

**RANCANGAN AWAL IMPLEMENTASI
DISTRIBUTED QUEUE DUAL BUS (DQDB)
PADA JARINGAN AREA KAMPUS
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

*THE DISTRIBUTED QUEUE DUAL BUS (DQDB)
PRE-IMPLEMENTATION PLAN
AT THE HASANUDDIN UNIVERSITY
CAMPUS-WIDE AREA NETWORK*

TAN SURYANI SOLLU

Nomor Pokok : P2700205018



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2007**

**RANCANGAN AWAL IMPLEMENTASI
DISTRIBUTED QUEUE DUAL BUS (DQDB)
PADA JARINGAN AREA KAMPUS
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi

Disusun dan diajukan oleh

TAN SURYANI SOLLU

Nomor Pokok : P2700205018

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR
2007**

TESIS

RANCANGAN AWAL IMPLEMENTASI *DISTRIBUTED QUEUE DUAL BUS (DQDB)* PADA JARINGAN AREA KAMPUS UNIVERSITAS HASANUDDIN

Disusun dan diajukan oleh

TAN SURYANI SOLLU

Nomor Pokok : P2700205018

telah dipertahankan didepan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 30 Agustus 2007

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat,

Dr. Ir. Rhiza S. Sadjad, MSEE

Ketua

Ketua Program Studi
Teknik Elektro,

Dr.Ir. Salama Manjang, M.T

Drs. Suarga, M.Math.,M.Sc.,Ph.D

Anggota

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,

Prof.Dr.dr. A. Razak Thaha, M.Sc

ABSTRAK

TAN SURYANI SOLLU. *Rancangan Awal Implementasi Distributed Queue Dual Bus (DQDB) pada Jaringan Area Kampus Universitas Hasanuddin* (dibimbing oleh **Rhiza S. Sadjad** dan **Suarga**).

Jaringan Area Kampus Universitas Hasanuddin saat ini menggunakan *shielded twisted-pair* (STP) sebagai jaringan tulang punggung (*backbone*) dengan modem *Symmetric High-data rate Digital Subscriber Line* (SHDSL). Topologi jaringan yang digunakan adalah topologi bintang (*star*) yang menghubungkan 6 (enam) *cluster* dari *local area network* seluruh kampus, yang secara keseluruhan terhubung ke internet melalui beberapa *gateway*. Kondisi *existing* ini disimulasikan dengan program *Network Simulator 2.31*. Parameter utama simulasi adalah *bandwidth*, *delay* propagasi, dan manajemen antrian yang bervariasi pada setiap *link*, bersumber dari data aktual yang termonitor pada *Network Control Center* (NCC) Pusat Informasi Universitas (PIU). Data dikumpulkan menggunakan program *Multi-Router Traffic Grapher* (MRTG) dan *ping* yang tersedia pada NCC.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi kondisi “*bottleneck*” pada *link* yang menghubungkan *node 7* dan *node 12* pada jaringan *existing*. *Link* tersebut menghubungkan lima *cluster* ke internet. Hal ini diindikasikan dengan *drop* paket yang cukup besar akibat terjadinya “*collision*”, *delay* meningkat dan *throughput* yang diinginkan menurun.

Sebuah alternatif menggunakan serat optik untuk konfigurasi dasar jaringan diusulkan dalam penelitian ini. Topologi yang diusulkan menggunakan topologi *ring* sebagai pengganti topologi *star*. *Distributed Queue Dual Bus* (DQDB) yang merupakan protokol standar IEEE 802.6 diusulkan untuk diimplementasikan guna mengeliminasi kondisi “*bottleneck*” pada jaringan *existing*. Sebuah medium transmisi *dual-ring* serat optik *single mode* dengan panjang gelombang 1310 nm diusulkan menggantikan jaringan STP. Panjang total kabel serat optik yang digunakan diperkirakan 2,64 km dengan total redaman sekitar 7 dB.

Kata kunci: jaringan komputer, simulasi, *delay*, *throughput*, DQDB (*distributed queue dual bus*)

ABSTRACT

TAN SURYANI SOLLU. *The Distributed Queue Dual Bus (DQDB) Pre-implementation Plan at the Hasanuddin University Campus-Wide Area Network* (supervised by **Rhiza S. Sadjad** and **Suarga**).

The Hasanuddin Universitas Campus-Wide Area Network is currently utilizing a shielded twisted-pair (STP) network backbone connected by Symmetric High-data rate Digital Subscriber Line (SHDSL) modems. The network topology is a star connection of 6 (six) clusters of local area network throughout the campus, all of which are linked together to the Internet via multiple gateways. This existing condition is presented using Network Simulator 2.31 software package. The main simulation parameters are bandwidth, propagation delay, and the variation of queuing management at each link, derived from actual data monitored at the University Information Center (*Pusat Informasi Universitas*, PIU) Network Control Center (NCC). Data are collected using Multi-Router Traffic Grapher (MRTG) dan ping software facilities available at the NCC.

The simulation has shown that there is a “bottleneck” situation at the link between node 7 and node 12 of the existing network, which is the link connecting all five clusters to the internet. This is indicated by the large number of packet-drops due to the collisions, increasing delay and very low throughput.

An alternative of using a fibre-optic based network configuration is proposed in this research project. The proposed topology is a ring topology instead of the star. The Distributed Queue Dual Bus (DQDB) standard protocol IEEE 802.6 is proposed to be implemented in order to eliminate the “bottleneck” situation of the existing network. A dual-ring single-mode fiber-optic transmission with the wavelength of 1310 nm is proposed to replace the STP network. The estimate total length of fiber-optic cable required is 2,64 km with the total loss of approximately 7 dB.

Key word : computer network, simulation, propagation delay, throughput, DQDB (distributed queue dual bus)

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
E. Ruang Lingkup/Batasan Penelitian.	6
F. Sistematika Pembahasan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Jaringan Komputer	8
1. Topologi jaringan komputer	8
2. <i>Local area network</i> (LAN)	9
3. <i>Metropolitan area network</i> (MAN)	12
4. Internet dan protokol TCP/IP	13
5. Perangkat keras jaringan komputer	16
6. Media transmisi	22

B. Jaringan Area Kampus Unhas	27
1. Pengelompokan LAN (<i>cluster</i>)	29
2. <i>Twisted pair</i>	29
3. Modem SHDSL	30
4. <i>S w i t c h</i>	30
C. Arsitektur DQDB	31
D. Kelebihan DQDB	33
1. <i>Bandwidth sharing</i>	33
2. Cakupan geografi	33
3. Membentuk jaringan tulangpunggung (<i>backbone</i>). .	34
4. Kemampuan multimedia	35
5. Sistem antrian terdistribusi	35
6. Mengatasi beberapa masalah jaringan	36
E. Posisi DQDB dalam Model OSI	37
F. DQDB dengan <i>Bandwidth Balancing</i>	39
G. Antrian Terdistribusi <i>Medium Access Control</i>	42
1. <i>Access control field</i>	43
2. <i>Segment header</i>	44
3. <i>P a y l o a d</i>	45
4. RQ (<i>request counter</i>) dan CD (<i>countdown counter</i>)...	45
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	48
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	48
B. Jenis dan Sumber Data	48
C. Prosedur Simulasi	49
1. Prosedur instalasi perangkat lunak simulasi	49
2. <i>Network Simulator2.31 (NS-2.31)</i>	49
3. Prosedur penggunaan perangkat lunak simulasi. . .	50

D. Kerangka Pikir Penelitian	54
BAB IV ANALISIS HASIL SIMULASI JARINGAN	58
A. Tampilan dan Kejadian dalam Simulasi	58
B. Analisis <i>Delay</i> pada Simulasi Jaringan	63
C. Analisis <i>Throughput</i> pada Simulasi Jaringan	69
D. Identifikasi Masalah yang Terjadi dalam Jaringan	80
BAB V RANCANGAN <i>DISTRIBUTED QUEUE DUAL BUS</i> (DQDB) PADA JARINGAN AREA KAMPUS UNHAS	82
A. Kelebihan DQDB untuk penanganan masalah jaringan	82
1. <i>Sharing bandwidth</i> 150 Mbps	82
2. Topologi <i>dual ring</i> dengan <i>two-unidirectional</i>	83
3. Medium transmisi serat optik	83
4. Sistem antrian terdistribusi	84
5. Jangkauan mencapai diameter	85
6. Terstandarisasi IEEE 820.6	85
7. Kemampuan multimedia	85
B. Perancangan	86
1. Topologi jaringan dengan arsitektur DQDB	86
2. Panjang saluran transmisi antar node	88
3. Ketentuan perancangan sistem	90
C. Perhitungan <i>Link Loss Budget</i>	92
D. Implementasi	95

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	97
B. Saran-saran	98

DAFTAR PUSTAKA	100
-----------------------	-------	-----

L A M P I R A N

1. <i>Listing</i> program	102
2. Penggalan hasil <i>trace file</i> simulasi	110
3. Hasil rekaman MRTG (<i>Multi Router Traffic Graphe</i>)		112

DAFTAR TABEL

nomor	halaman
1. Daftar kategori <i>twisted pair</i>	23
2. Perbandingan karakteristik sumber cahaya	25
3. Karakteristik detektor cahaya	27
4. Pembagian <i>cluster</i> pada jaringan area kampus Unhas	29
5. Orientasi koneksi DQDB	47
6. Daftar nomor <i>node</i> dalam simulasi	53
7. Penggalan hasil <i>trace file</i> untuk <i>packet id 534</i>	61
8. Hubungan antara <i>delay</i> rata-rata terhadap <i>throughput</i> pengiriman bit dari <i>node 0</i> ke <i>node 2</i> dan <i>node 1</i> ke <i>node 4</i>	64
9. Hubungan antara <i>delay</i> rata-rata terhadap <i>throughput</i> pengiriman bit dari <i>node 7</i> ke <i>node 12</i> dan <i>node 11</i> ...	66
10. <i>Throughput</i> pengiriman, penerimaan dan <i>dropping</i> bit pada <i>node 1</i> (<i>Asti-Net</i>), <i>bandwidth 2 Mbps</i>	70
11. <i>Throughput</i> pengiriman, penerimaan dan <i>dropping</i> bit pada <i>node 12</i> (<i>switch-4</i> , terletak di Lt. 8 Rektorat)	73
12. <i>Throughput</i> pengiriman, penerimaan dan <i>dropping</i> bit pada <i>node 11</i> (<i>switch-3</i> , terletak di Lt. 8 Rektorat)	74
13. <i>Throughput</i> pengiriman, penerimaan dan <i>dropping</i> bit pada <i>node 7</i> (<i>switch-2</i> , terletak di Sisdiksat)	76
14. Total <i>throughput</i> pengiriman, penerimaan dan <i>dropping</i> bit .	77
15. Panjang saluran transmisi antar <i>node</i>	89
16. Perhitungan redaman total jaringan serat optik	94

DAFTAR GAMBAR

nomor		halaman
1.	Topologi <i>existing</i> jaringan area Kampus Unhas (Juni 2007) . .	4
2.	Topologi <i>cluster</i>	5
3.	Beberapa topologi fisik jaringan	9
4.	<i>Layer</i> protokol IEEE 802 dibandingkan dengan Model OSI .	10
5.	Hubungan protokol-protokol dalam LAN	11
6.	Skema <i>metropolitan area network</i> (MAN)	13
7.	Susunan protokol TCP/IP dan model OSI	14
8.	Perangkat keras dalam topologi jaringan	16
9.	Contoh NIC Ethernet	18
10.	<i>Hub</i> sebagai konsentrator	19
11.	Penggunaan <i>hub</i> dan <i>bridge</i>	20
12.	<i>Twisted Pair</i>	24
13.	Bagian-bagian serat optik	26
14.	Arsitektur sebuah jaringan DQDB	31
15.	Topologi akses <i>bus</i> DQDB	32
16.	Hubungan <i>layer-layer</i> IEEE 802 dengan <i>layer</i> OSI	37
17.	Akses <i>layer</i> ke jaringan DQDB	38
18.	Algoritma DQDB dengan <i>bandwidth balancing</i>	40
19.	Struktur <i>slot</i> DQDB	43
20.	<i>Header</i> (ACF dan segmen <i>header</i>) lima oktet	43

21.	<i>Node X</i> , tanpa segmen yang akan transmit	46
22.	<i>Node X</i> , dengan segmen yang akan transmit	46
23.	Simulasi jaringan area Kampus Unhas dengan NS-2.31	52
24.	Bagan alir kerangka pikir penelitian	56
25.	Tampilan hasil simulasi dengan antrian dan <i>drop</i> paket	59
26.	Hubungan antara <i>delay</i> rata-rata terhadap <i>throughput</i> pengiriman bit dari <i>node 0</i> ke <i>node 2</i> dan <i>node 1</i> ke <i>node 4</i>	64
27.	Hubungan antara <i>delay</i> rata-rata terhadap <i>throughput</i> pengiriman bit dari <i>node 7</i> ke <i>node 12</i> dan <i>node 11</i>	65
28.	Hubungan antara <i>delay</i> rata-rata terhadap <i>throughput</i> pengiriman bit dari <i>switch-4</i> ke <i>server cluster</i>	67
29.	<i>Delay end to end</i> terhadap <i>throughput</i> pengiriman bit	68
30.	<i>Delay end to end</i> terhadap <i>throughput</i> penerimaan bit	68
31.	<i>Throughput</i> penerimaan bit pada <i>node 0</i> (Indosat-net), <i>bandwidth</i> 1,5 Mbps	69
32.	<i>Throughput</i> pengiriman, penerimaan dan <i>dropping</i> bit pada <i>node 1</i> (Indosat-net), <i>bandwidth</i> 1,5 Mbps	71
33.	<i>Throughput</i> pengiriman dan penerimaan bit pada <i>node 6</i> (<i>Proxy</i>)	71
34.	<i>Throughput</i> pengiriman, penerimaan dan <i>dropping</i> bit pada <i>node 12</i> (<i>switch-4</i> , terletak di Lt.8 Rektorat)	72
35.	<i>Throughput</i> pengiriman, penerimaan dan <i>dropping</i> bit pada <i>node 11</i> (<i>switch-3</i> , terletak di Lt.8 Rektorat)	72
36.	<i>Throughput</i> pengiriman, penerimaan dan <i>dropping</i> bit pada <i>node 7</i> (<i>switch-2</i> , terletak di Sisdiksat)	75
37.	Total <i>throughput</i> pengiriman, penerimaan dan <i>dropping</i> bit	75
38.	<i>Throughput</i> pengiriman bit pada <i>cluster-cluster</i>	78
39.	<i>Throughput</i> penerimaan bit pada <i>cluster-cluster</i>	78

