



Program Studi Teknik Elektro

Institut Teknologi Del

Dari routing statis menuju jaringan yang dapat beradaptasi terhadap perubahan topologi.

Capaian Pembelajaran Minggu 5

Setelah perkuliahan ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- 1 Menjelaskan mengapa *dynamic routing* diperlukan pada internetwork yang berkembang.
- 2 Membedakan *static routing*, *distance vector*, *link state*, dan *path vector* secara konseptual.
- 3 Menjelaskan *metric*, *route selection*, *convergence*, dan potensi *routing loop*.
- 4 Menelusuri secara sederhana bagaimana router belajar rute dan memperbarui tabel routing.
- 5 Menghubungkan konsep fundamental dengan RIP dan OSPF sebagai contoh IGP.

Fokus utama

Bukan menghafal perintah konfigurasi, tetapi memahami **bagaimana router memperoleh, membandingkan, dan memperbarui informasi rute.**

Menghubungkan Materi Minggu 4 dan Minggu 5

Minggu 4 – Static/Default Routing

- Administrator menentukan *next-hop* atau *exit interface*.
- Perubahan topologi harus direspons secara manual.
- Sederhana dan prediktif untuk jaringan kecil/stub.

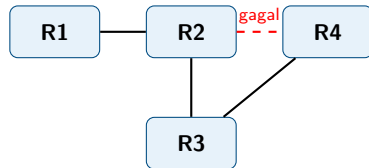
Minggu 5 – Dynamic Routing

- Router saling bertukar informasi routing.
- Topologi dan rute dapat dipelajari otomatis.
- Router menghitung ulang rute saat jaringan berubah.

Pertanyaan transisi: Apa yang terjadi jika satu link putus dan ada jalur alternatif?

Mengapa Dynamic Routing Diperlukan?

- Jumlah router dan subnet bertambah.
- Tersedia lebih dari satu jalur menuju tujuan.
- Link dapat gagal, pulih, atau berubah kualitasnya.
- Perubahan manual pada banyak router tidak skalabel.
- Diperlukan *fault adaptation* dan pengelolaan yang konsisten.



Contoh

Jika R2–R4 gagal, router dapat belajar jalur alternatif R2–R3–R4 tanpa administrator menulis rute baru satu per satu.

Apa Itu Dynamic Routing Protocol?

Definisi kerja

Dynamic routing protocol adalah mekanisme terstandar yang memungkinkan router **bertukar informasi reachability, menghitung jalur, dan memperbarui routing table** ketika topologi berubah.

1. Discover

Mengenal tetangga dan jaringan yang dapat dicapai.

2. Exchange/Compute

Bertukar informasi dan menghitung kandidat jalur.

3. Maintain

Memantau perubahan dan menghitung ulang bila perlu.

Penting

Routing protocol bekerja pada **control plane**. Paket pengguna diteruskan berdasarkan informasi yang telah dipilih ke **forwarding/data plane**.

Control Plane vs Data Plane

Control Plane

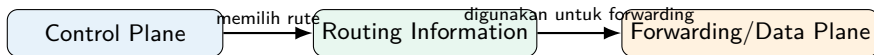
Menjawab: *"Rute mana yang sebaiknya dipakai?"*

- Routing protocol
- Neighbor information
- Topology/routing database
- Best-path calculation

Data/Forwarding Plane

Menjawab: *"Ke mana paket ini diteruskan sekarang?"*

- Destination lookup
- Longest-prefix match
- Next-hop / outgoing interface
- Forward packet



Klasifikasi Routing Protocol: IGP dan EGP

IGP – Interior Gateway Protocol

Digunakan **di dalam satu Autonomous System (AS)**.

- RIP – Distance Vector
- OSPF – Link State
- IS-IS – Link State
- EIGRP – advanced distance-vector/hybrid (vendor-specific heritage)

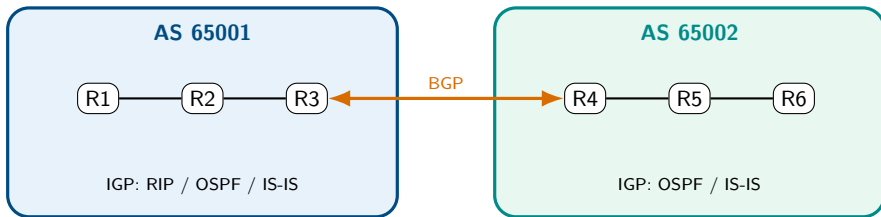
EGP – Exterior Gateway Protocol

Digunakan **antar Autonomous System**.

