org>)
5. OnDo Brekeke (<http://www.brekeke.com>)
6. OpenSER, fork dari SER (<http://www.openser.org>)
7. SER, SIP Express Router (<http://iptel.org/ser>)
8. Yate (<http://yate.null.ro>)

2.5.2 Penamaan dan Pengalamatan SIP

Setiap *user* SIP dapat dibedakan secara unik menggunakan SIP *Uniform Resource Identifier (URI)* yang mirip dengan alamat email dimana *user name* dan *host name*. Bentuk umum URI adalah sebagai berikut :

sip:user@host:port

Sebagai contoh, alamat URI dari dion adalah *sip:dion@10.1.16.5:5060* dimana 10.1.16.5 merupakan *host* dari SIP *server*. Sebuah *host* dapat diidentifikasi dengan baik IPv4/IPv6 atau sebuah FQDN (*Fully Qualified Domain Name*).

2.6 Pengkodean Suara Di Jaringan VoIP

2.6.1 Codec (Coder Decoder)

Codec bisa diartikan sebagai alat dengan seperangkat aturan yang mengatur bagaimana sinyal suara analog diubah menjadi data digital. Alat yang dimaksudkan dapat diimplementasikan dalam bentuk *hardware* maupun *software*, dan aturan-aturan itu dapat berupa seperti, seberapa besar sinyal-sinyal suara analog itu di-*buffer* dalam sebuah *frame*, seberapa lama di-*buffer*, kemudian diproses dengan perhitungan matematis.

Codec mempengaruhi kebutuhan *bandwidth* untuk VoIP, semakin kecil *bit rate* sinyal digital yang dihasilkan *codec*, maka semakin baik *codec* tersebut. Namun perhitungan matematis yang dilakukannya menjadi semakin rumit dan ini mempengaruhi kualitas suara setelah di-*decode*.

Codec meng-*convert* sinyal analog menjadi digital untuk pemancaran melalui rangkaian data. Berikut adalah beberapa *codec* yang tersedia, antara lain:

- a. DoD CELP-4.8 Kbps
- b. GIPS-13.3 Kbps and up
- c. GSM-13 Kbps (full rate), 20 ms frame size
- d. iLBC-15 Kbps, 20 ms frame size; 13.3 Kbps, 30 ms frame size
- e. ITU G.711-64 Kbps, sample-based (alaw/ulaw)
- f. ITU G.722-48/56/64 Kbps
- g. ITU G.723.1-5.3/6.3 Kbps, 30 ms frame size
- h. ITU G.726-16/24/32/40 Kbps
- i. ITU G.728-16 Kbps
- j. ITU G.729-8 Kbps, 10 ms frame size
- k. Speex-2.15 to 44.2 Kbps

2.6.2 Standar Kompresi Data Suara

Sektor *International Telecommunication Union-Telecommunication (ITU-T)* membuat beberapa standar untuk *voice coding* yang direkomendasikan untuk implementasi VoIP. Beberapa standar yang sering dikenal antara lain:

- a. G.711

Sebelum mengetahui lebih jauh apa itu G.711 sebelumnya diberikan sedikit gambaran singkat fungsi dari kompresi. Sebuah kanal video yang baik tanpa dikompresi akan mengambil *bandwidth* sekitar 9 Mbps. Sebuah kanal suara (*audio*) yang baik tanpa dikompresi akan mengambil *bandwidth* sekitar 64 Kbps. Dengan adanya teknik kompresi, maka dapat menghemat sebuah kanal video menjadi sekitar 30 Kbps dan kanal suara menjadi 6 Kbps (*half-duplex*). Tentunya untuk kebutuhan konferensi dua arah dibutuhkan *double bandwidth*, minimal harus menggunakan kanal 64 Kbps ke internet. Dengan begitu *audio* akan memakan *bandwidth* jauh lebih sedikit dibanding pengiriman *video*.

