ENTERPRISE NETWORKING · PERTEMUAN 11

Quality of Service (QoS) Dasar

Memprioritaskan trafik sensitif-latensi di tengah keterbatasan bandwidth

Sub-CPMK 3.3 · CPL-8, CPL-11 · Bab 11 Buku Ajar



Priority queue selalu dilayani lebih dulu

Dosen Pengampu
Ir. H. A. Mooduto, M.Kom. · Ideva Gaputra, S.Kom., M.Kom.
Program Studi D3 Teknik Komputer — Politeknik Negeri Padang · Ganjil 2026/2027

PETA PERTEMUAN

Alur pembahasan hari ini

01	**Masalah best-effort**	Mengapa VoIP terganggu saat link padat
02	**Konsep dasar QoS**	Empat karakteristik trafik, IntServ vs DiffServ
03	**Klasifikasi & marking**	CoS di Layer 2, DSCP di Layer 3, trust boundary
04	**Antrean: LLQ**	Priority queue, batas bandwidth, priority vs bandwidth
05	**Konfigurasi MQC**	class-map, policy-map, service-policy
06	**Studi kasus & praktikum**	QoS di link WAN PT NDK

Setelah pertemuan ini, mahasiswa mampu…

Sub-CPMK 3.3

Mampu menerapkan mekanisme Quality of Service (QoS) dasar untuk menjaga kualitas layanan jaringan enterprise.

CPL-8 · CPL-11
Bobot tugas: 2% nilai akhir

1
Menjelaskan keterbatasan best-effort bagi aplikasi sensitif-latensi

2
Menguraikan bandwidth, delay, jitter, dan packet loss

3
Membedakan marking CoS (Layer 2) dan DSCP (Layer 3)

4
Menjelaskan Low Latency Queuing (LLQ)

5
Mengonfigurasi QoS dasar dengan Modular QoS CLI (MQC)

6
Menganalisis QoS pada trafik voice, video, dan data

01

Masalah best-effort delivery

Semua paket diperlakukan setara — padahal kebutuhannya tidak setara

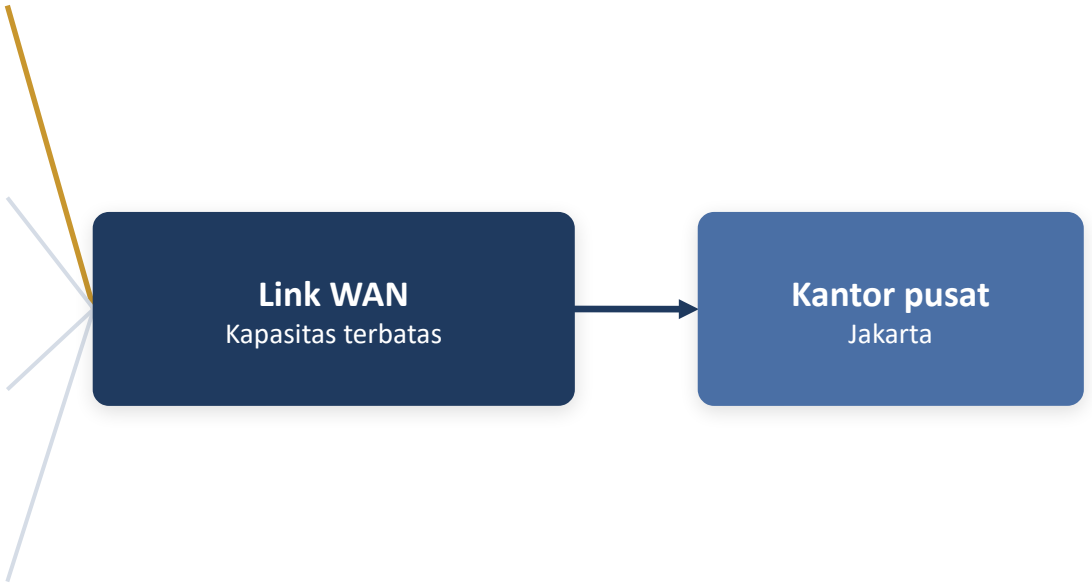
Setiap malam, panggilan telepon tiba-tiba putus-putus

