

Materi Kuliah Antar Jaringan

Minggu 2 – IPv4, IPv6, Subnetting, VLSM, CIDR, dan Summarization

Student Version

Merancang addressing plan yang efisien, dapat dirutekan, terdokumentasi, dan siap dikembangkan.

Kode Mata Kuliah	13S3121
Bobot	3 SKS
Program Studi	Sarjana Teknik Elektro, Institut Teknologi Del
Semester Pelaksanaan	Gasal 2026/2027
Dosen	Albert Sagala, S.T., M.T.

Target Pembelajaran

Mahasiswa mampu menghitung network/prefix, host range, broadcast, kebutuhan subnet, VLSM, CIDR summarization, dan menyusun addressing plan IPv4/IPv6 untuk organisasi skala menengah.

Contents

1	Mengapa Addressing Plan Merupakan Bagian dari Desain Jaringan?	2
2	IPv4 Address dan Prefix	2
2.1	Prefix-mask mapping penting	2
3	Metode Cepat Menentukan Subnet	2
4	Subnetting Berdasarkan Kebutuhan Jumlah Subnet	2
5	VLSM: Variable Length Subnet Mask	3
6	CIDR dan Route Summarization	3
6.1	Risiko summarization	3
7	Private IPv4 dan Dokumentasi	3
8	IPv6 Fundamentals	3
8.1	Compression rules	3
9	Address Types IPv6	4
10	IPv6 Subnet Planning	4
11	Addressing Plan Profesional	4
12	Latihan Terstruktur	4
13	Tugas Minggu 2	5
14	Pendalaman: Binary Reasoning untuk Subnetting	5
14.1	Network boundary dan alignment	5

15 VLSM: Algoritma Sistematis	5
15.1 Worked example VLSM komprehensif	5
16 Summarization: Common Prefix Method	6
17 IPv6 Address Planning Lebih Lanjut	6
18 SLAAC, DHCPv6, dan Address Assignment	6
19 Dual-Stack Design	6
20 Troubleshooting Addressing	7
21 Bank Soal Formatif	7
22 Pengayaan Visual: Cara Berpikir Prefix dan VLSM	7
22.1 Prefix sebagai pembagian bit	7
22.2 VLSM sebagai alokasi bertingkat	7
23 Praktikum Packet Tracer: Addressing Plan Dual-Stack	8
23.1 Skenario	8
23.2 Langkah kerja	8
24 Latihan Pemecahan Masalah Tambahan	8
24.1 Kasus A – subnet boundary	8
24.2 Kasus B – VLSM dengan growth	8
24.3 Kasus C – IPv6 hierarchy	9
25 Standar dan Bacaan Tambahan	9
26 Bank Kuis Minggu 2	9

1 Mengapa Addressing Plan Merupakan Bagian dari Desain Jaringan?

IP addressing bukan sekadar memberi nomor pada host. Address plan menentukan struktur routing, broadcast domain, summarization, keamanan, dokumentasi, dan kemudahan ekspansi. Address plan yang buruk menghasilkan overlap, waste, routing table yang besar, dan troubleshooting yang sulit.

2 IPv4 Address dan Prefix

IPv4 terdiri atas 32 bit. Notasi CIDR /n menyatakan jumlah bit network prefix. Contoh 192.168.10.25/24 berarti 24 bit pertama adalah prefix jaringan.

$$\text{jumlah alamat total} = 2^{32-n}$$

Untuk subnet IPv4 tradisional, jumlah host usable umumnya:

$$2^{32-n} - 2$$

karena network address dan broadcast address tidak diberikan kepada host biasa.

2.1 Prefix-mask mapping penting

Prefix	Mask	Total Address	Typical Usable Host
/24	255.255.255.0	256	254
/25	255.255.255.128	128	126
/26	255.255.255.192	64	62
/27	255.255.255.224	32	30
/28	255.255.255.240	16	14
/29	255.255.255.248	8	6
/30	255.255.255.252	4	2

3 Metode Cepat Menentukan Subnet

Untuk prefix yang tidak berada pada boundary octet, gunakan block size:

$$\text{Block Size} = 256 - \text{nilai mask pada octet aktif}$$

Contoh /27 memiliki mask 255.255.255.224, sehingga block size $256 - 224 = 32$. Network dimulai pada 0,32,64,96,128,160,192,224.

Worked Example

Tentukan network, broadcast, dan host range untuk 172.16.35.77/27. Block size = 32. Angka 77 berada pada blok 64–95. Maka network = 172.16.35.64, broadcast = 172.16.35.95, host usable = 172.16.35.65–94.

4 Subnetting Berdasarkan Kebutuhan Jumlah Subnet

Jika sebuah /24 perlu dibagi menjadi minimal 6 subnet, pinjam b bit sehingga $2^b \geq 6$. Diperoleh $b = 3$, sehingga prefix baru /27 dan tersedia 8 subnet.

5 VLSM: Variable Length Subnet Mask

VLSM memberikan prefix berbeda untuk kebutuhan host berbeda. Prinsip umum: **alokasikan kebutuhan terbesar terlebih dahulu**, kemudian bergerak ke kebutuhan yang lebih kecil pada boundary yang valid.

Worked Example

Diberikan 10.10.0.0/23 dan kebutuhan: Engineering 200 host, Student 120 host, Server 50 host, Management 20 host, dua link point-to-point. Alokasi minimum:

- 200 host → /24;
- 120 host → /25;
- 50 host → /26;
- 20 host → /27;
- point-to-point → /30 atau /31 sesuai dukungan desain.