40.	<i>Throughput dropping</i> bit pada <i>node</i> 1,7,11,12	79
41.	Arah <i>bus</i> A dan <i>bus</i> B berlawanan	83
42.	Pengiriman berbagai jenis trafik pada <i>slot</i> DQDB	85
43.	Topologi jaringan <i>backbone</i> pada jaringan area Kampus Unhas	87
44.	Panjang transmisi untuk serat optik	89
45.	Potongan serat optik jenis kabel udara/gantung	90
46.	Grafik redaman vs panjang gelombang serat optik <i>single mode step index</i>	91
47.	Contoh konektor dan sambungan serat optik	92

DAFTAR LAMPIRAN

nomor		halaman
1.	<i>Listing</i> program	102
2.	Penggalan hasil <i>trace file</i> simulasi	110
3.	Hasil rekaman MRTG (<i>Multi Router Traffic Grapher</i>)	112

DAFTAR SINGKATAN

ACF	: <i>Access Control Field</i>
DQDB	: <i>Distributed Queue Dual Bus</i>
FIFO	: <i>First in first out</i>
HOB	: <i>Head Of Bus</i>
HCS	: <i>Header Check Sequence</i>
IEEE	: <i>Institute of Electrical and Electronic Engineering</i>
IP	: <i>Internet Protocol</i>
ISDN	: <i>Integrated Service Digital Network</i>
ISO	: <i>International Standard Organization</i>
LAN	: <i>Local Area Network</i>
MAN	: <i>Metropolitan Area Network</i>
MAC	: <i>Medium Access Control</i>
MRTG	: <i>Multi Router traffic Grapher</i>
NIC	: <i>Network Interface Card</i>
OSI	: <i>Open System Interconnection</i>
PIN	: <i>Positive Intrinsic Negative</i>
SHDSL	: <i>Symmetric High-data rate Digital Subscriber Line</i>
STP	: <i>Shielded Twisted Pair</i>
TCP	: <i>Transmission Control Protocol</i>
UTP	: <i>Unshielded Twisted Pair</i>
VCI	: <i>Virtual Channel Identifier</i>

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

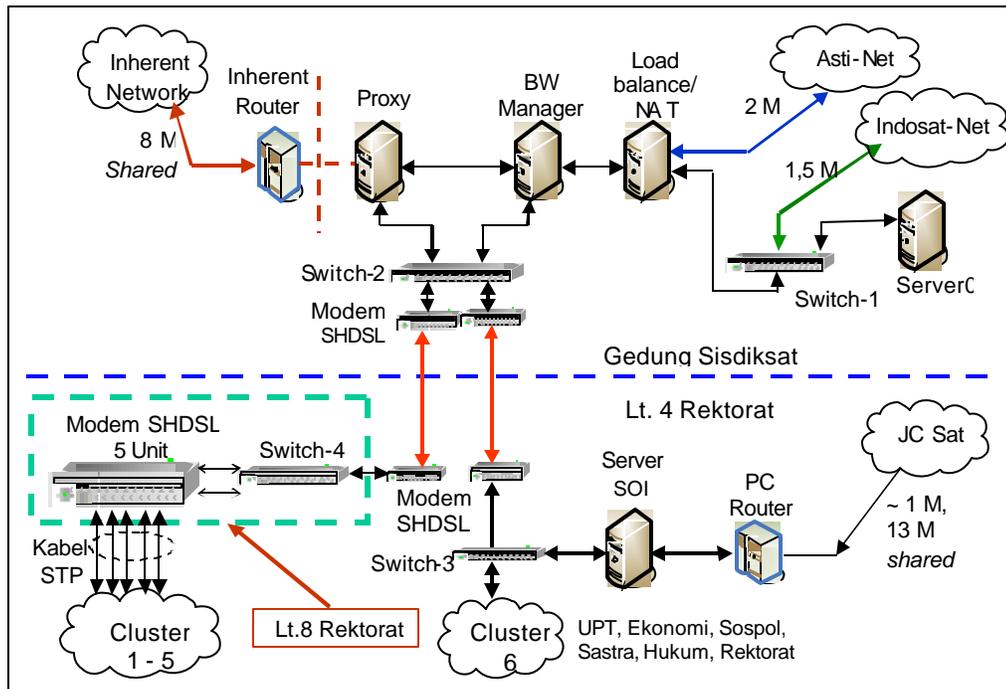
Saat tulisan ini dibuat, jaringan area Kampus Unhas terbagi atas 6 *cluster* dengan topologi bintang, dimana modem-modem SHDSL (*Symmetric High-data rate Digital Subscriber Line*) yang terletak di ruang PABX lantai 8 Rektorat Unhas terhubung melalui kabel *shielded twisted pair* (STP) ke pasangan masing-masing modem SHDSL yang terdapat di setiap *cluster*. Pelayanan *e-mail* dilayani oleh server0 (server untuk unhas.ac.id), sedangkan untuk layanan internet yang kontinyu disediakan oleh Indosat-net dengan *bandwidth* 1,5 Mbps dan Asti-net dengan *bandwidth* 2 Mbps. Server Unhas beserta komponen lainnya, seperti *proxy* (*cache*), *bandwidth manager*, *load balance*, 2 buah *switch* dan 2 buah modem berada lantai 2 gedung Sisdiksat. Sedangkan router SOI, *switch*, dan server SOI (*School of Internet*) yang terhubung ke JC Sat dengan *bandwidth* ~1Mbps (10 Mbps *shared*, hanya untuk komunikasi *downlink*), terletak di lantai 4 Rektorat Unhas (lihat gambar 1). Komponen-komponen tersebut di atas penempatannya terpisah dalam gedung dan ruangan yang berbeda, sehingga pengontrolan dari komponen penting ini dilakukan secara terpisah. Media transmisi antar komponen diluar ruangan menggunakan STP, dan dalam ruangan yang sama menggunakan UTP.

Selain kedua ISP (*internet service provider*) tersebut diatas, ada Inherent (*Indonesian Higher Education Network*) dengan *bandwidth* 8 Mbps yang digunakan *sharing* dengan 32 perguruan tinggi di 31 propinsi di Indonesia, digunakan sewaktu-waktu sesuai program dan peruntukannya.

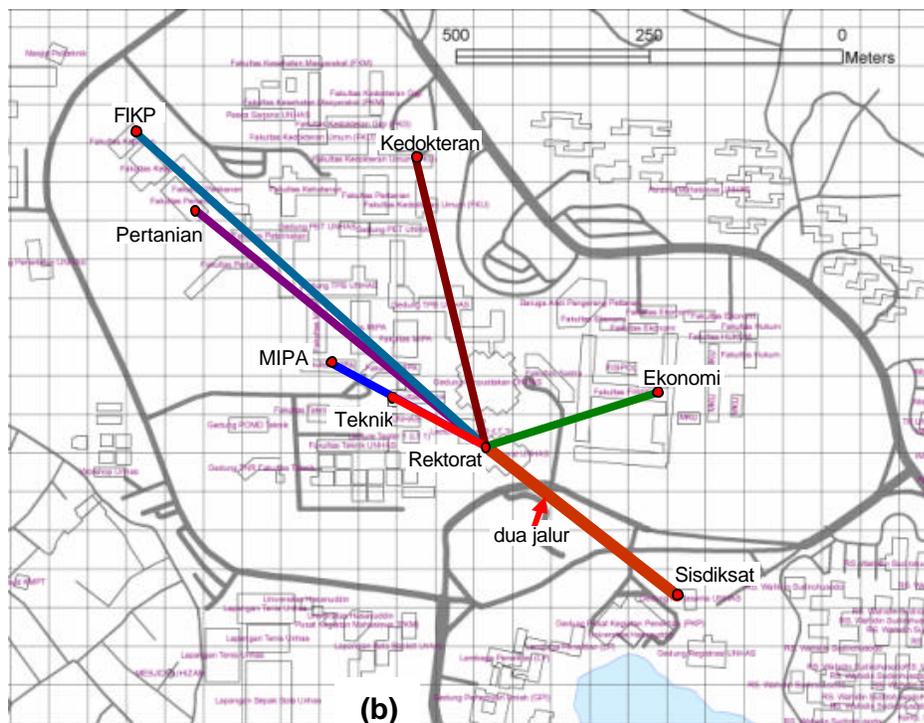
Propagation delay sangat bervariasi pada setiap *cluster* dan cenderung meningkat pada jam-jam sibuk, hal ini menyebabkan kecepatan pengiriman data berkurang (menjadi lambat). Dari hasil penelitian awal, diperoleh jam-jam sibuk yaitu antara jam 10.00 sampai 16.00 wita. Kemacetan ini terjadi diperkirakan, antara lain karena meningkatnya pengguna dan protokol yang digunakan tidak menerapkan sistem antrian terhadap *node* yang akan mengakses jaringan. Jumlah pengguna (faktor utilitas) yang terus bertambah dan kebutuhan akan komunikasi multimedia membutuhkan *bandwidth* yang cukup besar sementara *bandwidth* yang tersedia relative tetap.

Selain penelitian terhadap sistem komunikasi jaringan area Kampus Unhas yang ada saat ini, akan dilakukan simulasi untuk melihat dan menganalisis kinerja jaringan *existing*. Analisis dan simulasi menggunakan program *Network Simulator 2 (NS-2)* versi 2.31 yang direalisasikan 8 Maret 2007. Program simulator ini dikembangkan oleh The VINT (*Virtual Internet Testbed*) Project yaitu sebuah tim riset gabungan yang beranggotakan tenaga ahli dari LBNL (*Lawrence Berkeley of Nasional Laboratory*), Xerox PARC, UC Berkeley dan USC/ISI.

Selanjutnya akan dirancang suatu sistem DQDB dan tinjauan secara teoritis bagaimana jika sistem DQDB diimplementasikan pada jaringan area Kampus Unhas. Arsitektur DQDB terdiri dari dua *bus* dengan arah yang berlawanan, didesain untuk mendukung pertukaran data, suara dan video. DQDB mengirimkan data dalam *slot* dengan ukuran yang tetap, yakni 53 oktet, terdiri dari 5 oktet *header* dan 48 oktet *payload*. Algoritma DQDB menerapkan sistem antrian terdistribusi dan dikembangkan pertama kali oleh Robert Newman tahun 1980 dalam disertasi Ph.D pada University of Western Australia (Wikipedia, 2007) dan selanjutnya distandarisasi oleh IEEE 802.6 sejak tahun 1990. Banyak peneliti telah mengembangkan DQDB standar ini sebagai protokol *medium access control* (MAC). Kelebihan dari DQDB standar yaitu metode yang digunakan lebih sederhana, namun mempunyai kelemahan yakni tidak dapat menyediakan tingkat pelayanan yang adil kepada setiap *node*, khususnya selama periode *heavy load* yaitu keadaan dimana setiap *node* selalu sibuk, untuk mengatasi hal ini standar IEEE telah mengikutkan mekanisme *bandwidth balancing* kedalam standar IEEE 802.6 (Hahne,1992 dan Khaled,1997). Arsitektur DQDB ini akan membentuk jaringan tulang punggung (*backbone*) sebagai penghubung antar cluster, dengan menggunakan media transmisi serat optik dan *distributed queue dual bus medium access control* (DQDB-MAC).