VoIP
Telepon IP seluruh kantor

Video conference
Jakarta – Surabaya – Medan

Backup malam
Transfer data besar ke server pusat

Internet & web
Akses harian karyawan



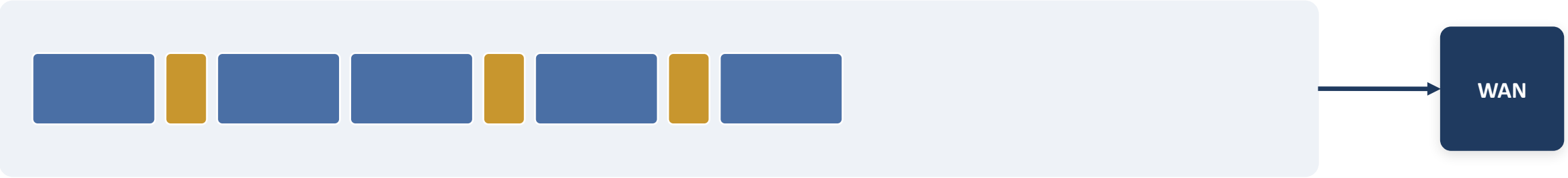
Keluhan

Kualitas panggilan menurun drastis setiap malam — bertepatan dengan jadwal backup.

Semua trafik berbagi satu link WAN. Konektivitas tetap 'jalan' — tetapi kualitasnya tidak.

Paket voice terjebak di belakang paket data besar

Antrean keluar interface WAN (tanpa QoS)



← paket masuk antrean

keluar sesuai urutan datang →

Paket voice: kecil, harus cepat

Paket data: besar, boleh menunggu

Delay

Voice menunggu paket data di depannya

Jitter

Waktu tunggu tiap paket voice berbeda-beda

Packet loss

Antrean penuh → paket dibuang, tanpa pandang jenis

Bandwidth yang cukup menyelesaikan sebagian besar masalah QoS — namun bandwidth tidak pernah cukup selamanya, dan pada saat itulah prioritas menjadi penentu kualitas pengalaman pengguna.

Buku Ajar Enterprise Networking, Bab 11

02

Konsep dasar QoS

Mengatur siapa yang lewat lebih dulu saat terjadi kepadatan

Apa itu Quality of Service?

QoS adalah serangkaian teknik agar jaringan mengelola sumber dayanya secara **selektif**: memprioritaskan jenis trafik tertentu di atas yang lain.

Tiga bentuk perlakuan istimewa:

- antrean prioritas
- jaminan bandwidth minimum
- kombinasi keduanya

QoS hanya berdampak saat terjadi **kepadatan (congestion)**.



Analogi: jalur ambulans

Ambulans → Trafik voice
Harus lewat tanpa hambatan

Kendaraan biasa → Trafik data
Tetap lewat di jalur normal

Jalan tol yang sama → Link WAN
Lebarnya tidak bertambah

EMPAT KARAKTERISTIK TRAFIK

Yang diukur QoS, dan target untuk VoIP



Bandwidth

Kapasitas data per satuan waktu

Target VoIP

Sedang

Relatif kecil per panggilan



Delay

Waktu tempuh paket ke tujuan

Target VoIP

< 150 ms

Satu arah; sensitivitas sangat tinggi



Jitter

Variasi delay antar-paket berurutan

Target VoIP

< 30 ms

Sensitivitas sangat tinggi



Packet loss

Persentase paket yang tidak sampai

Target VoIP

< 1%

Sensitivitas tinggi

IntServ vs DiffServ

IntServ
Integrated Services

Reservasi bandwidth per aliran (flow) dengan protokol RSVP

- Akurat untuk tiap flow
- Sulit diskalakan: setiap router menyimpan status setiap flow

DiffServ
Differentiated Services

Trafik dikelompokkan ke beberapa kelas; kebijakan per kelas

- Skalabel untuk jaringan besar
- Standar de facto enterprise — fokus mata kuliah ini

Dipakai di sini

03

Klasifikasi & marking

Kenali trafiknya sekali, tandai, lalu semua perangkat berikutnya tinggal membaca tanda

Empat langkah dari paket masuk sampai keluar



1

Klasifikasi

Kenali jenis trafik dari IP, port, VLAN



2

Marking

Tandai nilai prioritas: CoS / DSCP



3

Queuing

Masukkan ke antrean sesuai kelas



4

Scheduling

Tentukan antrean mana dilayani dulu



Kenapa perlu marking? Klasifikasi cukup sekali di dekat sumber. Perangkat-perangkat berikutnya tinggal membaca tanda, tidak perlu mengklasifikasi ulang dari awal.

