

# 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 - Bagian 1

Proses dasar yang terjadi pada Layer 3

## 1 Pemberian Alamat

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

- ✓ DHCP server menetapkan IP
- ✓ Subnet mask menentukan jaringan
- ✓ Gateway untuk akses ke luar jaringan

### 💡 Contoh

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

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

## 2 Pembungkusan Data

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

- ✓ Header IP ditambahkan
- ✓ Data dibagi menjadi paket
- ✓ Fragmentation jika diperlukan

### 💡 Contoh

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



### Wireshark Capture

Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.105, Dst: 142.250.80.78  
Total Length: 1500 bytes  
Identification: 0x2a1f(10783)

# Cara Kerja Network Layer - Bagian 2

Proses routing dan peran router dalam jaringan

## 3 Analisis Tujuan

Router memeriksa alamat IP tujuan untuk menentukan jalur

- ✓ Memeriksa **header IP** paket
- ✓ Mengidentifikasi **network ID**
- ✓ Menentukan **interface keluar**

### Contoh

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

```
C:\> nslookup netflix.com  
Server: 192.168.1.1  
Address: 142.250.80.78
```

## 4 Pemilihan Jalur

Router memilih **jalur optimal** berdasarkan tabel routing

- ✓ Menghitung **metrik jalur**
- ✓ Membandingkan **beberapa rute**
- ✓ Memilih **interface terbaik**

### 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
```



## Peran Router

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

### Contoh Praktis

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
```

# 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 icon: 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 icon: 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.