- BGP-4 – Path Vector
- Mempertimbangkan policy antar-AS, bukan sekadar “jarak terdekat”.

Pada Minggu 5, fokus utama kita adalah prinsip IGP.

Autonomous System (AS): Batas Administratif Routing



Intuisi

AS adalah kumpulan jaringan/router di bawah kebijakan administrasi routing yang terkoordinasi. IGP menangani routing internal; BGP menghubungkan kebijakan antar-AS.

Tiga Keluarga Algoritma yang Perlu Dikenal

Keluarga	Informasi yang dipertukarkan	Gambaran jaringan yang diketahui	Contoh
Distance Vector	"Jarak"/metric ke tujuan dan arah/next-hop	Terutama berdasarkan informasi dari tetangga	RIP
Link State	Keadaan/kost link lokal yang di-flood ke area/domain	Membangun peta topologi yang lebih lengkap	OSPF, IS-IS
Path Vector	Prefix dan atribut jalur, termasuk urutan AS	Jalur antar-domain beserta atribut/policy	BGP

Jangan disederhanakan berlebihan

Perbedaan bukan hanya "RIP pakai hop, OSPF pakai cost". Yang lebih fundamental adalah **jenis informasi yang dibagikan** dan **cara router membangun keputusan jalur**.

Apa Itu Metric?

Metric

Nilai yang digunakan suatu routing protocol untuk membandingkan kandidat jalur menuju prefix yang sama.

Contoh metric/atribut:

- Hop count
- Cost berbasis bandwidth
- Delay, reliability, load (bergantung protokol)
- Policy/path attributes pada inter-domain routing

Contoh sederhana

Ke jaringan N:

- Jalur A: metric = 2
- Jalur B: metric = 5

Jika protokol mendefinisikan metric lebih kecil sebagai lebih baik, maka Jalur A dipilih.

Metric hanya bermakna dalam aturan protokol yang mendefinisikannya.

Bagaimana Router Memilih Rute? Tiga Tahap Berbeda

- ➊ **Longest Prefix Match** saat meneruskan paket: prefix paling spesifik menang.
- ➋ **Pemilihan best path di dalam routing protocol**: berdasarkan metric/algorithm protokol.
- ➌ **Pemilihan antar-sumber rute**: implementasi router dapat menggunakan preference/administrative distance ketika prefix yang sama dipelajari dari sumber berbeda.

Poin penting

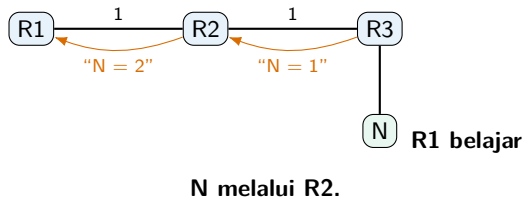
Longest Prefix Match dan **routing metric** bukan konsep yang sama. Longest Prefix Match bekerja ketika tujuan paket dicocokkan ke entri forwarding; metric membantu menentukan kandidat rute untuk prefix tertentu.

Distance Vector: Intuisi

Prinsip

Setiap router memberi tahu tetangganya: *"Saya mengetahui tujuan X dengan jarak/metric tertentu."*

- Router tidak perlu menerima peta lengkap topologi.
- Keputusan dibangun dari informasi tetangga.
- Secara konseptual terkait Bellman-Ford.



Distance Vector: Bentuk Persamaan Sederhana

Untuk tujuan y , router x mempertimbangkan setiap tetangga v :

$$D_x(y) = \min_v \{c(x, v) + D_v(y)\}$$

- $D_x(y)$: estimasi biaya terbaik dari x menuju y .
- $c(x, v)$: biaya link dari x ke tetangga v .
- $D_v(y)$: biaya yang dilaporkan tetangga v menuju y .