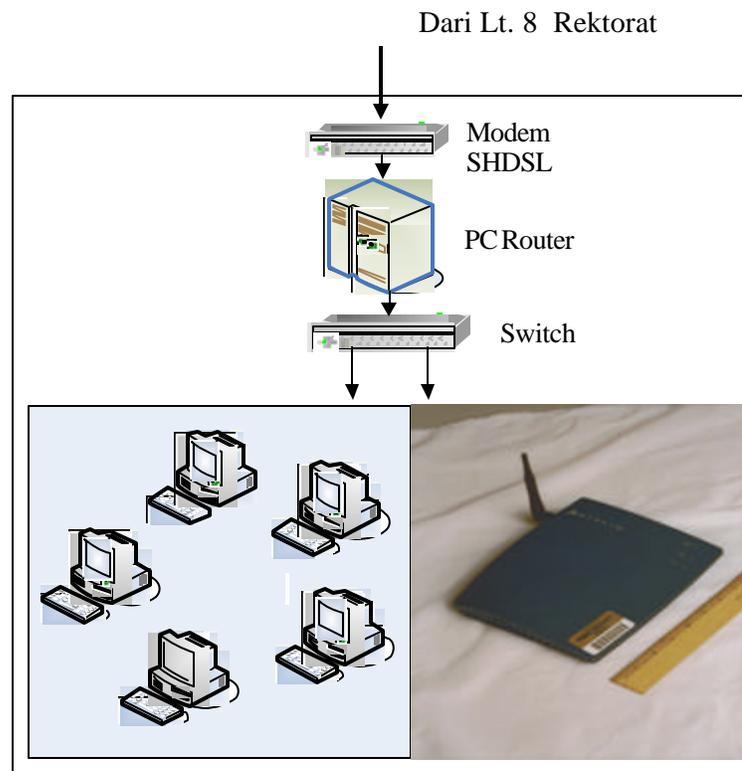


(a)



(b)

Gambar 1. Topologi *existing* Jaringan Area Kampus Unhas (Juni 2007)
 (a) Hubungan antar komponen (b) Jalur pengkabelan



Gambar 2. Topologi *cluster*

B. Rumusan Masalah

Permasalahan yang muncul dari latar belakang di atas dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat simulasi jaringan area Kampus Unhas (*existing*) dengan Network Simulator 2.31 ?
2. Bagaimana karakteristik hasil simulasi jaringan area Kampus Unhas ?
3. Bagaimana implementasi sistem DQDB dapat mengatasi masalah yang terjadi pada jaringan area Kampus Unhas ?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis karakteristik hasil simulasi jaringan area Kampus Unhas.
2. Merancang sistem DQDB dan menganalisis secara teoritis implementasi sistem DQDB pada jaringan area Kampus Unhas.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Dari hasil analisis dan simulasi, diperoleh karakteristik jaringan area Kampus Unhas meliputi *throughput* dan *delay*, serta rancangan sistem DQDB sebagai satu solusi mengatasi terjadinya kemacetan.
2. Dapat dijadikan bahan pertimbangan/masukan bagi pihak institusi (Unhas) untuk pengembangan jaringan area Kampus Unhas.

E. Ruang Lingkup / Batasan Penelitian

Lingkup penelitian ini dibatasi pada:

- a. Simulasi trafik internet melalui Indosat-net, Asti-net dan *proxy* yang terukur pada *load balance* server Unhas.
- b. Diasumsikan bahwa komunikasi yang terjadi menggunakan kabel (*wireline*).
- c. Rancangan DQDB pada jaringan area Kampus Unhas, hanya ditinjau secara teoritis.

F. Sistematika Pembahasan

Bab I, berisi pendahuluan yang menguraikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian serta ruang lingkup/batasan penelitian yang dilakukan.

Bab II, berisi tinjauan pustaka dari berbagai sumber dan peneliti terdahulu yang mendasari penelitian ini. Membahas jaringan komputer, komponen jaringan area Kampus Unhas, arsitektur dan kelebihan DQDB, orientasi koneksi dan posisi DQDB dalam model OSI, DQDB dengan *bandwidth balancing*, serta antrian terdistribusi *medium access control*.

Bab III, menguraikan tentang metodologi penelitian, terdiri dari: lokasi dan waktu penelitian, jenis dan sumber data, prosedur simulasi, dan kerangka penelitian yang dijadikan alur pikir dalam penelitian, pembahasan hasil simulasi dan perancangan.

Bab IV, menganalisis hasil simulasi jaringan *existing* Unhas, terdiri dari : tampilan dan kejadian dalam simulasi, analisis *delay dan throughput* serta identifikasi masalah yang terjadi dalam jaringan *existing*.

Bab V, membahas tentang kelebihan DQDB untuk penanganan masalah jaringan, rancangan sistem *Distributed Queue Dual Bus* (DQDB) pada jaringan area Kampus Unhas, dan perhitungan *link loss budget* serta implementasi.

Bab VI, berisi simpulan dari hasil penelitian, pembahasan dan perancangan serta saran-saran untuk penelitian lanjutan dan kemajuan jaringan *existing* Unhas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

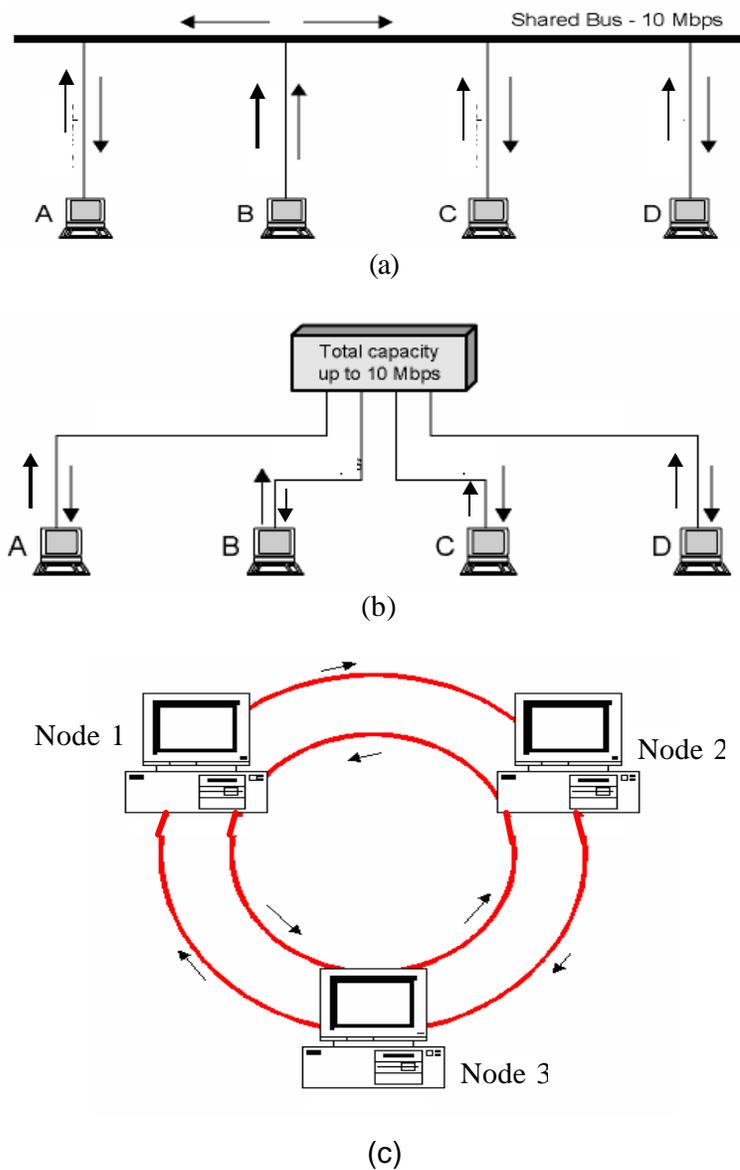
A. Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah sebuah kumpulan komputer, printer dan peralatan lainnya yang terhubung dalam satu kesatuan. Informasi ditransmisikan melalui kabel-kabel atau tanpa kabel sehingga memungkinkan pengguna jaringan komputer dapat saling bertukar dokumen dan data, mencetak pada printer yang sama dan bersama-sama menggunakan *hardware/software* yang terhubung dengan jaringan. Setiap komputer, printer atau periferal yang terhubung dengan jaringan disebut *node*. Sebuah jaringan komputer dapat memiliki dua, puluhan, atau ribuan *node*.

1. Topologi Jaringan Komputer

Topologi adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan bagaimana komputer terhubung dalam suatu jaringan. Secara fisik topologi jaringan dapat berupa :

- a. Topologi *bus*, semua *node* disambungkan secara langsung ke suatu media transmisi linear (*bus*).
- b. Topologi *ring*, menggunakan koneksi antar *node* berbentuk melingkar.
- c. Topologi *star*, menggunakan konsentrator untuk koneksi ke semua *node*, konsentrator ini dapat berupa *hub* ataupun *switch*.

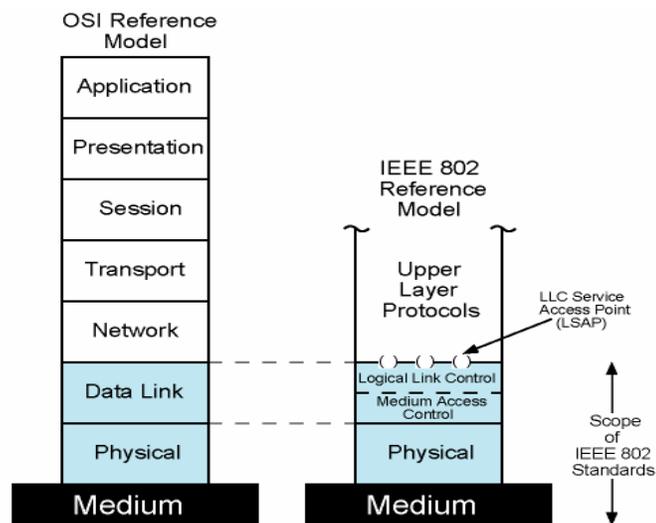


Gambar 3. Beberapa topologi fisik jaringan
(a) *bus* (b) *star* (c) *ring*

2. Local Area Network (LAN)

Local Area Network (LAN), merupakan jaringan komputer pribadi atau *workstation* dalam suatu kantor perusahaan atau pabrik-pabrik untuk memakai bersama sumberdaya (*resource*), misalnya printer dan dapat

saling bertukar informasi. Secara garis besar, LAN adalah sebuah jaringan komunikasi antar komputer yang bersifat lokal, dikontrol oleh suatu kekuasaan administratif, dan pengguna dalam sebuah LAN dianggap dapat dipercaya, biasanya mempunyai kecepatan yang tinggi dan data dalam semua komputer dapat di *sharing*.



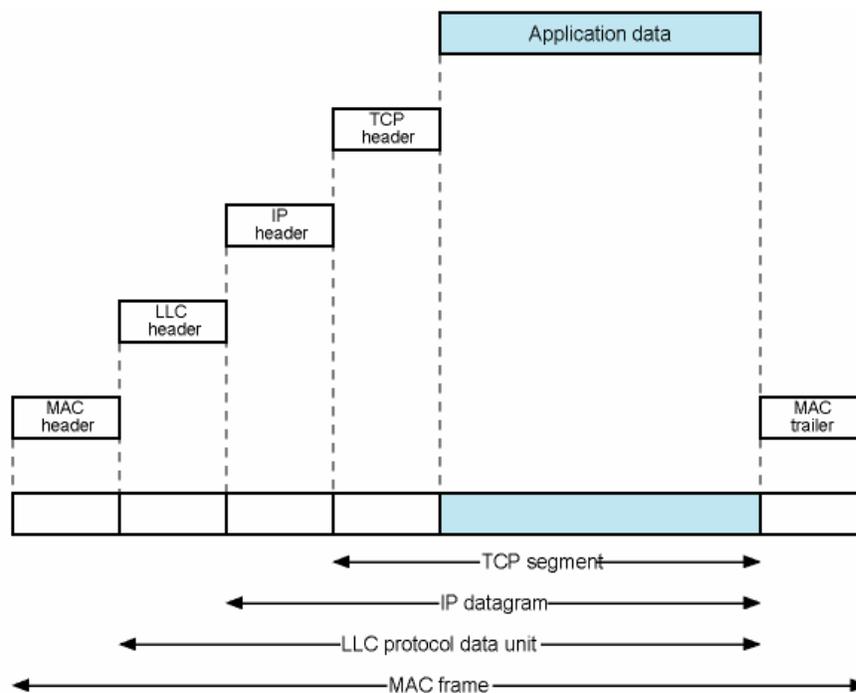
Gambar 4. Layerprotokol IEEE 802 dibandingkan dengan model OSI (Stallings, 2004 hal. 513)

IEEE 802 merupakan standarisasi untuk LAN. Fungsi-fungsi dari *layer* IEEE 802 yang dapat dipetakan ke model OSI, sebagai berikut (Stallings, 2004) :

- a. *Physical Layer*, yang meliputi : *encoding/decoding* sinyal, pembangkitan *preamble* dan transmisi bit, termasuk spesifikasi medium transmisi dan topologi.
- b. *Data Link Layer* dipisahkan menjadi dua bagian yaitu *medium access control* (MAC) dan *logical link control* (LLC). Dalam layer 2 tradisional

(*data link control*) tidak ditemukan *logic* yang dibutuhkan untuk mengolah akses ke *shared-medium*.

Data dari level yang lebih tinggi diteruskan ke *layer* LLC, yang kemudian menambahkan informasi kontrol sebagai *header*, untuk membentuk LLC *protocol data unit* (PDU). Seluruh LLC PDU kemudian dilewatkan ke lapis MAC, yang menambahkan informasi kontrol di depan dan belakang paket, untuk membentuk *frame* MAC.