Dua tempat menaruh tanda prioritas

CoS
Class of Service · Layer 2

Lokasi

Field PCP di tag 802.1Q

Ukuran

3 bit

Rentang nilai

0 – 7

Bertahan: Hanya selama frame melintasi trunk Layer 2. Hilang saat paket melewati router.

DSCP
Differentiated Services Code Point · Layer 3

Lokasi

DS Field di header IP

Ukuran

6 bit

Rentang nilai

0 – 63

Bertahan: End-to-end, ikut paket IP melintasi router mana pun.

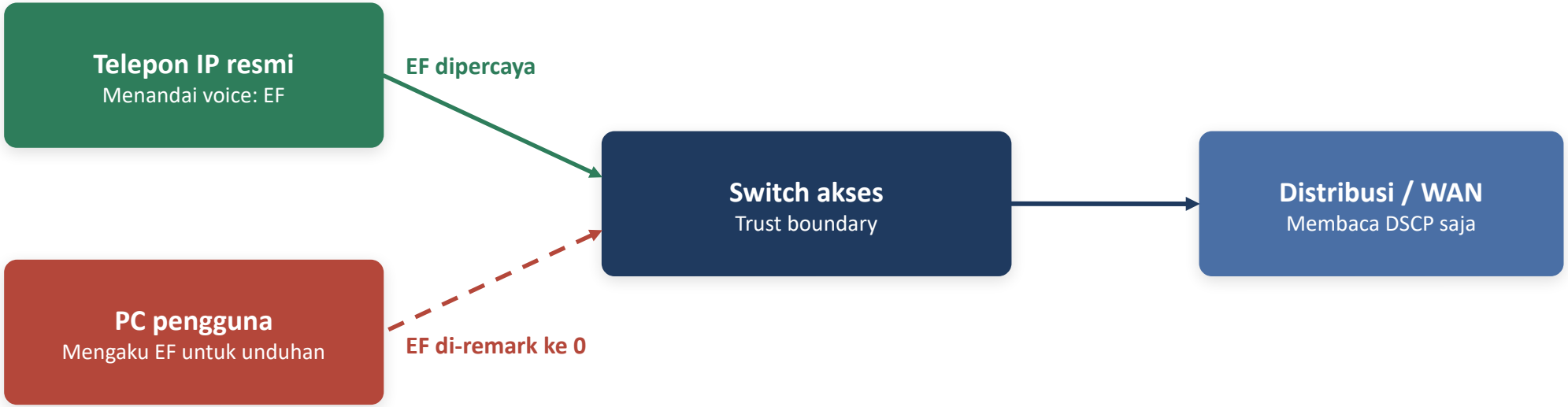
EF untuk voice, AF41 untuk video

Kelas trafik	DSCP (nama)	DSCP (desimal)	CoS umum*	Perlakuan
Voice (VoIP)	`EF`	**46**	5	Expedited Forwarding: delay & jitter minimal
Video conference	`AF41`	**34**	4	Assured Forwarding kelas 4, drop precedence rendah
Data biasa / backup	`Default (BE)`	**0**	0	Best-effort

** Pemetaan CoS 5 → voice dan CoS 4 → video adalah praktik umum Cisco, tidak dirinci di Bab 11.*

Membaca AF41: `AF` = Assured Forwarding · `4` = kelas (makin tinggi makin penting) · `1` = drop precedence rendah (paling akhir dibuang saat padat)

Tanda siapa yang boleh dipercaya?



Aturan: tetapkan trust boundary sedekat mungkin dengan sumber tepercaya. Marking dari perangkat umum diklasifikasi ulang, bukan dipercaya begitu saja.