G.711 adalah suatu standar Internasional untuk kompresi *audio* dengan menggunakan teknik *Pulse Code Modulation (PCM)* dalam pengiriman suara. PCM mengkonversikan sinyal analog ke bentuk digital dengan melakukan

sampling sinyal analog tersebut 8000 kali perdetik dan dikodekan dalam kode angka. Jarak antar sampel adalah 125 μ detik. Sinyal analog pada suatu percakapan diasumsikan berfrekuensi 300 Hz - 3400 Hz. Sinyal tersampel lalu dikonversikan ke bentuk diskrit. Sinyal diskrit ini direpresentasikan dengan kode yang disesuaikan dengan amplitudo dari sinyal sampel. Format PCM menggunakan 8 bit untuk pengkodeannya. Laju transmisi diperoleh dengan mengkalikan 8000 sampel perdetik dengan 8 bit persampel, menghasilkan 64.000 bit perdetik. *Bit rate* 64 Kbps ini merupakan standar transmisi untuk satu kanal telepon digital.

Percakapan berupa sinyal analog yang melalui jaringan PSTN mengalami kompresi dan pengkodean menjadi sinyal digital oleh PCM G.711 sebelum memasuki *VoIP gateway*. Pada *VoIP gateway*, di bagian terminal terdapat *audio codec* yang melakukan proses *framing* (pembentukan *frame datagram* IP yang dikompresi) dari sinyal suara terdigitasi (hasil PCM G.711) dan juga melakukan rekonstruksi pada sisi *receiver*. *Frame-frame* yang merupakan paket-paket informasi ini lalu ditransmisikan melalui jaringan IP dengan suatu standar komunikasi jaringan *packetbased*. Standar G.711 merupakan teknik kompresi yang memakan *bandwidth* 64 Kbps untuk kanal pembicaraan dan menghasilkan kualitas suara yang terbaik berdasarkan nilai MOS.

b. G.723.1

Pengkode sinyal suara G.723.1 adalah jenis pengkode suara yang direkomendasikan untuk terminal multimedia dengan bit rate rendah. G.723.1 memiliki dual *rate speech coder* yang dapat di-*switch* pada batas 5.3 Kbps dan 6.3 Kbps. Dengan memiliki dual *rate speech coder* ini maka G.723.1 memiliki fleksibilitas dalam beradaptasi terhadap informasi yang dikandung oleh sinyal, G.723.1 dilengkapi dengan fasilitas untuk memperbaiki sinyal suara hasil sintesis. Pada bagian *encoder* G.723.1 dilengkapi dengan *formant perceptual weighting filter* dan *harmonic noise shaping filter* sementara dibagian *decoder*-nya G.723.1 memiliki *pitch postfilter* dan *formant postfilter* sehingga sinyal suara hasil rekonstruksi menjadi sangat mirip dengan aslinya. Sinyal eksitasi untuk *bit rate* rendah dikodekan dengan *Algebraic Code Excited Linier Prediction (ACELP)*

sedangkan untuk rate tinggi dikodekan dengan menggunakan *Multipulse Maximum Likelihood Quantization (MP-MLQ)*. Rate yang lebih tinggi menghasilkan kualitas yang lebih baik. Masukan bagi G.723.1 adalah sinyal suara digital yang di-*sampling* dengan frekuensi sampling 8.000 Hz dan dikuantisasi dengan PCM 16 bit. *Delay algoritmik* dari G.723.1 adalah 37.5 msec (panjang *frame* ditambah *lookahead*), *delay* pemrosesannya sangat ditentukan oleh prosesor yang mengerjakan perhitungan – perhitungan pada algoritma G.723.1. Dengan menggunakan DSP prosesor maka *delay* pemrosesan dapat diperkecil. Selain itu, kompresi data suara yang direkomendasikan ITU adalah G.726, merupakan teknik pengkodean suara ADPCM dengan hasil pengkodean pada 40,32,24, dan 16 Kbps. G.728, merupakan teknik pengkodean suara CELP dengan hasil pengkodean 16 Kbps. G.729 merupakan pengkodean suara jenis CELP dengan hasil kompresi pada 8 Kbps. Berikut pada tabel 2.2 merupakan perbandingan beberapa teknik kompresi standar ITU-T.

