

Cara Kerja Network Layer dan Routing

Memahami lapisan jaringan (Layer 3) dalam model OSI dan proses routing paket data

Presentation Layer

Session Layer

Transport Layer

Network Layer

Data Link Layer

Physical Layer

Contoh Praktis

Saat Anda mengakses website dari browser, network layer:

- Menambahkan alamat IP sumber (komputer Anda)
- Menambahkan alamat IP tujuan (server website)
- Menentukan rute terbaik melalui internet

```
# Cek alamat IP komputer Anda
```

```
C:\> ipconfig  
IPv4 Address . . . . . : 192.168.1.105  
Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1
```

```
# Uji koneksi ke server
```

```
C:\> ping google.com  
Pinging google.com [142.250.80.78] with 32 bytes of data:  
Reply from 142.250.80.78: bytes=32 time=15ms TTL=118
```

End-User

Receive Data

Application Layer

Presentation Layer

Session Layer

Transport Layer

Network Layer

Data Link Layer

Physical Layer



OSI Model

Layer 3: Network Layer



Routing

Menentukan jalur paket



IP Address

Alamat logis perangkat



Protokol

RIP, OSPF, BGP

Physical Link

Tanggung Jawab Network Layer

Fungsi utama dari Layer 3 dalam model OSI



Logical Addressing

Menetapkan **alamat IP unik** pada perangkat untuk identifikasi dan komunikasi antar jaringan

Contoh

DHCP server memberikan IP 192.168.1.101 ke laptop Anda saat terhubung ke WiFi

```
C:\> ipconfig /all
IPv4 Address . . . . . :
192.168.1.101
Subnet Mask . . . . . :
255.255.255.0
Default Gateway . . . . :
192.168.1.1
```

Packetization

Membungkus data dari transport layer menjadi **paket** untuk transmisi yang efisien

Contoh

File 10MB dibagi menjadi paket-paket 1500 byte untuk dikirim melalui internet

```
C:\> ping -l 1500 google.com
Pinging google.com [142.250.80.78]
with 1500 bytes of data:
Reply from 142.250.80.78:
bytes=1500 time=18ms TTL=118
```



Host-to-Host Delivery

Memastikan pengiriman paket dari pengirim ke penerima melalui berbagai jaringan

Contoh

Email dari Gmail ke Yahoo melalui beberapa router dan jaringan berbeda

```
C:\> tracert mail.yahoo.com
1 2ms 2ms 2ms 192.168.1.1
2 8ms 8ms 7ms 10.0.0.1
3 15ms 14ms 15ms 203.0.113.45
```



Forwarding

Memindahkan paket dari input router ke output interface yang sesuai berdasarkan IP tujuan

Contoh

Router kampus meneruskan paket dari lab komputer ke server fakultas

```
C:\> netstat -rn
Network Destination Netmask Gateway
Interface
192.168.1.0 255.255.255.0
192.168.1.1 192.168.1.105
0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.1
192.168.1.105
```



Routing

Menentukan **jalur optimal** untuk paket melintasi beberapa jaringan

Contoh

Akses video streaming dari server di AS memilih jalur dengan latensi terendah

```
C:\> pathping -n netflix.com
0: 192.168.1.105
1: 192.168.1.1 0/100 = 0%
2: 10.0.0.1 0/100 = 0%
```



Fragmentation

Memecah paket besar menjadi fragmen kecil sesuai MTU jaringan dan menyatukannya kembali di tujuan

Contoh

Paket 4000 byte dipecah menjadi 3 fragmen saat melalui jaringan dengan MTU 1500

```
# Dengan Wireshark, terlihat
fragmen:
Frame 1: 1500 bytes (fragment 1/3)
Frame 2: 1500 bytes (fragment 2/3)
Frame 3: 1000 bytes (fragment 3/3)
```

Cara Kerja Network Layer

Proses dasar yang terjadi pada Layer 3

1 Pemberian Alamat

Setiap perangkat diberi **alamat IP unik** untuk identifikasi

Contoh

Laptop Anda mendapat IP 192.168.1.105 dari DHCP server saat terhubung ke WiFi

3 Analisis Tujuan

C:\> ipconfig /renew

IPv4 Address : 192.168.1.105

Router memeriksa alamat IP tujuan untuk menentukan jalur

Contoh

Router ISP memeriksa IP 203.0.113.45 (server Netflix) untuk menentukan rute

Peran Router

C:\> nslookup netflix.com

Server: 192.168.1.1
Address: 142.250.80.78
Router bertindak sebagai perantara antar jaringan, memeriksa header paket IP, mengurangi TTL, dan meneruskan paket ke interface keluar yang sesuai menuju tujuan akhir