Contoh

R1 memiliki dua tetangga menuju N:

$$\text{via R2 : } 1 + 4 = 5 \quad \text{via R3 : } 2 + 2 = 4$$

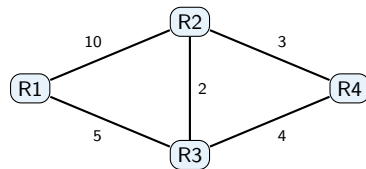
Maka R1 memilih jalur melalui R3 dengan metric 4.

Link State: Intuisi

Prinsip

Setiap router mengiklankan **keadaan link lokalnya**; informasi tersebut disebar (flooding) sehingga router membangun database topologi yang konsisten dalam scope protokol.

- Mengetahui tetangga dan cost link lokal.
- Menghasilkan Link-State Advertisements/PDUs.
- Membentuk Link-State Database (LSDB).
- Menghitung Shortest Path Tree dengan SPF/Dijkstra.



Semua router membangun pandangan topologi

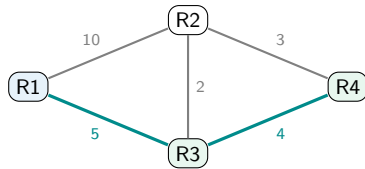
Shortest Path First (SPF): Gagasan Dijkstra

Dari sudut pandang R1:

- 1 Mulai dari R1 sebagai akar.
- 2 Pilih node belum tetap dengan biaya kumulatif terkecil.
- 3 Perbarui biaya menuju tetangga node tersebut.
- 4 Ulangi sampai tujuan/topologi yang relevan terselesaikan.

Dari topologi sebelumnya

R1 $\rightarrow$ R3 $\rightarrow$ R4 memiliki cost $5 + 4 = 9$, sedangkan R1 $\rightarrow$ R2 $\rightarrow$ R4 memiliki cost $10 + 3 = 13$.



cost terbaik ke R4 = 9

Distance Vector vs Link State

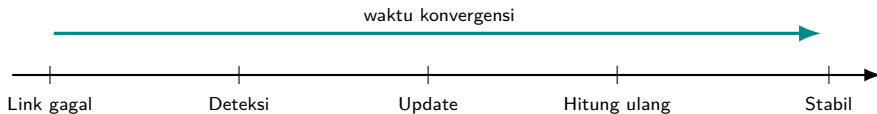
Aspek	Distance Vector	Link State
Informasi utama	Jarak/metric menuju tujuan dari perspektif router	State/cost link yang membentuk topologi
Pertukaran	Umumnya dengan tetangga, periodik dan/atau triggered tergantung protokol	Flooding informasi link dalam scope yang ditentukan
Perhitungan	Berbasis informasi jarak dari tetangga	SPF pada database topologi
Pengetahuan topologi	Lebih tidak langsung	Lebih eksplisit/lengkap dalam area/domain
Risiko klasik	Slow convergence, count-to-infinity, loop sementara	Kompleksitas LSDB/flooding, kebutuhan sinkronisasi
Contoh	RIP	OSPF, IS-IS

Keduanya sama-sama bertujuan mempertahankan reachability yang benar saat topologi berubah.

Convergence: Kapan Jaringan “Sepakat” Lagi?

Convergence

Keadaan ketika router telah memproses perubahan topologi dan memiliki informasi routing yang cukup konsisten untuk meneruskan paket sesuai kondisi jaringan terbaru.



Selama belum konvergen

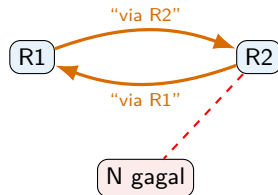
Dapat terjadi blackhole, jalur suboptimal, packet loss, atau loop sementara. Karena itu kecepatan deteksi dan propagasi perubahan sangat penting.

Routing Loop dan Count-to-Infinity

Routing loop

Paket berputar di antara router karena informasi routing sementara tidak konsisten.

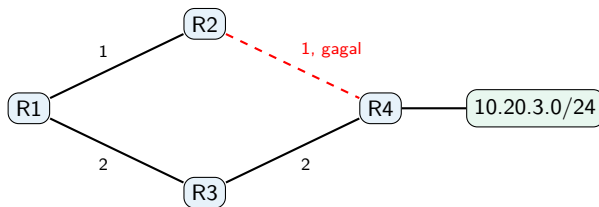
- Dapat muncul saat rute gagal tetapi kabar kegagalan belum menyebar.
- Distance-vector klasik rentan pada *count-to-infinity*.