Tabel 2.2 Perbandingan teknik-teknik kompresi standar *ITU-T*

Teknik Kompresi	Bit Rate (Kbps)	Sample Size (mz)	MOS
G.711 PCM	64	0.125	4.1
G.726 ADPM	32	0.125	3.85
G.728 LD-CELP	16	0.625	3.61
G.729 CS-ACELP	8	10	3.92
G.723.1 MP-MLQ	6.3	30	3.9
G.723 ACELP	5.3	30	3.65

(Sumber : Cisco Labs)

2.7 Quality Of Service (QoS)

Kualitas layanan atau *Quality of Service (QoS)* adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik data tertentu pada berbagai jenis platform teknologi. QoS tidak diperoleh langsung dari infrastruktur yang ada, melainkan diperoleh langsung dengan mengimplementasikannya pada jaringan bersangkutan (Onno, Tharom. 2001). Aplikasi VoIP merupakan aplikasi *real time*, sehingga tidak dapat mentolerir *delay* (dalam batasan tertentu) dan

packet loss. *Delay* dapat diminimalkan dengan menggunakan teknologi *packet switching* sebagai pengganti *data switching*.

Cara lain yang dapat ditempuh adalah mengoptimalkan penggunaan *bandwidth*, mengatur metode antrian yang dipakai dan menggunakan protokol-protokol manajemen untuk mengatur paket data yang dilewatkan. QoS pada VoIP adalah parameter-parameter yang menunjukkan kualitas paket data jaringan, agar didapatkan hasil suara sama dengan menggunakan telepon konvensional (PSTN). Beberapa parameter yang mempengaruhi QoS antara lain *latency* (keterlambatan data), *delay*, *jitter*, dan *packet loss* yang terjadi pada jaringan. Selain itu QoS juga dipengaruhi oleh pemenuhan kebutuhan *bandwidth*, jenis kompresi data, interoperabilitas peralatan (vendor yang berbeda) dan jenis standar multimedia yang digunakan (H.323/SIP/MGCP)

2.7.1 Latency

Latency adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu perangkat dari meminta hak akses ke jaringan sampai mendapatkan hak akses itu. Ada dua jenis *latency*, yaitu *real* dan *induced*. *Real latency* berhubungan dengan fisik jaringan dan karakteristik penyambungan dari media pengangkutannya, seperti pensinyalan elektriknya dan *clocked speed*, juga berhubungan dengan RTT (*Round Trip-time*) selama ditransmisikan dari sumber ke tujuan melalui berbagai perubahan kecepatan transmisi. *Induced latency* adalah delay yang terjadi akibat delay antrian pada peralatan jaringan (misalnya *Ethernet card router*), delay proses pada *end-systems*, dan *kongesti* lain jaringan antara sumber dan tujuan. Pada jaringan yang cukup besar delay antrian tidak dapat ditangani secara baik (misalnya penggunaan metode antrian yang berbeda pada tiap router)

2.7.2 Delay

Dalam jaringan VoIP, delay merupakan suatu permasalahan yang harus diperhitungkan karena bagus tidaknya suara tergantung dari waktu delay. Besarnya delay maksimum yang direkomendasikan oleh ITU untuk aplikasi suara adalah 150 ms, sedangkan delay maksimum dengan kualitas suara yang masih dapat diterima pengguna adalah 250 ms. *Delay end to end* adalah jumlah delay

konversi suara analog-digital, delay waktu paketisasi atau bisa disebut juga delay panjang paket dan delay jaringan pada saat t (waktu). Ada beberapa penyebab terjadinya delay antara lain :

- *Kongesti* (kelebihan beban data)
- Kekurangan pada metode *traffic shaping*
- Penggunaan paket-paket data yang besar pada jaringan berkecepatan rendah
- Adanya paket-paket data dengan ukuran berbeda – beda
- Perubahan kecepatan antar jaringan WAN
- Pemadatan *bandwidth* secara tiba-tiba

Trafik suara merupakan trafik *realtime* sehingga jika delay dalam pengiriman paket suara terlalu besar, ucapan yang disampaikan tidak dapat dikenali. Delay maksimum yang ditolerir pada transmisi sinyal suara sesuai dengan standar ITU G.114 yang direkomendasikan bahwa delay kumulatif harus \leq 150 mdetik (*one – way delay*)

a. Fixed delay

Fixed delay terbagi atas :