Saat Anda mengakses google.com, router kampus meneruskan paket Anda ke router ISP, yang kemudian meneruskannya ke server Google

C:\> ping -i 5 google.com

Reply from 142.250.80.78: bytes=32 time=15ms TTL=118

Reply from 142.250.80.78: bytes=32 time=16ms TTL=117

Reply from 142.250.80.78: bytes=32 time=14ms TTL=116

2 Pembungkusan Data

Data dari transport layer dibungkus menjadi **paket IP**

Contoh

File foto 2MB dibagi menjadi 1400 paket saat dikirim melalui email

4 Pemilihan Jalur



Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.105, Dst: 142.250.80.78

Total Length: 1500 bytes

Identification: 0x2a1f (10783)

Contoh

Router memilih jalur dengan latensi 15ms daripada 45ms untuk streaming video

C:\> netstat -rn

Network Destination Netmask Gateway

0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.1

142.250.80.0 255.255.255.0 10.0.0.1

Pengenalan Routing

Memahami konsep dasar routing dan pentingnya dalam jaringan

↑ Apa Itu Routing?

- ✓ Proses **memilih jalur** untuk paket data
- ✓ Menentukan rute dari sumber ke tujuan
- ✓ Dilakukan oleh perangkat **router**

💡 Contoh

Saat Anda mengakses website dari server di Jepang, routing memilih jalur terbaik melalui beberapa router di berbagai negara

```
C:\> tracert google.co.jp
1 2ms 2ms 2ms 192.168.1.1
2 8ms 8ms 7ms 10.0.0.1
3 15ms 14ms 15ms 203.0.113.45
```

☰ Tabel Routing

- ✓ Berisi informasi **jalur yang tersedia**
- ✓ Setiap router memiliki tabel routing
- ✓ Diperbarui secara dinamis atau statis

💡 Contoh

Router ISP memiliki entri seperti: 192.168.1.0/24 via 10.0.0.1 (interface lokal) atau 203.0.113.0/24 via 203.0.113.254 (next hop)

```
C:\> route print
Network Destination Netmask Gateway
192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.1.1
203.0.113.0 255.255.255.0 203.0.113.254
```

! Mengapa Routing Penting?

- ✓ Menghubungkan **jaringan berbeda**
- ✓ Memilih jalur **terbaik** untuk data
- ✓ Menjamin pengiriman data yang efisien

💡 Contoh

Video streaming memerlukan jalur dengan latensi rendah, sementara email transfer memilih jalur dengan throughput tinggi

```
C:\> pathping -n youtube.com
0: 192.168.1.105
1: 192.168.1.1 0/100 = 0%
2: 10.0.0.1 1/100 = 1%
```



Static Routing

Dikonfigurasi manual oleh administrator jaringan

💡 Contoh

Jaringan kecil dengan 2 router yang konfigurasi jalurnya tidak berubah

```
C:\> route add
10.10.0.0 mask
255.255.0.0
192.168.1.254
OK!
```



Dynamic Routing

Diperbarui otomatis menggunakan protokol routing

💡 Contoh

Internet backbone dengan OSPF/BGP yang menyesuaikan jalur saat terjadi gangguan

```
Router(config)#
router ospf 1
Router(config-router)#
network 192.168.1.0 0.0.0.255
area 0
```

🎓 Jaringan Kampus

Router kampus menggunakan static routing untuk koneksi ke internet dan dynamic routing (OSPF) untuk menghubungkan fakultas

```
# Konfigurasi OSPF di
router kampus
Router(config)# router
ospf 100
Router(config-router)#
network 10.0.0.0 0.0.0.255
area 0
Router(config-router)#
network 172.16.0.0
0.0.255.255 area 0
```

🏢 Perusahaan Besar

Menggunakan dynamic routing (EIGRP) untuk koneksi antar cabang dan BGP untuk koneksi ke multiple ISP

```
# Konfigurasi BGP di
router edge
Router(config)# router bgp
65001
Router(config-router)#
neighbor 203.0.113.1
remote-as 65002
Router(config-router)#
neighbor 198.51.100.1
remote-as 65003
```

Routing Protocols

Perbandingan berbagai protokol routing dalam jaringan komputer



Protokol routing adalah aturan yang memungkinkan router untuk **berbagi informasi jalur** dan **membangun tabel routing** secara otomatis. Setiap protokol memiliki karakteristik yang berbeda.