Mitigasi pada protokol distance-vector

Teknik seperti split horizon, route poisoning/poison reverse, triggered updates, dan batas metric membantu mengurangi loop atau mempercepat invalidasi rute.

Contoh Perubahan Topologi dan Rekonvergensi



- 1 Sebelum gagal, R1 dapat memilih R1–R2–R4 (metric 2).
- 2 Link R2–R4 gagal dan terdeteksi.
- 3 Informasi perubahan disebarkan / database diperbarui.
- 4 R1 menghitung ulang dan beralih ke R1–R3–R4 (metric 4).

Ini lah inti adaptasi dynamic routing.

Routing Table: Informasi yang Harus Dibaca

Source	Destination Prefix	Next Hop	Metric
Connected	10.20.1.0/24	directly connected	0
Dynamic	10.20.2.0/24	192.0.2.2	2
Dynamic	10.20.3.0/24	192.0.2.6	3
Static	0.0.0.0/0	192.0.2.1	–

Yang perlu dibaca:

- Sumber rute
- Prefix dan panjang prefix
- Next-hop
- Interface keluar
- Metric/preference

Jangan hanya melihat destination

Dua entri yang tampak “mirip” dapat berbeda panjang prefix. Saat forwarding, prefix yang paling spesifik tetap penting.

Classless Routing, CIDR, dan VLSM

Routing modern harus membawa informasi **prefix length/netmask**, sehingga dapat mendukung CIDR dan VLSM.

Mengapa prefix length penting?

Router harus dapat membedakan:

- 10.20.0.0/22 – aggregate network
- 10.20.1.0/24 – subnet yang lebih spesifik
- 10.20.1.128/25 – subnet yang lebih spesifik lagi

Jika ketiganya ada, paket ke 10.20.1.200 cocok paling spesifik dengan 10.20.1.128/25.

RIPv2 dan OSPF adalah classless routing protocols.

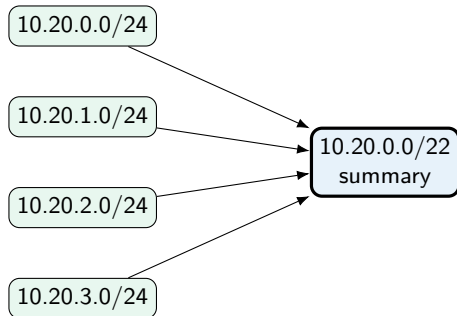
Route Summarization: Mengurangi Skala Informasi Routing

Empat subnet berurutan:

- 10.20.0.0/24
- 10.20.1.0/24
- 10.20.2.0/24
- 10.20.3.0/24

Dapat direpresentasikan sebagai aggregate:

10.20.0.0/22



Manfaat

Lebih sedikit prefix yang perlu diiklankan dan disimpan, sehingga control plane lebih efisien dan perubahan tertentu dapat dibatasi penyebarannya.

RIP sebagai Contoh Distance Vector

- Menggunakan **hop count** sebagai metric.
- Metric valid hingga 15 hop; 16 merepresentasikan unreachable.
- RIPv2 membawa subnet mask/prefix information dan menggunakan multicast untuk update.
- Mekanisme distance-vector memerlukan perlindungan terhadap loop dan slow convergence.

RIP cocok sebagai protokol pedagogis; skalabilitasnya terbatas.

Mengapa tetap dipelajari?

RIP sederhana sehingga baik untuk memahami:

- pertukaran route,
- metric,
- convergence,
- failure propagation.

OSPF sebagai Contoh Link State

- Router membentuk neighbor adjacency sesuai kondisi/link type.
- Link-state information disebarkan dalam area.
- Router membangun LSDB.
- SPF/Dijkstra menghitung shortest-path tree.
- Mendukung desain hierarkis menggunakan area.