Gambar 5. Hubungan protokol-protokol dalam LAN
(Stallings, 2004 hal. 515)

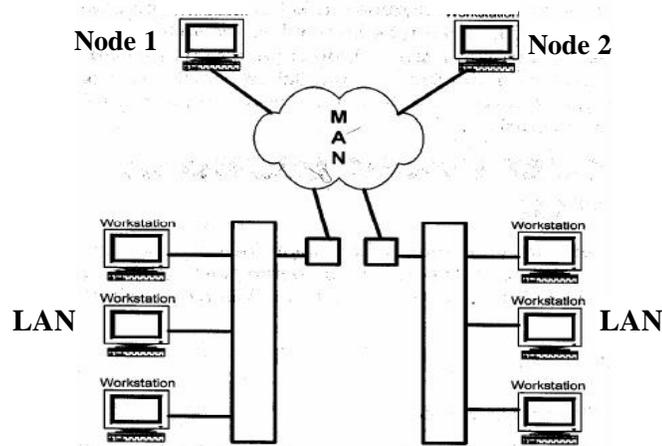
Salah satu arsitektur LAN yang sangat terkenal dan penggunaannya sangat luas adalah Ethernet, pertama kali dikembangkan oleh Xerox kemudian diperluas pengembangannya oleh Intel Corp Digital Equipment dan Xerox. Metoda akses yang digunakan dalam Ethernet LAN

disebut *carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD)*. Prinsipnya, sebelum komputer/*device* mengirim data, komputer tersebut “menyimak/mendengar” dulu media yang akan dilalui sebagai pengecekan apakah komputer lain sedang menggunakannya, jika tidak ada komputer yang menggunakan jaringan tersebut, maka komputer/*device* akan mengirimkan datanya. Terkadang akan terjadi dua atau lebih komputer yang mengirimkan data secara bersamaan sehingga dapat mengakibatkan *collision* (tabrakan). Bila *collision* terjadi maka seluruh komputer yang lain akan mengabaikan data yang hancur tersebut. Tetapi bagi komputer pengirim data, akan mengirim kembali data yang hancur akibat tabrakan tersebut dalam periode waktu tertentu.

3. Metropolitan Area Network (MAN)

Metropolitan Area Network (MAN), pada dasarnya merupakan versi LAN yang berukuran lebih besar dan biasanya menggunakan teknologi yang sama dengan LAN. Penggunaan titik koneksi (*intermediate*) seperti *repeater*, *bridge*, dan *switch* memungkinkan LAN terkoneksi membentuk jaringan yang lebih luas. MAN merupakan pilihan untuk membangun jaringan komputer antar kantor dalam suatu kota. MAN mampu menunjang data, suara, dan dapat berhubungan dengan jaringan televisi kabel. Jaringan ini memiliki jarak dengan radius 10-50 km. Alasan utama untuk memisahkan MAN sebagai kategori khusus adalah telah ditentukannya standar untuk MAN, standar ini sekarang sedang

diimplementasikan yang disebut DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*) atau 802.6 menurut standart IEEE.



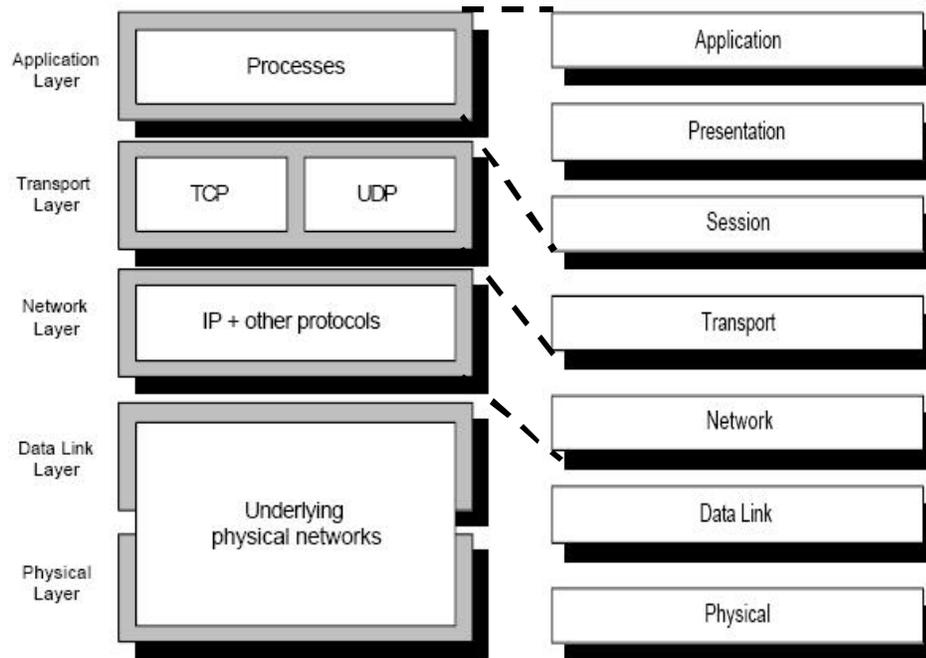
Gambar 6. Skema *Metropolitan Area Network* (MAN)

4. Internet dan Protokol TCP/IP

Internet adalah kumpulan jaringan yang saling terinterkoneksi, sebuah sistem yang memberikan informasi yang terorganisir, terstruktur dan dikelola dengan baik. Untuk hubungan antar jaringan yang seringkali tidak *compatible* dan berbeda, diperlukan sebuah mesin yang disebut *gateway* yang menjadi penghubung dan melaksanakan terjemahan yang diperlukan, baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya.

Protokol standar yang umum digunakan dalam internet adalah *Transmission Control Protocol* (TCP) dan *Internet Protocol* (IP). Lapisan-lapisan pada TCP/IP tidak persis sama dengan lapisan-lapisan OSI. Protokol TCP/IP hanya terdiri atas lima lapisan, yaitu: *physical*, *data link*, *network*, *transport* dan *application*. Lapisan aplikasi pada TCP/IP

mencakup tiga lapisan OSI teratas, seperti terlihat pada gambar 7. Berikut ini diuraikan lapisan-lapisan dari protokol TCP/IP dan model OSI



Gambar 7. Susunan protokol TCP/IP dan model OSI

a. Physical dan Data Link Layer

Pada lapisan ini TCP/IP tidak mendefinisikan protokol yang spesifik, artinya TCP/IP mendukung semua standar dari protokol lain.

b. Network Layer

Pada lapisan ini TCP/IP mendukung IP (*internet protocol*) yang kemudian didukung oleh protokol lain seperti RARP, ICMP, ARP dan IGMP.

- 1) *Internetworking Protocol* (IP) adalah mekanisme transmisi yang digunakan oleh TCP/IP, memberikan fungsi ruting pada jaringan dalam pengiriman data. IP disebut juga *unreliable* dan

connectionless datagram protocol. IP mentransportasikan data dalam paket-paket yang disebut *datagram*.

- 2) *Address Resolution Protocol* (ARP) digunakan untuk menyesuaikan alamat IP dengan alamat fisik (*physical address*).
- 3) *Reverse Address Resolution Protocol* (RARP) memungkinkan *host* menemukan alamat IP nya jika dia sudah tahu alamat fisiknya. Ini berlaku pada saat *host* baru terkoneksi ke jaringan.
- 4) *Internet Control Message Protocol* (ICMP) adalah suatu mekanisme yang digunakan oleh sejumlah *host* dan *gateway* untuk mengirim catatan mengenai datagram yang mengalami masalah kepada *host* pengirim.
- 5) *Internet Group Message Protocol* (IGMP) digunakan untuk menyediakan transmisi message yang simultan kepada kelompok/group penerima.

c. Transport Layer

Terdiri atas dua protokol yaitu *User Datagram Protocol* (UDP) dan *Transmission Control Protocol* (TCP). UDP adalah protokol *process-to-process* yang hanya menambahkan alamat *port*, *check-sum error control*, dan panjang informasi data dari lapisan di atasnya, memberikan fungsi pengiriman *connectionless*, jalur yang *unreliable*. Sedangkan TCP menyediakan layanan penuh lapisan transpor untuk aplikasi, juga merupakan protokol pada *transport layer* yang paling sering digunakan. TCP memberikan fungsi pengiriman data secara *connection oriented*,

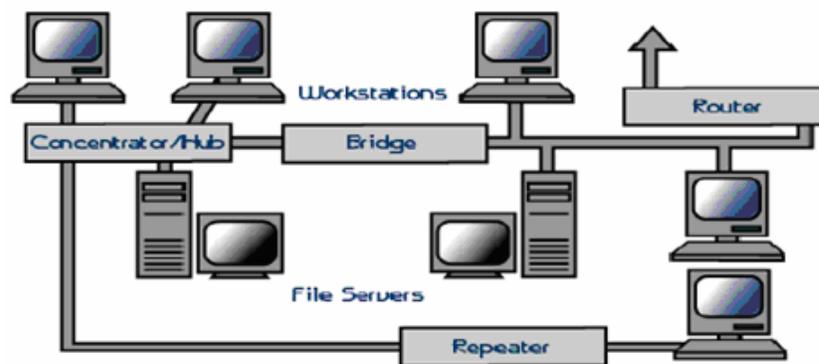
pengecahan duplikasi data, *congestion control* dan *flow control*. TCP merupakan protokol transpor untuk *stream* yang *reliable* dan merupakan *connection oriented*, dengan kata lain, koneksi *end-to-end* harus dibangun di kedua ujung terminal sebelum data dikirim.

d. **Application Layer**

Application Layer dalam TCP/IP adalah kombinasi lapisan-lapisan *session*, *presentation* dan *application* pada OSI. *Layer* aplikasi digunakan pada program untuk berkomunikasi menggunakan TCP/IP. Contoh aplikasi antara lain : *Telnet* dan *File Transfer Protocol*(FTP).

5. Perangkat Keras Jaringan Komputer

Hardware (perangkat keras) yang dibutuhkan untuk membangun sebuah jaringan komputer yaitu: komputer, *network interface card*, *hub*, dan segala sesuatu yang berhubungan dengan koneksi jaringan seperti: *printer*, *CDROM*, *scanner*, *bridge*, *router* dan lainnya yang dibutuhkan untuk proses transformasi data dalam jaringan, seperti terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Perangkat keras dalam topologi jaringan

Topologi jaringan, pengalamatan, ruting, dan fungsi MAC (*medium access control*) dilaksanakan oleh perangkat keras jaringan yang meliputi :

a. File Server

Sebuah *file server* merupakan jantung kebanyakan jaringan, merupakan komputer yang sangat cepat, mempunyai memori yang besar, *harddisk* dengan kapasitas besar, dan kartu jaringan yang cepat. Sistem operasi jaringan tersimpan disini, termasuk beberapa aplikasi dan data yang dibutuhkan untuk jaringan.

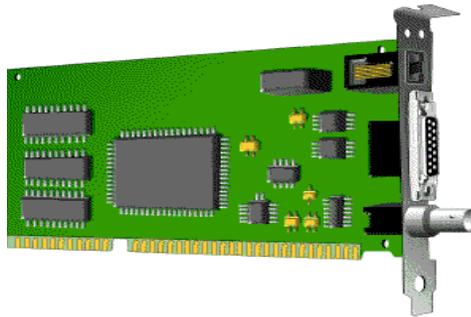
Sebuah *file server* bertugas mengontrol komunikasi dan informasi diantara *node*/komponen dalam suatu jaringan. Sebagai contoh, *file server* mengelola pengiriman *file database* atau pengolah kata dari *workstation* atau salah satu *node*, ke *node* yang lain, atau menerima *email* pada saat yang bersamaan dengan tugas yang lain, tugas *file server* sangat kompleks, juga harus menyimpan informasi dan membaginya secara cepat.

b. Workstations

Keseluruhan komputer yang terhubung ke file server dalam jaringan disebut sebagai *workstation*. Sebuah *workstation* minimal mempunyai ; kartu jaringan, aplikasi jaringan (*software* jaringan), kabel sebagai penghubung ke jaringan, sebuah *workstation* dapat menyimpan data di *file server*. Hampir semua jenis komputer dapat digunakan sebagai *workstation*.

c. *Network Interface Cards (NIC) / Kartu Jaringan*

Network Interface Unit (NIC) adalah sebuah perangkat yang menghubungkan sebuah titik koneksi jaringan misalnya sebuah komputer ke sebuah kabel transmisi jaringan. kebanyakan NIC adalah kartu internal, yaitu kartu jaringan yang di pasang pada slot ekspansi di dalam komputer.



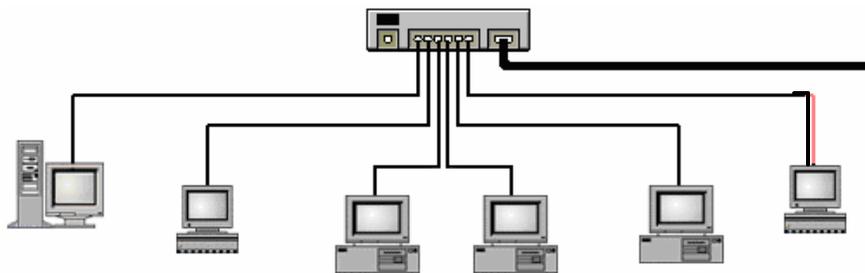
Gambar 9. Contoh NIC Ethernet

Dari atas ke bawah : konektor RJ-45, konektor AUI, dan konektor BNC

Sebuah perangkat *drive* sistem operasi mengontrol NIC dan menunjukkan aksi *hardware* yang memindahkan paket antara NIC dan penyimpanan utama. NIC memeriksa alamat tujuan pada semua paket dan mengacuhkan bila paket tersebut tidak teralamatkan. Ketika teralamatkan secara benar, paket diterima, selanjutnya NIC menyimpan paket dalam sebuah *buffer* dan membuat sebuah *interrupt* dalam *bus* sistem. NIU juga mengimplementasikan fungsi protokol *media access control*. Gambar 9 menunjukkan contoh sebuah NIC dengan konektor RJ-45 untuk *twisted pair* dan konektor BNC untuk kabel *coaxial*.

d. **Hub / Konsentrator**

Sebuah *hub* atau konsentrator adalah sebuah perangkat yang menyatukan kabel-kabel jaringan dari tiap-tiap *workstation*, *server* atau perangkat lain. Dalam topologi bintang, kabel *twisted pair* datang dari sebuah *workstation* masuk kedalam *hub*. *Hub* mempunyai banyak *slot concentrator* yang mana dapat dipasang menurut nomor *port* dari *card* yang dituju.