RIP

Routing Information Protocol

- ✓ Menggunakan **hop count** sebagai metrik
- ✓ Maksimal 15 hop
- ✓ Update setiap 30 detik

Contoh

Jaringan kecil dengan 5 router di kantor cabang bank menggunakan RIP untuk koneksi antar departemen

```
# Konfigurasi RIP di router
Router(config)# router rip
Router(config-router)# version 2
Router(config-router)# network 192.168.1.0
Router# show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds
```

Distance Vector



OSPF

Open Shortest Path First

- ✓ Menggunakan algoritma **Dijkstra**
- ✓ Mempertimbangkan bandwidth
- ✓ Update hanya saat ada perubahan

Contoh

Universitas dengan 50 router menghubungkan 10 fakultas menggunakan OSPF untuk efisiensi bandwidth

```
# Konfigurasi OSPF di router
Router(config)# router ospf 100
Router(config-router)# network 10.0.0.0 0.0.0.255 area 0
Router# show ip ospf neighbor
Neighbor ID Pri State Dead Time Address Interface
192.168.2.1 1 FULL/DR 00:00:36 10.0.0.2 Gig0/1
```

Link State



BGP

Border Gateway Protocol

- ✓ Protokol routing **eksternal**
- ✓ Menghubungkan antar ISP
- ✓ Berdasarkan kebijakan routing

Contoh

ISP Telkom menggunakan BGP untuk berbagi informasi routing dengan ISP lain di internet backbone

```
# Konfigurasi BGP di router edge
Router(config)# router bgp 65001
Router(config-router)# neighbor 203.0.113.1 remote-as 65002
Router# show ip bgp summary
Neighbor V AS MsgRcvd MsgSent TblVer InQ OutQ Up/Down
State/PfxRcd
203.0.113.1 4 65002 1567 1582 12 0 0 02:14:35 125
```

Path Vector



EIGRP

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

- ✓ Proprietary dari **Cisco**
- ✓ Hybrid antara distance vector dan link state
- ✓ Konvergensi lebih cepat

Contoh

Perusahaan e-commerce dengan 30 router Cisco menggunakan EIGRP untuk koneksi antar gudang

```
# Konfigurasi EIGRP di router
Router(config)# router eigrp 100
Router(config-router)# network 172.16.0.0
Router# show ip eigrp topology
P 192.168.1.0/24, via 10.0.0.2, 00:00:12, Ethernet0/1
Composite metric is (2172416/281600), Route is Internal
```

Hybrid

IP Routing Process Step by Step

Proses routing paket dari sumber ke tujuan

1 Host Source

Membuat paket IP dengan alamat sumber dan tujuan

- Cek apakah tujuan **lokal atau remote**

💡 Contoh

Laptop (192.168.1.105) mengakses google.com (142.250.80.78) → tujuan remote

```
C:\> ipconfig /all
IPv4 Address . . . . . : 192.168.1.105
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1
```

3 Router 1

Menerima frame dan memeriksa FCS

- Cek **tabel routing** untuk menentukan next hop
- Kurangi TTL dan hitung ulang checksum

💡 Contoh

Tabel routing: 142.250.80.0/24 via 10.0.0.2 (ISP), TTL: 64 → 63

Wi-Fi Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.105, Dst: 142.250.80.78
Time to live: 63 (decremented by router)

5 Host Destination

Menerima frame dan memeriksa FCS

- De-encapsulate paket IP dari frame
- Kirim ke **layer transport** untuk diproses

💡 Contoh

Server Google menerima paket, memverifikasi IP tujuan, meneruskan ke TCP

Wi-Fi Transmission Control Protocol, Src Port: 52312, Dst Port: 443
Sequence number: 1, Acknowledgment number: 0

i Setiap hop dalam routing memeriksa header IP, mengurangi TTL, dan meneruskan paket ke interface keluar yang sesuai berdasarkan tabel routing hingga mencapai tujuan akhir.