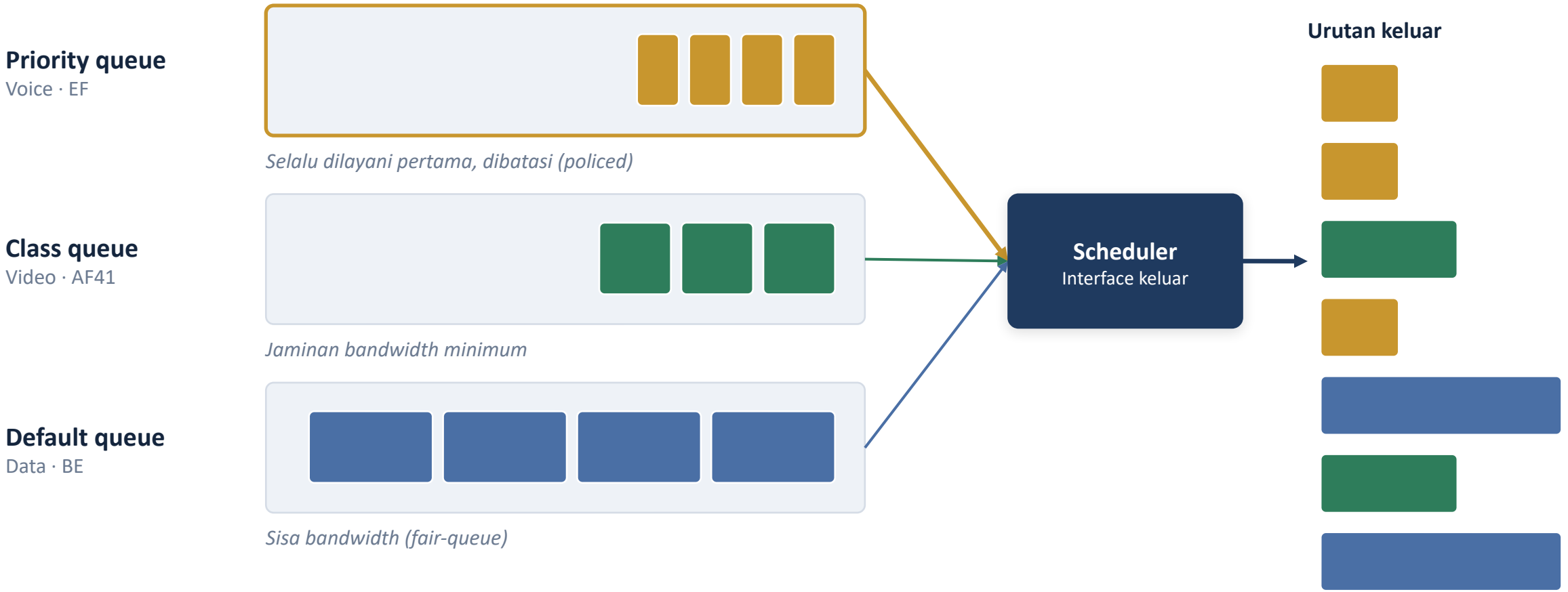
Risikonya jika diabaikan: siapa pun bisa mengklaim prioritas EF untuk trafiknya sendiri dan merebut priority queue.

04

Antrean: Low Latency Queuing

Priority queue untuk voice, jaminan bandwidth untuk kelas lain

Priority queue selalu dikosongkan lebih dulu



Prioritas tanpa batas = antrean lain kelaparan

≤ 33%

dari bandwidth link untuk priority queue — pedoman umum yang dianjurkan Bab 11

Mencegah voice/video berlebihan mengganggu kelas lain.

Tanpa batas

Selama ada paket di priority queue, antrean lain tidak pernah dilayani. Data dan backup bisa berhenti total: starvation.

Dengan batas (policing)

Priority queue dilayani lebih dulu hanya sampai batasnya. Kelebihan trafik prioritas dibuang saat link padat, sehingga kelas lain tetap mendapat giliran.

Dua perintah yang sering tertukar

```
priority percent 20
```

Low Latency Queue

- Masuk priority queue: dilayani PALING DULU
- Batas atas 20% saat padat (policed)
- Untuk trafik yang tak tahan delay: voice

```
bandwidth percent 30
```

Class-Based WFQ

- Antrean biasa: TIDAK didahulukan
- Jaminan MINIMUM 30% saat padat
- Untuk trafik penting tapi lebih toleran: video, aplikasi bisnis

05

Konfigurasi dengan MQC

Modular QoS CLI: kelompokkan, tentukan aksi, pasang di interface

Tiga tahap MQC

Tahap 1

`class-map`

APA trafiknya?

Kriteria klasifikasi: match dscp, match access-group, …

Tahap 2

`policy-map`

APA perlakuannya?

Aksi per kelas: priority, bandwidth, set dscp, fair-queue

Tahap 3

`service-policy`

DI MANA dipasang?

Interface + arah: input atau output

Hubungannya: class-map dirujuk oleh policy-map; policy-map dirujuk oleh service-policy. Satu policy bisa dipakai di banyak interface.