Konsep yang perlu dibawa ke materi berikutnya

- Router ID
- Neighbor/adjacency
- Cost
- LSA dan LSDB
- Area 0 / backbone

RIP vs OSPF: Perbandingan Konseptual Awal

Aspek	RIP	OSPF
Keluarga	Distance Vector	Link State
Metric utama	Hop count	Cost
Pandangan topologi	Berdasarkan informasi dari tetangga	LSDB topologi dalam area
Perhitungan	Distance-vector/Bellman-Ford style	SPF/Dijkstra
Skalabilitas	Terbatas	Lebih sesuai jaringan enterprise yang lebih besar
Desain hierarkis	Tidak berbasis area	Mendukung area
Nilai pedagogis	Sangat baik untuk memahami DV dan convergence	Sangat baik untuk memahami LS, flooding, dan SPF

Pemilihan protokol nyata bergantung kebutuhan desain, skala, interoperabilitas, dan kebijakan operasional.

Alur Mental Saat Menganalisis Dynamic Routing

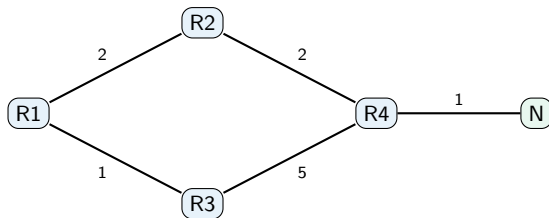
Untuk setiap skenario, gunakan lima pertanyaan berikut:

- ➊ **Apa tujuan/prefix yang ingin dicapai?**
- ➋ **Dari mana router mempelajari rute tersebut?**
- ➌ **Metric atau atribut apa yang dibandingkan?**
- ➍ **Apa next-hop / jalur yang akhirnya dipilih?**
- ➎ **Apa yang terjadi jika link/router pada jalur itu gagal?**

Jika mahasiswa mampu menjawab lima pertanyaan ini

Mahasiswa sudah memiliki fondasi yang kuat untuk memahami konfigurasi RIP dan OSPF pada pertemuan/praktikum berikutnya.

Latihan Konseptual Terpandu



- 1 Jika angka pada link adalah cost, jalur mana dari R1 ke N yang dipilih oleh algoritma shortest-path?
- 2 Jika link R2–R4 gagal, apa tahapan logis yang harus terjadi sebelum R1 menggunakan jalur alternatif?
- 3 Apakah jawaban akan selalu sama jika metric protokol bukan penjumlahan cost link seperti pada contoh ini? Jelaskan.

Ringkasan Minggu 5

- Dynamic routing membuat router mampu **belajar dan beradaptasi** terhadap perubahan reachability/topologi.
- **Distance Vector** belajar jarak/arah dari tetangga; **Link State** menyebarkan state link dan menghitung SPF.
- **Metric** digunakan untuk membandingkan kandidat jalur di dalam protokol; **Longest Prefix Match** digunakan saat forwarding.
- **Convergence** menentukan seberapa cepat jaringan kembali konsisten setelah perubahan.
- Routing loop adalah risiko penting; protokol memiliki mekanisme untuk membatasi atau mempercepat pemulihan.
- RIP dan OSPF adalah dua contoh yang baik untuk menghubungkan teori dengan implementasi.

Dua Pertanyaan Pemahaman Mendasar

- 1 Sebuah router memiliki dua jalur menuju jaringan yang sama. Jelaskan **informasi apa yang dibutuhkan** router untuk memilih jalur pada pendekatan Distance Vector dibandingkan pada Link State. Jangan hanya menyebut nama metric.
- 2 Setelah satu link utama putus, mengapa paket masih mungkin gagal terkirim selama beberapa saat walaupun tersedia jalur alternatif? Jelaskan menggunakan konsep **failure detection, route information propagation, route recalculation, dan convergence**.

Referensi Utama



J. F. Kurose and K. W. Ross, *Computer Networking: A Top-Down Approach*, 8th ed., Pearson, 2021.



A. S. Tanenbaum, N. Feamster, and D. J. Wetherall, *Computer Networks*, 6th ed., Pearson, 2021.



C. Hedrick, "Routing Information Protocol," RFC 1058, 1988.



G. Malkin, "RIP Version 2," RFC 2453, 1998.



J. Moy, "OSPF Version 2," RFC 2328, 1998.



Y. Rekhter, T. Li, and S. Hares, "A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)," RFC 4271, 2006.

Materi berikutnya dapat memperdalam konfigurasi dan observasi RIP/OSPF pada topologi nyata atau simulator.