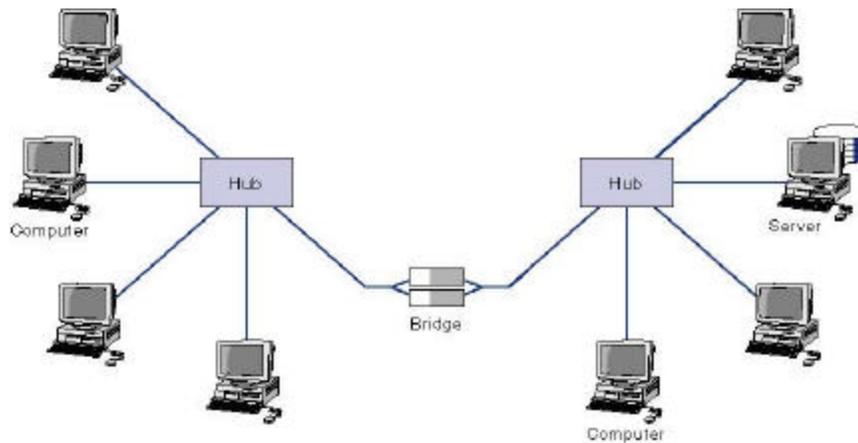


Gambar 10. *Hub* sebagai konsentrator

e. **Bridge**

Bridge adalah jenis perangkat antara yang menghubungkan dua jaringan, digunakan untuk mendapatkan jaringan yang efisien, dimana kadang pertumbuhan jaringan sangat cepat sehingga diperlukan jembatan untuk itu. Kebanyakan *bridge* dapat mengetahui alamat dari tiap-tiap segmen komputer pada kedua jaringan disebelahnya. Diibaratkan bahwa *bridge* ini seperti polisi lalu lintas yang mengatur di persimpangan jalan pada saat jam-jam sibuk, agar informasi di antara kedua sisi jaringan tetap jalan dengan baik dan teratur. *Bridge* juga dapat di gunakan untuk mengkoneksikan jaringan dengan tipe kabel yang berbeda ataupun

topologi yang berbeda. Kompleksitas dari sebuah *bridge* dan fungsinya bergantung pada perbedaan antara segmen jaringan yang terkoneksi. *Bridge* yang sederhana mengkoneksikan segmen jaringan yang menggunakan kecepatan transmisi, tipe paket dan protokol yang identik. *Bridge* yang lebih kompleks menghubungkan segmen jaringan dimana protokol lapisan fisiknya berbeda dan menerjemahkan format paket dan protokol jaringan.



Gambar 11. Penggunaan hub dan bridge

Hal ini berarti komunikasi terjadi pada level MAC (*medium access control*) yaitu lapisan *data link* bagian bawah yang serupa. Sebagai contoh, *bridge* yang digunakan untuk menghubungkan IEEE 802.3 (Ethernet) dengan IEEE 802.4 (Token Bus), *bridge* memiliki sifat yang tidak mengubah isi maupun bentuk *frame* yang diterimanya, disamping itu *bridge* memiliki *buffer* yang cukup untuk menghadapi ketidaksesuaian kecepatan pengiriman dan penerimaan data (Stallings, 2004).

f. *Switch*

Sebuah *switch* mengkombinasikan fungsi dari sebuah *bridge* dan sebuah *hub*. Seperti sebuah *hub*, sebuah *switch* umumnya mempunyai selusin atau lebih koneksi input untuk komputer dan titik koneksi jaringan lainnya. Setiap koneksi input diberlakukan sebagai sebuah LAN yang terpisah. Sebuah *switch* memeriksa alamat tujuan dari setiap paket yang datang dan menghubungkan jalur transmisi pengirim ke jalur transmisi penerima.

Switch menciptakan sebuah *virtual* LAN yang baru untuk setiap paket dan menghilangkan *virtual* LAN setelah paket mencapai tujuannya.

Switch secara dramatis meningkatkan performansi jaringan karena :

- *Switching* dilakukan didalam *hardware*.
- Setiap *virtual* LAN hanya mempunyai satu titik koneksi pengiriman dan penerimaan, oleh karena itu menghilangkan kepadatan.
- *Switch* bisa mengkoneksikan lebih dari dua LAN, sehingga menciptakan *virtual* LAN yang lebih besar.

g. *Router*

Sebuah *router* menjalankan fungsi yang sama seperti sebuah *bridge* tapi dilakukan dalam arti lebih baik (lebih cerdas), *router* akan mencari jalur yang terbaik untuk mengirimkan sebuah pesan berdasarkan alamat tujuan dan alamat asal. Jika *bridge* dapat mengetahui alamat komputer di masing-masing sisi jaringan, *router* mengetahui alamat

komputer, *bridge* dan *router* lainnya. *Router* dapat mengetahui keseluruhan jaringan dan melihat sisi mana yang paling sibuk.

Sebuah *router* secara konstan memeriksa jaringan untuk memonitor pola trafik, penambahan titik koneksi, modifikasi, dan penghapusan. *Router* menggunakan informasi ini untuk membangun sebuah “peta” internal jaringan.

Software routing merupakan sebuah komponen sistem operasi jaringan yang standar dan dapat difungsikan oleh server administrator. Fungsi *routing* dapat juga diaktifkan pada server dalam sebuah LAN untuk menghindari terjadinya hubungan keluar dari sebuah *dedicated router*.

6. Media transmisi

Secara garis besar ada dua kategori media transmisi, yakni *guided* (terpandu) dan *unguided* (tidak terpandu). Media transmisi yang terpandu maksudnya adalah media yang mampu mentransmisikan besaran-besaran fisik lewat materialnya, misalnya kabel *twisted pair*, kabel *coaxial* dan serat optik.

a. Kabel berpilin (*twisted pair*)

Kabel berpilin (*twisted pair*) secara umum terdiri atas dua jenis, yaitu UTP (*unshielded twisted pair*) dan STP (*shielded twisted pair*). Kabel berpilin (*twisted pair*) adalah kawat tembaga yang berselubung membentuk pola spiral (pilinan) yang berfungsi mengurangi interferensi yang terjadi antar kabel. Satu pasang kawat berfungsi sebagai sebuah *link* komunikasi dan banyak digunakan untuk jaringan LAN. *Data rate* yang

mampu ditangani bervariasi tergantung pada kategori kabel yang digunakan, seperti ditunjukkan pada tabel 1.

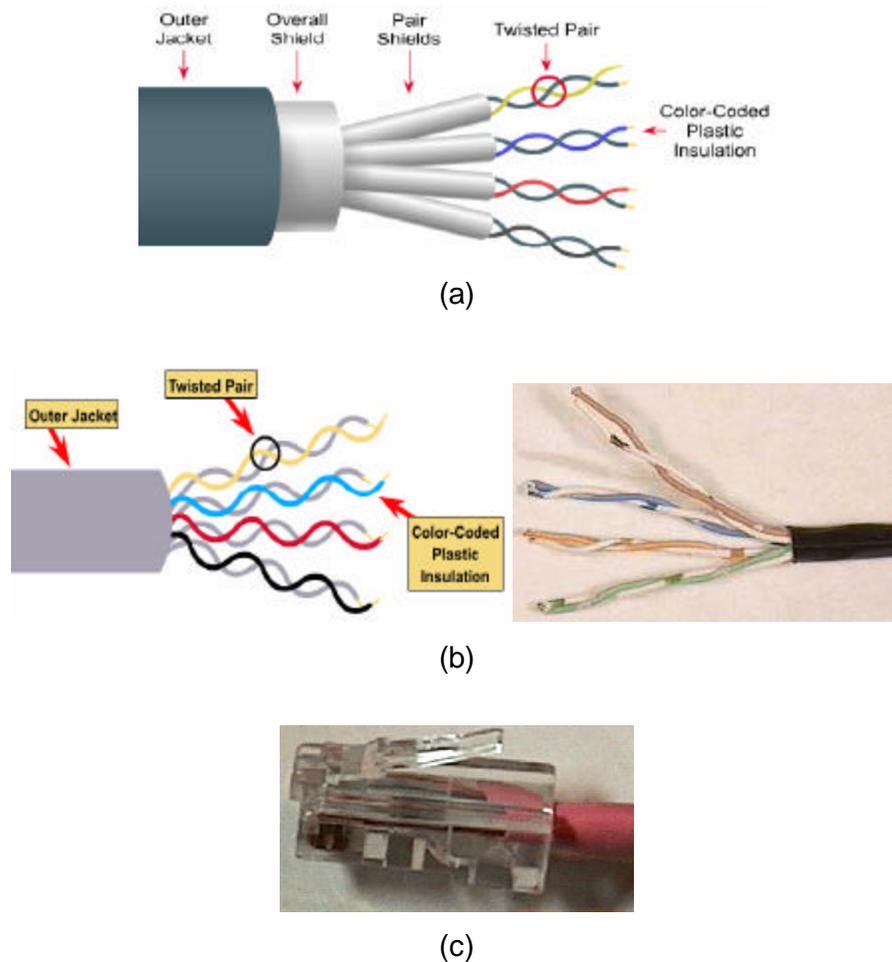
Tabel 1. Daftar kategori *twisted pair* (kabel berpilin)

Kategori	Data rate maksimum	Contoh Penggunaan
Kategori 1	1 Mbps (1MHz)	Analog voice, ISDN
Kategori 2	4 Mbps	<i>Token Ring</i>
Kategori 3	10 Mbps	Voice dan data 10BaseT
Kategori 4	16 Mbps	16 Mbps <i>Token Ring</i>
Kategori 5	100 Mbps	Fast Ethernet, ATM
Kategori 6	Mencapai 400 MHz	<i>Superfast broadband</i>
Kategori 6e	Mencapai 500 MHz	10GbaseT
Kategori 7	Mencapai 1,2 GHz	<i>Full Motion Video elediology</i>

Sumber : Wahana Komputer, 2003

Pemberian kategori 1/2/3/4/5/6/7 spesifik untuk masing-masing kabel tembaga dan juga untuk *jack*. Masing-masing merupakan seri revisi atas kualitas kabel, kualitas pembungkusan kabel (*isolator*), kualitas "belitan" (*twist*) masing-masing pasang kabel dan menentukan besaran frekuensi yang bisa lewat pada sarana kabel tersebut. Kualitas isolator berfungsi mengurangi efek induksi antar kabel (noise bisa ditekan sedemikian rupa).

Twisted pair terdiri atas dua jenis yaitu *shielded twisted pair* (STP) dan *unshielded twisted pair* (UTP). STP mengkombinasikan teknik perlindungan dan antisipasi tekukan kabel. Gambar 12 menunjukkan bentuk fisik dari STP dan UTP.



Gambar 12. Twisted pair
 (a) *Shielded twisted pair* (STP) (b) *Unshielded twisted pair* (UTP)
 (c) Konektor RJ-45

b. Serat Optik

Sebagai media transmisi, serat optik tidak berdiri sendiri tetapi didukung oleh komponen lain seperti: sumber optik (*source*), detektor optik, konektor dan pengkopelannya. Sumber optik dan detektor merupakan dua komponen yang memberikan pengaruh utama bahkan sangat menentukan kualitas suatu sistem komunikasi serat optik.

1) Sumber Cahaya (optik)

Sumber cahaya berfungsi mengubah arus listrik menjadi energi optik (cahaya) sehingga dapat dikoplingkan ke serat optik. Sumber cahaya yang biasa digunakan pada sistem komunikasi serat optik ada dua macam, yaitu: dioda pancar cahaya (*Light Emitting Diode, LED*) dan dioda LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*).

Tabel 2. Perbandingan karakteristik sumber cahaya

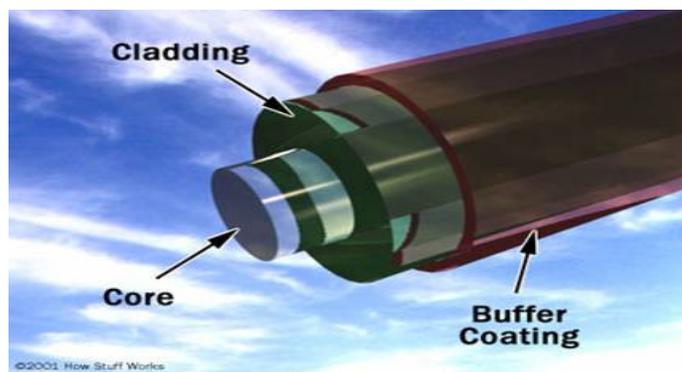
Parameter	LED	Dioda LASER
Lebar spektral	20 – 100 nm	1 – 5 nm
<i>Rise time</i>	2 – 250 ns	0,1 – 1 ns
<i>Bandwidth</i>	< 300 MHz	2000 MHz
Efisiensi kopling	Sangat rendah	Tinggi
Fiber yang digunakan	<i>Multimode</i>	<i>Single mode</i>
Umur kerja	10 ⁵ jam	10 ⁴ – 10 ⁵ jam
Penggunaan	<i>Bit rate</i> rendah	<i>Bit rate</i> tinggi

Sumber : Palais, J.C, 2004

2) Jenis-jenis Serat Optik

Serat optik dibuat dari bahan dasar silika yang berbentuk dua silinder satu sumbu. Silinder bagian dalam disebut lapisan inti (*core*) dengan indeks bias n_1 , sedangkan silinder bagian luar disebut lapisan kulit (*cladding*) dengan indeks bias n_2 dimana $n_1 > n_2$ dan keduanya dilindungi oleh jaket pelindung (*buffer coating*). Ditinjau dari indeks bias dan mode gelombang yang terjadi pada perambatan cahaya, maka serat optik dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

- ✎ *Single mode step index*: serat optik dengan *inti* sebesar 2 – 10 μm , dan diameter *selimut* 125 μm , indeks bias inti sama pada seluruh inti serat dan lebih besar dari pada indeks bias *selimut*, kapasitas pita frekuensi 500 MHz, redaman sekitar 0,3 – 5 dB/Km sehingga digunakan untuk sistem transmisi jarak jauh, pembuatan dan penyambungan relatif sulit, sehingga harganya mahal.
- ✎ *Multi mode step index*: serat optik dengan diameter *inti* sebesar 50 – 100 μm , dan diameter *selimut* 125 μm , indeks bias inti sama pada seluruh inti serat dan lebih besar dari pada indeks bias *selimut*, kapasitas pita frekuensi 6 – 25 MHz, redaman sekitar 4 – 20 dB/Km sehingga hanya digunakan untuk sistem transmisi jarak pendek, pembuatan dan penyambungan relatif mudah.