2 Pembuatan Frame

Membungkus paket IP dalam frame Ethernet

- Cek tabel **ARP** untuk MAC address gateway

💡 Contoh

Frame Ethernet: SRC MAC=aa:bb:cc:dd:ee:ff, DST MAC=00:11:22:33:44:55 (router)

```
C:\> arp -a
Interface: 192.168.1.105 --- 0x3
192.168.1.1 00-11-22-33-44-55 dynamic
```

4 Router 2

Memproses paket serupa dengan Router 1

- Jika tujuan **terhubung langsung**, siapkan ke host tujuan

💡 Contoh

Router Google: 142.250.80.78/24 terhubung langsung, TTL: 63 → 62

```
Router# show ip route 142.250.80.78
Routing entry for 142.250.80.0/24
Known via "connected", distance 0, metric 0
Directly connected, GigabitEthernet0/1
```

6 Response Process

Host tujuan memproses data dan mengirim respons

- Proses serupa terjadi untuk **paket balik**

💡 Contoh

Google mengirim respons: SRC IP=142.250.80.78, DST IP=192.168.1.105

```
C:\> ping -i 5 google.com
Reply from 142.250.80.78: bytes=32 time=15ms TTL=118
Reply from 142.250.80.78: bytes=32 time=16ms TTL=117
Reply from 142.250.80.78: bytes=32 time=14ms TTL=116
```

Ringkasan

Poin-poin penting tentang Network Layer dan Routing

Network Layer

- ✓ Layer 3 dalam model OSI
- ✓ Menangani **pengalamanan logis** (IP)
- ✓ Memastikan pengiriman **host-to-host**

Contoh

Saat Anda browsing, network layer menambahkan header IP dengan alamat sumber (192.168.1.105) dan tujuan (142.250.80.78)

```
C:\> ipconfig /all
IPv4 Address . . . . . : 192.168.1.105
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . : 192.168.1.1
```

Protokol Routing

- ✓ **RIP** - Distance Vector, hop count
- ✓ **OSPF** - Link State, algoritma Dijkstra
- ✓ **BGP** - Path Vector, antar ISP

Contoh

Universitas menggunakan OSPF untuk efisiensi bandwidth, ISP menggunakan BGP untuk koneksi antar jaringan

```
Router# show ip protocols
Routing Protocol is "ospf 100"
Outgoing Update filter list for all interfaces is not set
Router ID 192.168.1.1
```

Routing

- ✓ Proses **memilih jalur** untuk paket
- ✓ Menghubungkan jaringan yang berbeda
- ✓ Menggunakan **tabel routing** untuk keputusan

Contoh

Router memeriksa tabel routing untuk menentukan interface keluar yang sesuai untuk paket yang menuju server Netflix

```
C:\> route print
Network Destination Netmask Gateway
192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.1.1
0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.1
```

Proses Routing

- ✓ Host menentukan tujuan lokal/remote
- ✓ Router memeriksa **tabel routing**
- ✓ Kurangi TTL dan hitung ulang checksum

Contoh

Paket streaming video melalui 7 router dengan TTL berkurang dari 64 menjadi 57 sebelum mencapai tujuan

```
C:\> ping -i 5 google.com
Reply from 142.250.80.78: bytes=32 time=15ms TTL=118
Reply from 142.250.80.78: bytes=32 time=16ms TTL=117
Reply from 142.250.80.78: bytes=32 time=14ms TTL=116
```

Contoh End-to-End: Streaming Video dari Server di Luar Negeri

1 Laptop Anda (192.168.1.105) mengakses video dari server di AS (142.250.80.78)

2 Router kampus menggunakan OSPF untuk menemukan jalur optimal ke ISP

3 ISP menggunakan BGP untuk menentukan jalur internasional dengan latensi terendah

4 Paket video (dibagi menjadi ribuan paket kecil) melewati 12 router dengan TTL berkurang

Masalah: Koneksi Internet Lambat

Pengguna melaporkan koneksi internet sangat lambat saat mengakses website internasional. Diperlukan troubleshooting untuk menemukan penyebabnya.

```
C:\> pathping -n youtube.com
0: 192.168.1.105
1: 192.168.1.1 0/100 = 0%
2: 10.0.0.1 45/100 = 45%
3: 203.0.113.45 20/100 = 20%
```

Solusi: Analisis Jalur dan Optimasi

Hasil pathping menunjukkan packet loss tinggi di hop 2 dan 3. Solusi: ubah jalur routing dengan menambahkan static route ke ISP alternatif atau konfigurasi OSPF dengan metrik yang berbeda.

```
C:\> route add 142.250.0.0 mask 255.255.0.0 192.168.1.254
OK!
Router(config)# ip route 142.250.0.0 255.255.0.0 10.0.0.2 150
```

Network Layer dan routing merupakan fondasi dari komunikasi internet, memungkinkan pengiriman data antar jaringan yang berbeda secara efisien dan andal.