- Delay propagasi (*propagation delay*) adalah delay yang ditentukan oleh karakteristik jarak antara sumber dan tujuan, serta media transmisi yang digunakan untuk pengiriman sinyal suara. Delay jaringan untuk standar IEEE 802.3i (10BaseT) dapat dihitung dengan rumus berikut (Blanchard, 2001) :

$$Propagation\ delay = \frac{cablelength}{velocity\ of\ propagation} = \frac{cable\ length}{0,59c}$$

Kecepatan sinyal yang melalui kabel adalah $0.59c$, dimana c merupakan kecepatan cahaya = $3.108\ m/s$ (Blanchard, 2001).

- *Processing delay* merupakan delay yang diakibatkan oleh *coding*, kompresi, dekompresi dan *decoding* yang ditentukan oleh algoritma standar *codec*.

- *Packetization delay* adalah *delay* yang terjadi saat proses paketisasi sampel suara digital yang dibawa untuk ditempatkan pada payload sampai paket terisi penuh. Untuk mengurangi terlalu banyak delay paketisasi, biasanya digunakan beberapa skema kompresi seperti pembagian yang dapat dikirim.

b. Variabel delay

Delay variable dibagi menjadi :

- Delay antrian (*Queuing delay*) adalah *delay* akibat waktu tunggu paket yang dilayani pada sebuah trunk.
- *Delay Jitter buffer* adalah *delay* akibat adanya *buffer* untuk mengatasi *jitter*.

Untuk menghitung delay kumulatif dapat digunakan rumus :

$$Delay = \frac{total\ delay}{jumlah\ total\ paket}$$

2.7.3 Jitter

Jitter merupakan variasi *delay* yang terjadi akibat adanya selisih waktu atau interval antar kedatangan paket di penerima. Parameter ini dapat ditangani dengan mengatur metode antrian pada router saat terjadi kongesti atau saat perubahan kecepatan. Paket data yang datang dikumpulkan dulu dalam *jitter buffer* selama waktu yang telah ditentukan sampai paket dapat diterima pada sisi penerima dengan urutan yang benar. Hanya saja *jitter* tidak mungkin dihilangkan sebab metode antrian yang paling baik tetap saja tidak dapat mengatasi semua kasus antrian. Untuk meminimalisasi *jitter* ini, diusahakan agar pengiriman tiap-tiap paket data melalui jalur yang sama dan jangan sampai terjadi paket loss atau kongesti jaringan. Selain *jitter*, QoS juga dipengaruhi oleh *echo*. *Echo* disebabkan perbedaan impedansi dari jaringan yang menggunakan *four-wire* dengan *two-wire*. Efek *echo* adalah suatu efek yang dialami mendengar suara sendiri ketika sedang melakukan percakapan. Mendengar suara sendiri pada waktu lebih dari 25 ms dapat menyebabkan terhentinya pembicaraan.

Rumus untuk menghitung *jitter* :

$$Jitter = \frac{\text{jarak antar delay}}{\text{jumlah total jarak paket}}$$

2.7.4 Packet Loss

Loss packet (kehilangan paket data pada proses transmisi) terjadi ketika terdapat penumpukan data pada jalur yang dilewati pada saat beban puncak (*peak load*) yang menyebabkan kemacetan transmisi paket akibat padatnya trafik yang harus dilayani dalam batas waktu tertentu. Sehingga *frame* (gabungan data payload dan header yang di transmisikan) akan dibuang sebagaimana perlakuan terhadap *frame* data lainnya pada jaringan berbasis IP. Paket akan di drop di bawah beban puncak dan selama periode kongesti yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti kegagalan link transmisi atau kapasitas yang tidak mencukupi. Salah satu alternative solusi permasalahan di atas adalah membangun *link* antar *node* pada jaringan VoIP dengan spesifikasi dan dimensi dengan QoS yang baik dan dapat mengantisipasi perubahan lonjakan trafik hingga pada suatu batas tertentu.