Gambar 13. Bagian-bagian serat optik

- ✎ *Multimode graded index*: serat optik dengan diameter *inti* sebesar 50 μm dan diameter *selimut* 125 μm , indeks bias inti semakin mengecil ke arah perbatasan *inti* dan *selimut*, kapasitas pita frekuensi 150 MHz–2GHz, redaman sekitar 2 – 10 dB/Km sehingga dapat digunakan untuk

sistem transmisi jarak menengah, pembuatan lebih sulit, dan harga lebih mahal dibanding jenis *multi mode step index*.

3) Detektor cahaya

Detektor cahaya berfungsi mengubah variasi intensitas cahaya menjadi variasi arus listrik. Perangkat ini berada pada ujung depan penerima optik sehingga detektor cahaya harus memiliki kinerja yang tinggi. Pada sistem transmisi serat optik digunakan dua jenis detektor cahaya, yaitu: diode PIN (*Positive Intrinsic Negative*) dan APD (*Avalanche Photo Diode*).

Tabel 3. Karakteristik detektor cahaya

Bahan	Struktur	Rise time (ns)	Panjang gelombang (nm)	Responsivity (A/W)	Dark Current (nA)	Gain (dB)
Silikon	PIN	0,5	300 – 1100	0,5	1	1
Germanium	PIN	0,1	500 – 1800	0,7	200	1
InGaAs	PIN	0,3	1000 – 1700	0,6	10	1
Silikon	APD	0,5	400 – 1000	77	15	150
Germanium	APD	1	1000 - 1600	30	700	50

Sumber : Palais, J.C., 2004

B. Jaringan Area Kampus Unhas

Kebutuhan akan komunikasi data, suara dan video, saat ini sudah menjadi kebutuhan penting, khususnya di dunia kampus seperti halnya Kampus Unhas. Tuntutan kecepatan dan keragaman layanan komunikasi, serta tingkat pengguna komputer (akses ke internet) yang terus

bertambah, luasnya area Kampus, tingkat pengguna yang cukup besar dan menyebar di 13 fakultas memerlukan penelitian khusus untuk pengembangan jaringan komputer yang ada di Unhas saat ini.

Salah satu alternatif untuk meningkatkan performansi jaringan, dengan instalasi yang lebih sederhana yaitu dengan membentuk jaringan tulang punggung (*backbone*), yaitu jaringan yang menghubungkan beberapa jaringan lokal. Suatu jaringan tulangpunggung biasanya mempunyai kecepatan yang sangat tinggi dan menggunakan Serat optik sebagai media transmisinya. (Wahana Komputer,2003).

Gambar 1, menunjukkan kondisi jaringan area Kampus Unhas (Juni 2007). *Internet service provider* (ISP) yang melayani jaringan area Kampus Unhas, yakni Asti-net (2 Mbps), Indosat-net (1,5 Mbps), dan Inherent (8 Mbps) digunakan *share* dengan 32 perguruan tinggi di Indonesia, sedangkan JC Sat (~1Mbps, 13 Mbps *shared*) hanya untuk *down link*. Di lantai 2 Gedung Sisdiksat terdapat komponen server seperti : *load balance* yang digunakan untuk menyeimbangkan beban trafik ke Asti-net dan Indosat-net, *bandwidth manager* digunakan untuk mengatur/ mengalokasikan penggunaan *bandwidth* pada setiap *cluster*. *Proxy (chace)* digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara file-file yang sering diakses oleh pengguna internet, sehingga mudah diperoleh. Untuk layanan *e-mail* unhas ac.id, dilayani oleh server0.

1. Pengelompokan LAN (*cluster*)

LAN yang tersebar fakultas-fakultas dikelompokkan, agar pengontrolan/ koordinasi dan pemeliharaan jaringan lebih mudah dilakukan. Pada jaringan area Kampus Unhas, kelompok LAN yang disebut *cluster*, terdiri dari 6 (enam) *cluster* seperti ditunjukkan pada tabel

4. Sedangkan topologi *cluster* diperlihatkan pada gambar 2.

Tabel 4. Pembagian *cluster* pada jaringan area Kampus Unhas

No.	<i>Cluster</i>	Meliputi
1.	Kedokteran	a. Fakultas Kedokteran b. Fakultas Kesehatan Masyarakat c. Fakultas Kedokteran Gigi d. Program Pascasarjana
2.	Ekonomi	a. Fakultas Ekonomi c. UPT Komputer b. Fakultas Sospol d. Fakultas Sastra e. Fakultas Hukum
3.	Pertanian	a. Fakultas Pertanian b. Fakultas Kehutanan c. Fakultas Peternakan
4.	FIKP	Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan
5.	Teknik	Fakultas Teknik
6.	MIPA	Fakultas MIPA

2. Twisted Pair

Hubungan antar komponen *server* dalam suatu ruangan dengan jarak yang dekat, menggunakan kabel UTP (*unshielded twisted pair*) sedangkan untuk hubungan di luar ruangan seperti hubungan antara

modem yang ada di lantai 2 Sisdiksat dengan modem pasangannya yang terletak di lantai 4 Rektorat menggunakan STP (*shielded twisted pair*) kategori 5. Selanjutnya modem setiap *cluster* yang terletak di lantai 8 gedung Rektorat dihubungkan dengan *shielded twisted pair* kategori 1 ke pasangan modem masing-masing yang letaknya berdekatan dengan server pada masing-masing *cluster*.

3. Modem SHDSL (*symmetric high-data-rate digital subscriber line*)

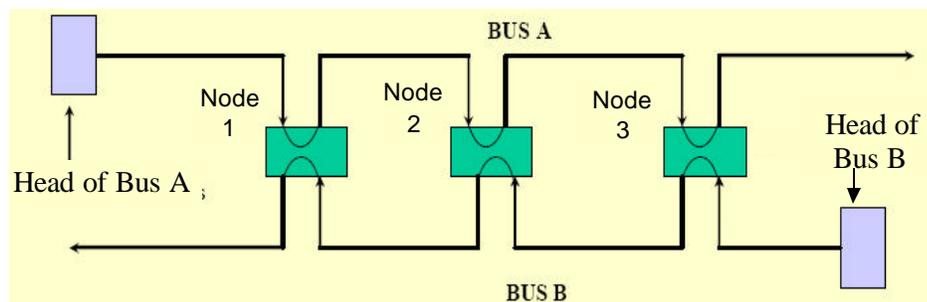
Jenis modem yang digunakan pada jaringan area Kampus Unhas adalah SHDSL (*symmetric high-data-rate digital subscriber line*), didesain untuk *data rate* maksimum 2,3 Mbps pada sepasang kawat tembaga pilin (*twisted pair*). Rentang operasi SHDSL sekitar 3,65 Km, sehingga untuk rentang yang lebih jauh, harus disediakan penguat sinyal (*repeater*) untuk memperpanjang jarak layanannya. SHDSL banyak digunakan untuk koneksi-koneksi jaringan PBX, antar sentral, server-server internet dan jaringan data pribadi.

4. Switch

Jenis *switch* yang digunakan dalam jaringan area Kampus Unhas adalah Baseline Switch 2226 Plus (3C16475 BS) yang diproduksi oleh 3Com, merupakan *switch* dengan 10/100 Mbps, mempunyai 24 *shielded* RJ-45. Untuk menghubungkan *switch* dengan komponen jaringan, dapat digunakan UTP atau STP kategori 5. Untuk mengoptimalkan koneksi, panjang kabel untuk setiap koneksi maksimum 100 meter (*Manual book*).

C. Arsitektur DQDB

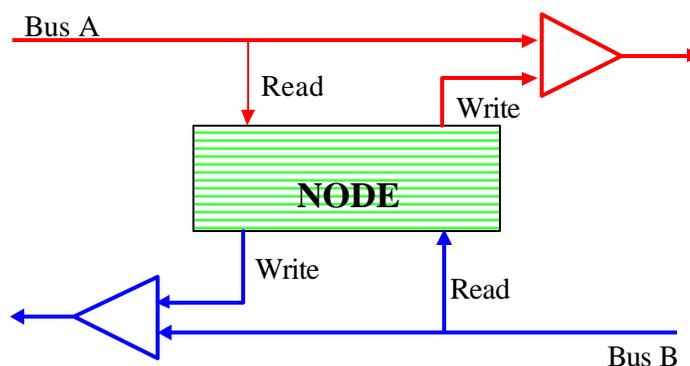
Untuk membentuk sebuah jaringan tulang punggung guna meningkatkan performansi jaringan interkoneksi antar LAN, diperlukan suatu teknologi tertentu. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *distributed queue dual bus* (DQDB) yaitu sebuah protokol *medium access control* (MAC) yang sudah dikembangkan untuk *metropolitan area network* (MAN) dan distandarisasi dalam IEEE 802.6 (Khaled,1997). Arsitektur DQDB menggunakan dua *bus unidirectional* yang saling berlawanan arah sebagai media transmisinya, *node-node* (stasion) terhubung langsung ke kedua *bus* dan sebuah *slot generator* yang biasa disebut *head of bus* (HOB) terdapat pada ujung masing-masing *bus*. *Bandwidth* yang tersedia dibagi menjadi *slot-slot* waktu dengan panjang yang tetap yaitu 53 byte, yang akan digunakan untuk membawa segmen data beserta *header*-nya. *Node* yang akan mengakses *bandwidth* yang sudah di-*share* tersebut menggunakan protokol DQDB.



Gambar 14. Arsitektur sebuah jaringan DQDB

Konfigurasi sebuah jaringan DQDB seperti ditunjukkan pada gambar 14. *Node* 1 merupakan *node* paling *upstream* dan *node* 3 paling *downstream* bila dilihat pada sisi *bus* A.. Hal sebaliknya berlaku untuk pengamatan pada *bus* B, dimana *node* 2 merupakan *node upstream* dari *node* 1.

Sebelum dikirim, data (*message*) dari *node* dipecah-pecah terlebih dahulu menjadi segmen-segmen yang sesuai dengan ukuran *slot*. Pengiriman data dilakukan secara bertahap yaitu satu segmen untuk setiap kesempatan. Proses untuk mendapat kesempatan akses ini yang dituangkan dalam suatu algoritma.



Gambar 15. Topologi akses *bus* DQDB (Wright, 1993)

Pada sebuah *node*, Informasi yang diterima dari sebuah bus (operasi *read*) di lokasi yang secara fisik *upstream*, tak dipengaruhi informasi yang akan dikirim (operasi *write*) di lokasi yang secara fisik *downstream*, seperti diperlihatkan pada gambar 15.

Pada *physical layer* DQDB, *head of bus* (HOB) berfungsi sebagai sebuah *generator slot* waktu. Sementara *node* akan membaca semua *slot*

yang melewati *bus*, tetapi tidak dapat mengubah datanya. *Node* dapat bertindak sebagai pembaca yang pasif atau aktif dalam sistem, *node* juga dapat berfungsi sebagai repeater untuk mengantisipasi semua redaman. Ketika sebuah unit akses dari *node* membaca *slot*, pada saat itu juga *node* dapat menulis ke sebuah *slot* kosong, kemudian *slot* kembali ke *bus* melalui sebuah gerbang logika OR (Ilow, 2002).

D. Kelebihan DQDB

1. *Bandwidth Sharing*

DQDB menyediakan sebuah mekanisme untuk *sharing bandwidth* dari fasilitas transmisi yang tersedia diantara banyak pengguna. Jika *bit rate* yang tersedia pada serat optik mencapai 150 Mbps, hal ini jauh melebihi keperluan dari beberapa pengguna individu. Dengan *multiple access*, efisiensi penggunaan kapasitas besar dapat dicapai dengan DQDB, yang pada dasarnya merupakan sebuah skema statistik *multiplexing* dimana informasi pengguna dibagi kedalam paket-paket yang ditransmisikan dengan paket-paket dari pengguna yang lain, pada saat *bandwidth* tersedia (Wright, 1993).

2. Cakupan Geografi

DQDB didesain untuk beroperasi pada jarak geografi puluhan hingga ratusan kilometer, yang menyebabkan hal ini cocok digunakan sebagai sebuah MAN (*metropolitan area network*). Sebagai konsekuensi, DQDB dapat menawarkan kemampuan yang tidak dimungkinkan oleh

skema *multiple access* yang lain, terbatas oleh geografi dan hanya cocok digunakan dalam sebuah gedung atau antar lokasi yang jaraknya terbatas. Salah satu aplikasi untuk DQDB yaitu menyediakan komunikasi antar lokasi yang berbeda dalam sebuah kota (jangkauan lebih luas dari sebuah LAN).