Contoh lengkap dari buku ajar

```
! Tahap 1: klasifikasi
class-map match-all VOICE
 match dscp ef
class-map match-all VIDEO
 match dscp af41

! Tahap 3: pasang di interface
interface serial 0/0/0
 service-policy output WAN-QOS
```

```
! Tahap 2: kebijakan per kelas
policy-map WAN-QOS
 class VOICE
  priority percent 20
 class VIDEO
  bandwidth percent 30
 class class-default
  fair-queue
```

`class-default` sudah ada otomatis: menampung semua trafik yang tidak cocok dengan kelas lain (data, backup).

CATATAN PENTING

match dscp ef hanya membaca tanda

Siapa yang menandai? WAN-QOS hanya bekerja jika paket SUDAH bertanda EF/AF41 saat tiba di router. Tanda itu berasal dari salah satu sumber berikut:

1. Telepon IP
Menandai sendiri paket voice-nya dengan EF; switch akses dikonfigurasi untuk mempercayainya (trust).

2. Policy marking di sisi masuk
Router/switch L3 mengklasifikasi trafik VLAN Voice lalu menandainya dengan set dscp ef.

Jika tidak ada yang menandai, semua paket bernilai 0 dan masuk class-default — QoS tidak berpengaruh apa-apa.

Contoh opsi 2: marking trafik VLAN 50 (Voice)

```
ip access-list extended VOICE-NET
 permit ip 192.168.50.0 0.0.0.255 any
class-map match-all VOICE-VLAN
 match access-group name VOICE-NET
policy-map MARK-IN
 class VOICE-VLAN
  set dscp ef
interface vlan 50
 service-policy input MARK-IN
```

Perintah MQC dan cara memverifikasi

Perintah	Fungsi
`class-map match-all|match-any <nama>`	Mendefinisikan kriteria klasifikasi trafik
`policy-map <nama>`	Mendefinisikan aksi untuk setiap kelas
`priority percent <n>`	Kelas masuk priority queue (LLQ), dibatasi n%
`bandwidth percent <n>`	Jaminan bandwidth minimum n% (bukan prioritas)
`service-policy output|input <nama>`	Memasang policy di interface beserta arahnya
`show policy-map interface <intf>`	Jumlah paket per kelas: cek klasifikasi & drop



Troubleshooting: counter kelas VOICE nol? → masalah klasifikasi/marking. Counter terisi tapi banyak drop? → masalah kapasitas atau batas priority.

PRAKTIK TERBAIK

Empat kebiasaan saat menerapkan QoS

Trust boundary dekat sumber

Percayai telepon IP resmi; klasifikasi ulang marking dari perangkat pengguna umum.

Batasi priority queue

Umumnya tidak lebih dari 33% bandwidth link, agar kelas lain tidak kelaparan.

auto qos voip untuk awal

Template otomatis untuk jaringan sederhana yang hanya memprioritaskan voice.

Konsisten end-to-end

Dari access switch sampai WAN edge — satu titik terlewat bisa menggagalkan semuanya.

06

Studi kasus & praktikum

Kebijakan WAN-QOS di link WAN PT Nusantara Digital Kreasi

Voice tetap jernih saat backup malam berjalan



VOICE	VLAN 50 · DSCP EF	**Priority queue (LLQ)**
VIDEO	Video conference · AF41	**Jaminan bandwidth minimum**
class-default	Data biasa + backup	**Best-effort (sisa bandwidth)**

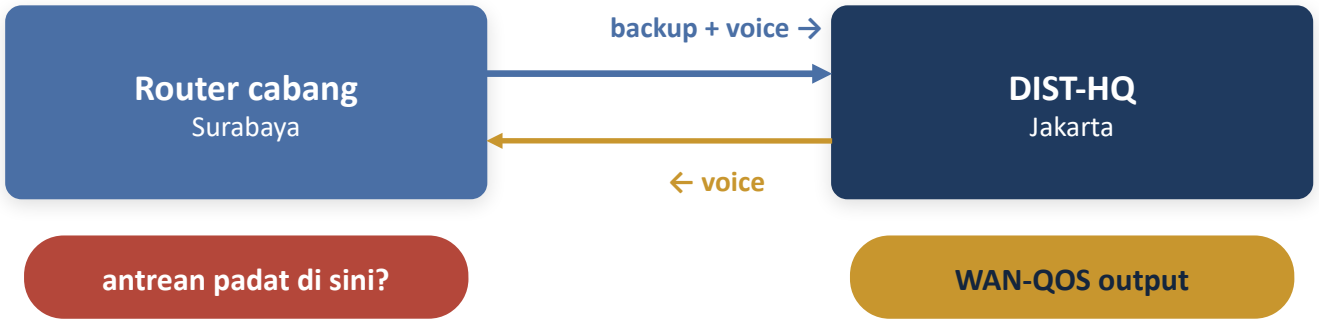
Sebelum

Panggilan putus-putus setiap backup malam

Sesudah

Panggilan jernih; backup tetap selesai, sedikit lebih lama

Di mana sebenarnya antrean itu menumpuk?