Packet loss pada jaringan untuk untuk IP telephony sangat besar pengaruhnya, dimana bila terjadi *packet loss* dalam jumlah tertentu, akan menyebabkan terjadi interkoneksi TCP melambat (terlalu banyak pengulangan proses *handshake*). Biasanya packet loss sebesar 10% tidak bisa ditolerir (Onno, Tharom. 2001).

Packet loss dapat dihitung dengan rumus :

$$Packet\ loss = \frac{(\text{pakettotal tercapture} - \text{paketter kirim})}{\text{pakettotal tercapture}} \times 100\%$$

2.7.5 Penilaian Mean Opinion Score (MOS)

Untuk penilaian subjektif kualitas layanan VoIP adalah *Mean Opinion Score* (MOS), nilai-nilai subjektifnya diambil berdasarkan kepuasan pendengar dan pembicara disaat mengadakan hubungan VoIP. Untuk MOS, secara garis besar dapat dilihat tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Penilaian MOS terhadap kualitas layanan VoIP

Nilai MOS	Opinion Score untuk Tes Pembicaraan	Opinion Score untuk Tes Pendengaran
5	Excellent	Excellent (Sangat jelas dan sangat jernih)
4	Good	Good (Jelas dan Jernih)
3	Fair	Fair (Cukup jelas dan cukup jernih)
2	Poor	Poor (Tidak jelas dan tidak jernih)
1	Bad	Bad (Sangat tidak jelas dan sangat tidak jernih)

Data kuantitatif yang digunakan untuk menentukan MOS adalah dari sisi metode kompresi, yaitu *bandwidth* yang dihasilkan serta *delay* kompresi yang dihasilkan. Tabel penilaian MOS yang didapat dari sisi metode kompresi terdapat dalam tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Hubungan metode kompresi dan penilaian MOS

Metode kompresi	Bandwidth (Kbps)	Delay kompresi (mdetik)	Score MOS
G.711 PCM	64	0.75	4.1
G.726 ADPCM	32	1	3.85
G.728 LD – CELP	16	3 – 5	3.61
G.729 CS – ACELP	8	10	3.92
G.729A CS – ACELP	8	10	3.7
G.723.1 MPMLQ	6.3	30	3.9
G.723.1 ACELP	5.3	30	3.65

2.8 Studi Literatur

Beberapa literatur yang digunakan penulis dalam penyusunan skripsi ini antara lain :

1. Sudiarta, Pande Ketut 2009. **Penerapan Teknologi VoIP Untuk Mengoptimalkan Penggunaan Jaringan Intranet Kampus Universitas Udayana.** Vol 8 No.2.

Meneliti dan menganalisa tentang pengembangan infrastruktur telefoni berbasis VoIP dengan memanfaatkan jaringan intranet kampus, dalam upaya efisiensi biaya telekomunikasi di Universitas Udayana. Kekurangan pada penelitian ini yaitu media yang digunakan untuk berkomunikasi antar klien berupa kabel. Adapun untuk menjangkau klien yang menggunakan handphone masih melalui operator telepon yang artinya masih terkena biaya.

2. Syafindra, Risky Agri. **Analisa Performansi Dan Kualitas Kanal VoIP Pada Sistem Embedded Wireless Berbasis 802.11 G.**

Dalam penelitian ini, dibuat VoIP server yang ditanamkan pada *access point* yaitu *firmware OpenWrt* dan aplikasi *Astersik*. , sehingga klien dapat menggunakan telepon digital (*softphone*) seperti : IP phone maupun telepon seluler yang mempunyai fasilitas wifi. Kekurangannya yaitu pada kualitas kinerja *server* yang kurang maksimal karena ditanam pada *access point* dibandingkan dengan *server* yang ditanam pada *personal computer*.

3. Ilma, Urida Zidni 2011. **Rancang Bangun Dan Analisa Quality Of Services (QoS) Pada Sistem Voice Over Internet Protocol (VoIP) Menggunakan Open Source Elastix.** (<http://uridadotzidni.blogdetik.com>)

Dalam penelitian ini, jaringan VoIP dibangun menggunakan server Elastix yang bekerja pada system operasi Linux. Hal ini masih dianggap sulit bagi sebagian masyarakat di Indonesia yang sudah terbiasa menggunakan sitem operasi *microsoft windows*.