Mengingat area Kampus Unhas yang cukup luas, dan jumlah *node* yang terus bertambah, terletak dalam gedung-gedung terpisah yang saling berinteraksi dengan kepadatan lalu lintas data, serta prospek pengembangan ke depan untuk aplikasi multimedia maka penulis merasa perlu meneliti masalah ini melalui simulasi jaringan *existing* Kampus Unhas dan sekaligus membuat rancangan untuk implementasi sistem DQDB meliputi arsitektur dan protokol *medium access control* (MAC).

3. Membentuk jaringan tulangpunggung (*backbone*)

Arsitektur DQDB menggunakan dua *bus* dengan protokol *medium access control*, cocok digunakan untuk membangun suatu jaringan tulang punggung (*backbone*) dengan alasan (Wahana Komputer, 2003) :

- a. Semakin meningkatnya kebutuhan interkoneksi antar jaringan lokal yang ada dan dapat mendukung lalu lintas data, suara dan gambar.
- b. Konsep instalasi dan manajemen jaringan tulang punggung lebih sederhana.
- c. Jaringan tulang punggung yang menggunakan serat optik mempunyai kecepatan transfer data hingga 150 Mbps sehingga dapat meningkatkan performansi sistem dan mengatasi *bottleneck transfer*.

4. Kemampuan Multimedia

DQDB didesain bukan hanya untuk komunikasi data tetapi juga untuk komunikasi suara dan video. Dua tipe trafik yang dapat digunakan: *asynchronous traffic*, untuk transmisi data yang dapat mentoleransi *variable delay* dan *isochronous traffic* untuk transmisi suara dan *video streaming (time-sensitive)*. Jika sebuah oktet dihasilkan pada interval waktu reguler (setiap 125 us untuk suara) dan membawa 12 slot DQDB setiap 125 us, dimana setiap *slot* mempunyai *payload* 48 oktet, maka kecepatan informasi yang dapat diberikan = $8 \text{ bit} \times 48 \times 12 \times 8.000 \text{ s}^{-1} = 36.864 \text{ Mbps}$. Kombinasi dari beberapa servis dengan tipe trafik yang berbeda, memberikan *flexibilitas* untuk aplikasi multimedia.

5. Sistem Antrian Terdistribusi

Kelebihan dari sistem antrian terdistribusi yang dimiliki oleh DQDB adalah :

- a. Setiap *node* mempunyai *counter-counter* yang bekerja untuk menerapkan sistem antrian, penjelasan prinsip kerja sistem antrian dijelaskan pada sub bab F dan G.
- b. Setiap *node* aktif memantau kondisi jaringan
- c. Dengan penerapan *bandwidth balancing* dalam standar IEEE 802.6, maka keadilan terhadap setiap *node* dapat terlaksana (setiap *node* akan mendapat kesempatan yang sama dalam mengirimkan paket-paketnya).

- d. Ukuran paket sama (53 byte) sehingga memudahkan transportasi secara simultan berbagai jenis tipe trafik, seperti data, suara dan *video streaming* dan *compatible* dengan ATM. Struktur lengkap dari sebuah sel DQDB diuraikan dalam sub bab G.

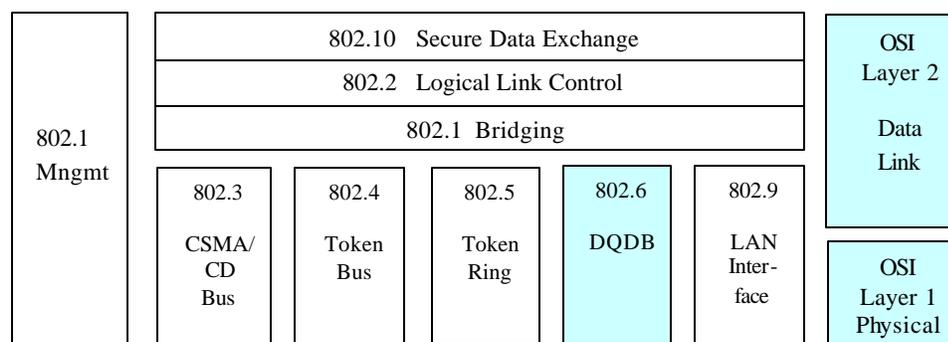
6. Mengatasi beberapa masalah jaringan (Bilgen,2004 ; Ilow, 2002)

Dalam kenyataan dan aplikasi, jaringan komputer tentu saja tidak lepas dari masalah-masalah. DQDB dengan arsitektur dan protokol *medium access control*, mempunyai kelebihan-kelebihan seperti yang telah diuraikan di atas. Secara khusus dapat mengatasi masalah yang terjadi dalam jaringan, seperti :

- a. *Bottleneck*, dalam DQDB hal seperti ini tidak akan terjadi karena medium transmisi yang digunakan adalah serat optik dengan *bandwidth* yang sangat besar (150 Mbps) dan dalam mengakses medium transmisi menggunakan protokol DQDB yang menerapkan sistem antrian terdistribusi dan *sharing bandwidth*.
- b. *Drop* paket, hal seperti ini juga tidak akan terjadi mengingat medium transmisi yang digunakan bersifat *unidirectional* (searah), sehingga tidak ada kemungkinan paket yang dikirim dan diterima "bertabrakan".
- c. Retransmisi paket, tidak diperlukan karena paket yang dikirim dijamin akan sampai ke tujuan dengan kemampuan medium transmisi dan *medium access control*.

E. Posisi DQDB dalam Model OSI

Standar DQDB, IEEE 802.6, menyediakan spesifikasi dari *physical layer* yang merupakan *layer 1* pada OSI ditambah *medium access control* (MAC) bagian dari *data link layer* (layer 2) OSI. Standar yang lain sudah disediakan sebagai bagian dari seri 802 untuk melengkapi fungsi *data link* dari OSI. Standar ini, 802.2 terdiri dari *logical link control* (LLC) dan juga menyediakan fungsi ke standar-standar LAN 802.3 ; 802.4 ; 802.5 ; dan 802.9. Manajemen dan fungsi *bridging* disediakan oleh standar 802.1.



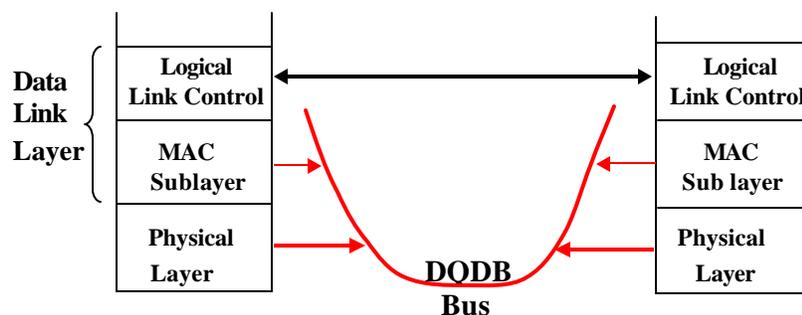
Gambar 16. Hubungan layer-layer IEEE 802 dengan layer OSI
(Wright,1993)

Pembagian dari fungsi *data link layer* OSI antara DQDB dan LLC yang diperlihatkan dalam gambar 16 dan 17, secara ringkas : LLC menyediakan *error control* dan DQDB menyediakan *flow control* pada *link* antara dua *node*. Fungsi dari *layer* DQDB diarahkan ke sebuah *medium*

access control (MAC), yang berfungsi menyediakan hubungan penting yang membedakan antara LAN dan MAN.

MAC adalah *sublayer* dari layer 2 OSI *data link layer*, yang menyediakan pengalamatan (*addressing*) dan mekanisme kontrol akses kanal berupa *slot* yang memungkinkan beberapa terminal atau *node* jaringan berkomunikasi dengan jaringan *multipoint* seperti pada LAN dan MAN. MAC *sublayer* bekerja sebagai *interface* antara *Logical Link Control sublayer* dan *physical layer* (Wikipedia, 2007),

Medium access control juga menyediakan mekanisme pengalamatan (*physical address* atau *MAC address*) yang menghasilkan sebuah *serial number* yang unik, dan memungkinkan pengiriman paket data ke suatu tujuan misalnya ke sebuah *subnetwork*. Hal ini memungkinkan beberapa stasiun terkoneksi ke medium fisik yang sama untuk digunakan bersama, seperti pada jaringan bus. *Routing* atau *switching* dan *flow control* diselenggarakan oleh LLC (*logical link control*), bukan DQDB (Wright, 1993).



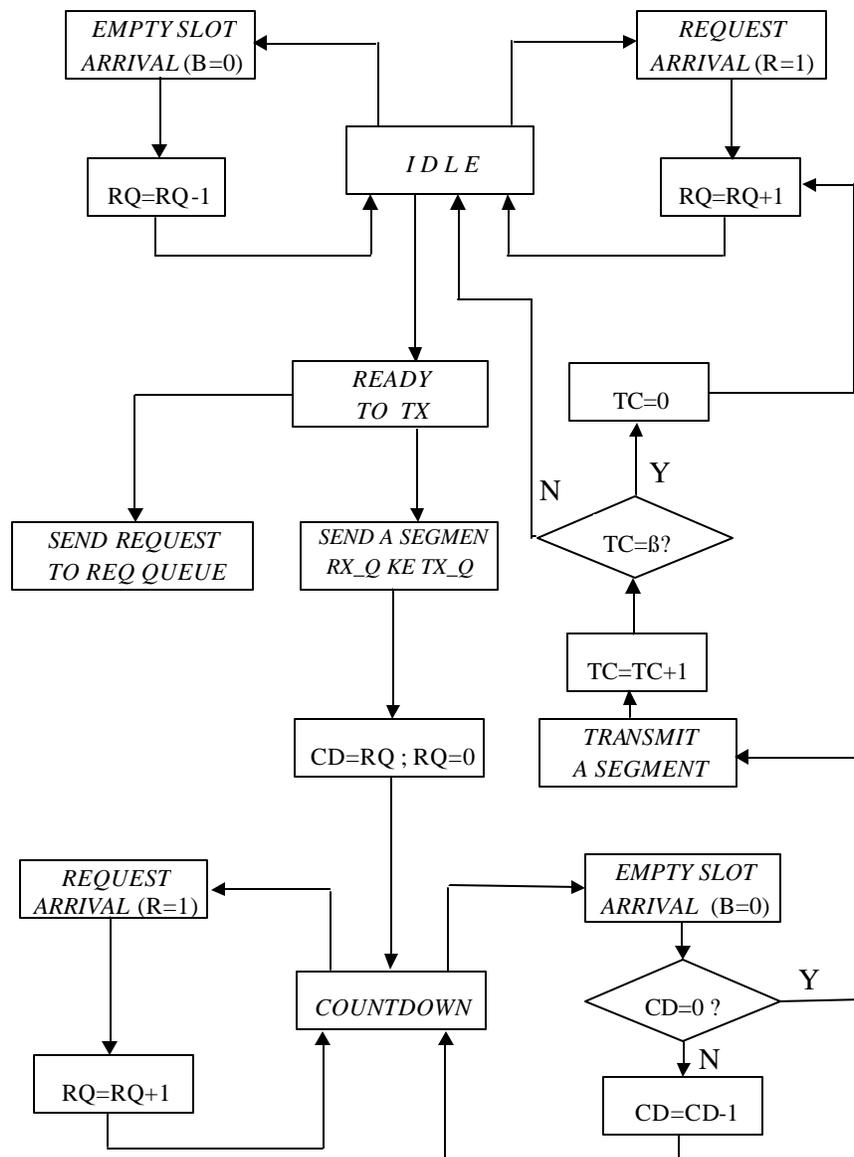
Gambar 17. Akses layer ke jaringan DQDB (Wright,1993)

F. DQDB dengan *Bandwidth Balancing*

Tujuan utama dari DQDB dengan *bandwidth balancing* adalah memperoleh suatu alokasi pembagian *bandwidth* yang lebih adil, dengan cara : apabila sebuah *node* telah mengirimkan segmen data sebanyak β kali, maka *node* ini harus membiarkan *slot* kosong berikutnya lewat meskipun nilai *CD counter* sama dengan nol. Setiap *node* diizinkan mentransmisikan datanya dengan batasan a dimana $a < 1$ dari waktu transmisi normal, dengan a dinyatakan sebagai berikut :

$$a = \frac{\beta}{\beta + 1} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan β adalah integer positif (Hahne,dkk, 1992), sedangkan Khaled,1997 merekomendasikan bahwa nilai β adalah 7 atau 8. Dengan demikian, *node* tidak akan menggunakan *slot* kosong setelah setiap pentransmisi segmen ke β . Skema ini dapat diimplementasikan dengan menggunakan *counter* tambahan pada setiap *node* yang disebut *Collision Avoidance Counter (CA-counter)* (Hahne,1992 ; Khaled 1997). Nilai dari *CA-counter* ini akan ditambah satu ketika *node* tersebut mengirimkan sebuah segmen data dan ketika mencapai β , nilainya akan direset menjadi nol dan *counter* RQ akan ditambahkan satu. Konsep *bandwidth balancing* ini diharapkan dapat memberikan keadilan *bandwidth* bagi setiap *node*. Gambar 18 menunjukkan algoritma DQDB dengan *bandwidth balancing*.