Fakta yang perlu ditelusuri

- Backup mengalir dari Surabaya ke Jakarta.
- service-policy output hanya mengatur paket yang KELUAR dari interface tersebut.
- Voice berjalan dua arah.

Diskusikan di kelas

1. Jika WAN-QOS hanya dipasang di DIST-HQ, arah mana dari panggilan yang terlindungi?
1. Di router mana policy perlu ditambahkan agar suara dari Surabaya juga jernih?
1. Kaitkan dengan praktik terbaik 'konsisten end-to-end'.

Kelebihan dan keterbatasan QoS



Kelebihan

- Voice & video tetap baik saat link padat
- DiffServ skalabel, tanpa reservasi per-flow
- DSCP konsisten end-to-end
- MQC fleksibel dan granular



Keterbatasan

- Tidak menambah bandwidth fisik
- Satu titik tanpa QoS menggagalkan semuanya
- Makin banyak kelas, makin kompleks
- Marking bisa disalahgunakan tanpa trust boundary

Prinsip desain

Kapasitas dulu, QoS kemudian.

QoS adalah pelengkap kapasitas yang memadai, bukan pengganti bagi link yang secara struktural kekurangan bandwidth.

Klasifikasi, prioritas, dan uji trafik voice/video

1. Topologi: 2 router dihubungkan link WAN berkapasitas kecil; VLAN Voice 50, VLAN Data 10, server video
2. Rancang skema kelas: VOICE (EF), VIDEO (AF41), class-default — tulis tabel kebijakan
3. Marking di sisi masuk: set dscp ef untuk subnet Voice, af41 untuk trafik video
4. WAN-QOS: priority 20% / bandwidth 30% / fair-queue — pasang output di KEDUA router
5. Bangkitkan trafik voice, video, dan data besar; amati show policy-map interface
6. Verifikasi DSCP di detail PDU (mode simulasi); dokumentasikan hasil per kelas

Rubrik penilaian



Sangat Baik 85–100 · Baik 70–84 · Cukup 55–69 · Kurang < 55

Enam hal yang dibawa pulang

01

Best-effort (FIFO) membuat voice terganggu saat link padat

02

QoS mengukur bandwidth, delay (<150 ms), jitter (<30 ms), loss (<1%)

03

DiffServ (per kelas) lebih skalabel dari IntServ (per flow)

04

CoS 3 bit hilang di router; DSCP 6 bit bertahan end-to-end. Voice EF 46, video AF41 34

05

LLQ: priority queue dilayani lebih dulu, dibatasi agar tak ada starvation

06

MQC: class-map → policy-map → service-policy, konsisten end-to-end

Uji pemahaman sebelum praktikum

Analisis

QoS sudah diterapkan, tapi VoIP tetap buruk karena bandwidth WAN jauh di bawah kebutuhan. Mengapa QoS tidak cukup?

Analisis

Policy di WAN edge sudah benar, tapi voice tetap buruk. Apa kemungkinan penyebab terkait end-to-end?

Konfigurasi

Buat class-map VIDEO-CONF (match DSCP AF41) dan policy-map QOS-POLICY dengan bandwidth 25%.

Reflektif

Mengapa trust boundary harus dekat sumber tepercaya? Apa risikonya bila diabaikan?

PERTEMUAN BERIKUTNYA

Pertemuan 12 — NAT dan PAT

Jaringan internal sudah terhubung, aman, dan berkualitas. Berikutnya: bagaimana ratusan alamat IP privat keluar ke internet. Sub-CPMK 3.4.

Terima kasih — sampai jumpa di laboratorium

Referensi

- Buku Ajar Enterprise Networking, Bab 11 — Prodi D3 TK PNP
- Cisco Systems (2022). End-to-End QoS Network Design, 2nd ed. Cisco Press
- Odom, W. (2023). CCNA 200-301 Official Cert Guide, Vol. 1. Cisco Press
- IETF (1998). RFC 2474: Definition of the DS Field
- Cisco NetAcad — ENSA, modul Quality of Service