Gambar 18. Algoritma DQDB dengan *bandwidth balancing*

Gambaran jalannya proses pengiriman data pada DQDB secara keseluruhan, dijelaskan sebagai berikut :

1. Misalkan *node* *i* (*upstream*) akan menggunakan bus A untuk mengirim data ke *node* *j* (*downstream*).
2. Untuk itu *node* *i* harus membuat *request* menjadi 1 pada slot QA berikutnya yang kosong pada bus B. Dengan demikian semua *node downstream* dari *node* *i* pada bus B akan dapat melihat permintaan ini. Karena *node* yang merupakan *downstream* dari *node* *i* pada bus B merupakan *node upstream* pada bus A, dengan demikian *node* *i* telah memasuki antrian pada bus A.
3. Setiap *node* mempunyai *Request* (RQ) *Counter* yang digunakan untuk menghitung jumlah permintaan slot QA yang sedang antri pada *node downstream* dengan cara menghitung jumlah *request* (bit R=1) pada slot-slot QA yang melintas pada *reverse bus*. Jika sebuah slot kosong melewati *node* ini pada *forward bus*, maka *node downstream* yang masuk dalam antrian berikutnya akan dilayani dan isi RQ *counter* yang berisi panjang antrian akan dikurangi dengan satu.
4. $RQ = RQ + 1$ untuk setiap slot QA dengan bit R=1 yang melewati *node* ini pada *reverse bus*.
5. $RQ = RQ - 1$ bila terdapat slot kosong (bit B=0) yang melewati *node* ini di *forward bus*.
6. Selain RQ *counter*, *node* juga mempunyai *countdown* (CD) *counter*. Jika sebuah *node* ingin mengirim sebuah segmen QA, maka *countdown* (CD) *counter* mulai aktif, dan *node* memasuki keadaan

countdown. *Node* tersebut akan mentransfer isi RQ ke CD dan RQ di-reset menjadi 0.

7. RQ akan menghitung *request* baru, sedangkan CD tetap menghitung posisi *node* dalam antrian dan akan berkurang satu untuk setiap *slot* kosong yang melewati *node* ini.
8. Ketika CD sama dengan 0, *node* diizinkan untuk mentransmisikan segmen pada *slot* kosong berikutnya.
9. Pada saat sebuah *node* menunggu nilai CD-nya menjadi 0, RQ akan terus menghitung *request* yang baru. Dengan cara ini, setiap *node* akan mengetahui berapa banyak *node* yang antri didepannya dan juga tetap mengawasi panjang antrian dibelakangnya.
10. Pada penerapan *bandwidth balancing*, terdapat *counter* tambahan yang dinamakan TC (*transmission control*) atau CA (*collision avoidance*) *counter*, yang fungsinya mengontrol sudah berapa kali *node* tersebut mengirimkan pakatnya. Jika pengiriman paket sudah mencapai β , maka TC akan direset menjadi nol dan RQ akan bertambah 1. Hal ini dimaksudkan untuk memberi kesempatan yang adil kepada setiap *node* mengakses medium.

G. Antrian Terdistribusi *Medium Access Control*

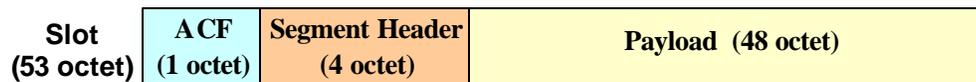
Transmisi pada *bus-bus* DQDB menggunakan *slot* Data dari *node* disebut *message*, sebelum dikirimkan dibagi menjadi beberapa segmen, sehingga sesuai dengan ukuran *slot* dengan panjang tetap 53 oktet,

5 oktet adalah *header* dan 48 oktet merupakan *payload*, seperti ditunjukkan pada gambar 19.

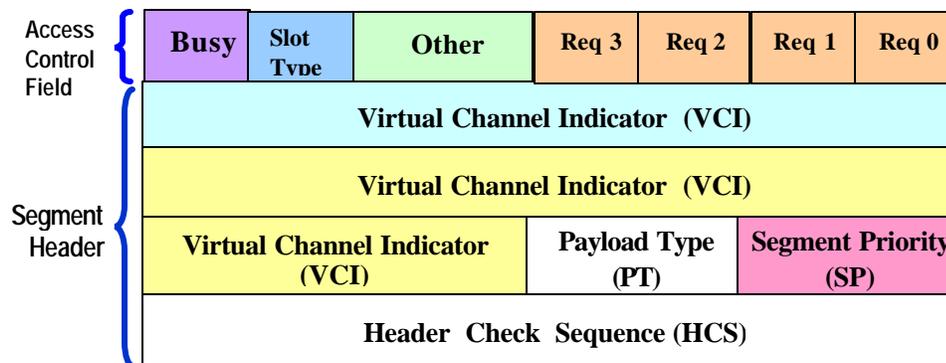
1. Access Control Field (ACF), 1 oktet

Kontrol akses terdiri dari elemen-elemen berikut :

- Busy* : Mengindikasikan keadaan sebuah slot QA mengandung data ($busy = 1$) atau tidak ($busy = 0$).
- Slot type* (ST) : Mengindikasikan tipe *slot*, untuk QA ($slot\ type = 0$) atau PA ($slot\ type = 1$)



Gambar 19. Struktur slot DQDB



Gambar 20. Header (ACF dan segment header) lima oktet

- REQ n* : DQDB mempunyai empat level prioritas transmisi, di set = 1 oleh unit akses memohon *bandwidth* untuk mentransmisikan segmen QA. Masing-masing *node* secara efektif mempunyai empat segmen antrian (Bilgen, 2004 ; Bhatti, 1995). Keempat level prioritas

menunjukkan keempat bit *request* REQ3, REQ2, REQ1, dan REQ0. REQ3 mempunyai prioritas utama.

- d. *Other* : Bit-bit yang lain dalam ACF disiapkan juga untuk penggunaan yang akan datang, diluar skop uraian ini. *Head of bus* (HOB) membangkitkan *slot-slot* yang dapat digunakan oleh unit akses untuk mentransmisikan segmen. Pada waktu *slot* dibangkitkan, semua bit-bit di set = 0, kecuali untuk *slot* PA dimana *slot type* (ST) dan bit BUSY yang diset ke 1.

Sebuah unit akses menggunakan ACF untuk :

- 1) Memberitahukan apakah *slot* tersebut PA atau QA ;
- 2) Memberitahukan apakah *slot* QA itu sibuk. Jika sebuah unit akses menggunakan sebuah *slot* QA untuk mengirim sebuah segmen, maka bit BUSY akan di set ke 1 ;
- 3) Memberitahu unit akses yang lain bahwa antrian sudah dihubungkan dengan sebuah segmen dengan mengeset bit R=1.

2. Segment Header, terdiri dari elemen-elemen berikut :

- a. VCI (20 bit) : *virtual channel indicator* (VCI) adalah sebuah indikator yang dibentuk pada waktu *call setup* untuk membentuk sebuah *virtual* kanal komunikasi. Maximum $2^{20} = 1.048.576$ kanal secara simultan dapat disupport oleh DQDB. Servis *connectionless* tidak membutuhkan *call setup* yang diidentifikasi oleh sebuah VCI dengan semua bit di set sama dengan 1.

- b. *Payload Type* (2 bit) : digunakan untuk membedakan data pengguna dari informasi jaringan, seperti *management* dan *signaling*. Data *user* diberikan sebuah tipe *payload* dari 00, dan nilai-nilai yang lain dapat di bedakan oleh operator jaringan sebagai permintaan.
- c. *Segment Priority* (2 bit) : disiapkan untuk penggunaan yang akan datang, akan di set ke 00.
- d. *Header Check Sequence* (8 bit) : DQDB menyediakan pengecekan *error* hanya pada *header*, tidak pada segmen *payload*. Untuk *payload* pengecekan *error* dilakukan pada peralatan *user*

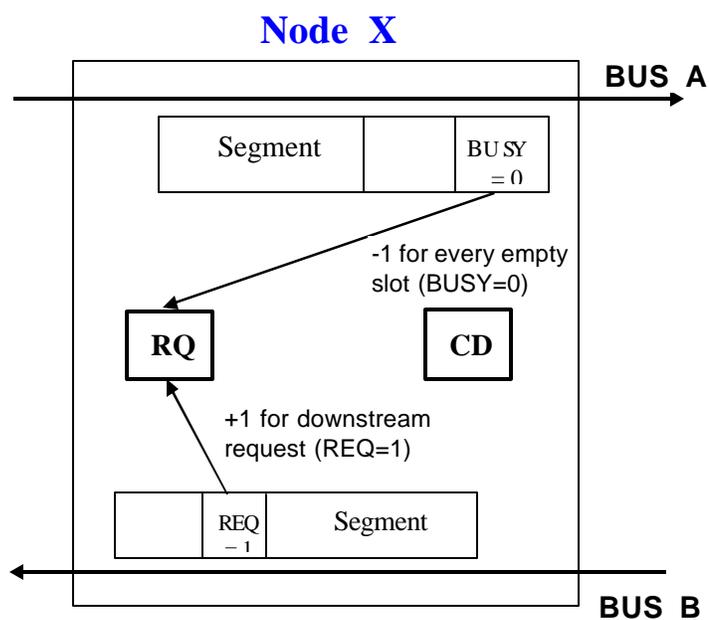
3. Payload , terdiri atas elemen-elemen berikut :

- a. *Segment type* (ST) 1 byte, untuk mengidentifikasi segmen, apakah segmen tersebut merupakan segmen tunggal, segmen yang pertama dari beberapa segmen *message*, segmen tengah atau segmen terakhir.
- b. *Message identifier* (MID) 1 byte, sama untuk semua sel DQDB dari *MAC frame* yang sama.
- c. Informasi, panjangnya 44 byte
- d. CRC (*cyclic redundancy check*), 1 byte, untuk deteksi *error*
- e. *Length* (LEN) : panjang dari *information field*

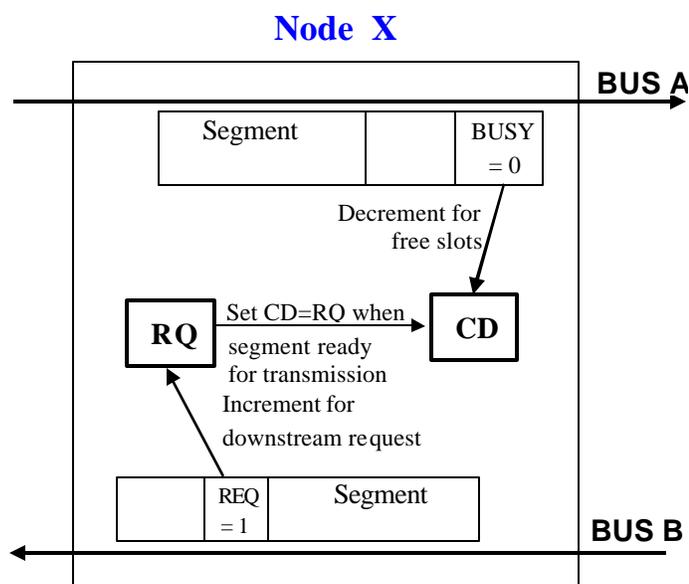
4. RQ (*request counter*) dan CD (*countdown counter*)

Gambar 21 dan 22 memperlihatkan bahwa pada setiap *node* terdapat RQ (*request counter*) dan CD (*countdown counter*). RQ akan bertambah dengan satu untuk setiap *slot* dengan bit REQ=1 yang melalui *node* tersebut dan akan dikurangi satu untuk setiap *slot* bebas yang lewat

dengan bit $BUSY=0$, jika *node downstream* dengan segmen yang *ready*, memanfaatkan slot yang bebas, maka *RQ counter* pada *node X* akan berkurang.



Gambar 21. *Node X*, tanpa segmen yang akan transmit



Gambar 22. *Node X*, dengan segmen yang akan transmit

Angka yang ditunjukkan oleh RQ *counter* adalah jumlah dari *node downstream* yang mempunyai segmen yang antri, menunggu untuk transmisi. Gambar 22, mengindikasikan situasi dimana *node X* mempunyai sebuah segmen untuk transmit.

Jika sebuah segmen pada *node X* telah siap untuk ditransmisikan, maka *node X* akan menyelenggarakan empat fungsi :

- a. *Node X* mentransfer nilai dalam RQ *counter* ke CD *counter*.
- b. *Node X* men-switch prosedur *countdown* dari RQ *counter* ke CD *counter*, untuk setiap *slot QA* bebas yang melintas pada *bus A* (gambar 22). Disini *slot* yang bebas akan digunakan oleh *node downstream* dari *node X* yang lebih dulu antri, sehingga ketika CD *counter* menunjukkan nol, *node X* mendapat prioritas utama untuk menggunakan *slot QA* berikutnya yang bebas untuk mentransmisikan segmennya.
- c. *Node X* menset bit REQ dalam *slot QA* yang tersedia pada *bus B* untuk memberitahu *node-node* yang *upstream* bahwa *node X* sudah ikut antri.
- d. *Node X* mereset RQ *counter* ke nol dan menghitung lagi *downstream* lain yang me-request dalam RQ *counter* untuk menyediakan suatu posisi dalam antrian untuk mengirimkan segmen berikutnya.

Tabel 5. Orientasi koneksi DQDB

Orientasi Koneksi	Sinkronisasi	Tipe Aplikasi
<i>Connectionless</i>	<i>Asynchronous</i>	<i>Backbone MAN for LAN Interconnect</i>
<i>Connection-oriented</i>	<i>Isochronous</i>	<i>Voice dan video</i>
<i>Connection-oriented</i>	<i>Asynchronous</i>	<i>Terminal/host connection</i>

Sumber : Wright, 1993