Mahasiswa harus mengecek apakah seluruh blok muat tanpa overlap dalam parent prefix.

6 CIDR dan Route Summarization

CIDR memungkinkan agregasi beberapa prefix kontigu menjadi prefix yang lebih besar jika memiliki common leading bits yang sama. Summarization mengurangi routing table dan update routing.

Contoh: 10.20.0.0/24, 10.20.1.0/24, 10.20.2.0/24, 10.20.3.0/24 dapat diringkas menjadi 10.20.0.0/22 karena empat /24 tersebut aligned dan kontigu.

6.1 Risiko summarization

Summary terlalu luas dapat menciptakan black hole bila router mengiklankan reachability untuk subnet yang sebenarnya tidak ada. Karena itu summary harus merepresentasikan address allocation yang benar dan sering dipasangkan dengan discard/null route pada boundary tertentu.

7 Private IPv4 dan Dokumentasi

RFC 1918 menyediakan private space 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12, dan 192.168.0.0/16. Private addressing tidak otomatis berarti aman; keamanan tetap membutuhkan segmentation dan policy enforcement.

8 IPv6 Fundamentals

IPv6 memiliki 128 bit dan ditulis dalam heksadesimal. Prefix /64 merupakan ukuran subnet yang lazim untuk LAN karena mendukung SLAAC dan Neighbor Discovery secara standar.

8.1 Compression rules

- leading zero dalam setiap hextet boleh dihapus;
- satu rangkaian hextet nol terpanjang dapat diganti :: sekali saja.

Contoh:

```
2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0010:0001
-> 2001:db8::10:1
```

9 Address Types IPv6

- Global Unicast (2000::/3);
- Link-Local (fe80::/10);
- Unique Local (fc00::/7, implementasi umum fd00::/8);
- Multicast (ff00::/8);
- Loopback ::1/128;
- Unspecified ::/128.

IPv6 tidak menggunakan broadcast; fungsi discovery dilakukan melalui multicast dan Neighbor Discovery.

10 IPv6 Subnet Planning

Misalkan organisasi memperoleh 2001:db8:1200::/48. Dengan subnet /64, tersedia $2^{16} = 65,536$ subnet /64. Hextet keempat dapat digunakan sebagai subnet ID, misalnya:

```
2001:db8:1200:0010::/64 Student
2001:db8:1200:0020::/64 Faculty
2001:db8:1200:0030::/64 Server
```

11 Addressing Plan Profesional

Minimal mencakup: site, VLAN, purpose, IPv4 prefix, IPv6 prefix, default gateway, DHCP/static policy, reserved addresses, summarization boundary, dan owner.

Site	VLAN	Purpose	IPv4	IPv6	Gateway
Main	10	Student	10.10.10.0/23	2001:db8:10:10::/64	.1 / ::1
Main	20	Faculty	10.10.20.0/24	2001:db8:10:20::/64	.1 / ::1
Main	30	Server	10.10.30.0/26	2001:db8:10:30::/64	.1 / ::1

Aktivitas Laboratorium/Simulasi

Buat addressing plan untuk 5 VLAN dan 2 link router menggunakan VLSM. Konfigurasi di Packet Tracer. Verifikasi tidak ada overlap, semua gateway berada dalam subnet yang benar, dan semua host memiliki konfigurasi sesuai tabel.

12 Latihan Terstruktur

1. Tentukan network/broadcast/host range untuk 10.44.73.201/28.
2. Bagi 192.168.50.0/24 menjadi 5 subnet dengan kebutuhan 60, 40, 25, 12, dan 6 host menggunakan VLSM.
3. Ringkas 172.20.32.0/24 sampai 172.20.39.0/24.

4. Rancang 8 subnet IPv6 /64 dari parent 2001:db8:abcd::/48 dan beri struktur subnet ID yang mudah dibaca.

13 Tugas Minggu 2

Mahasiswa menyusun *addressing workbook* untuk skenario kampus dengan minimal 8 VLAN, 3 router transit, dual-stack IPv4/IPv6, dan kebutuhan growth 30%. Dokumen harus menyertakan perhitungan, justifikasi prefix, summary route yang mungkin, dan pemeriksaan overlap.

14 Pendalaman: Binary Reasoning untuk Subnetting

Walaupun kalkulator subnet dapat digunakan pada pekerjaan praktis, engineer tetap perlu memahami representasi biner agar dapat mendeteksi kesalahan konfigurasi dan melakukan sanity check. Sebuah IPv4 address terdiri dari empat oktet. Untuk prefix /26, dua bit paling signifikan pada oktet terakhir merupakan bagian network dan enam bit tersisa merupakan host portion. Dengan demikian ukuran blok adalah $2^6 = 64$ alamat.

Worked Example

Alamat 192.168.44.173/26. Oktet terakhir 173 berada pada interval 128–191. Maka network address 192.168.44.128, broadcast 192.168.44.191, dan host 129–190. Jika gateway dikonfigurasi 192.168.44.192, konfigurasi tersebut salah karena gateway berada pada subnet berikutnya.

14.1 Network boundary dan alignment

Prefix harus dimulai pada boundary yang sah. Misalnya /22 memiliki block size 4 pada oktet ketiga. Prefix sah adalah 10.20.0.0/22, 10.20.4.0/22, 10.20.8.0/22, dan seterusnya. Penulisan 10.20.3.0/22 secara matematis tetap mengacu ke network 10.20.0.0/22; dokumentasi yang tidak menggunakan canonical network address mudah menyesatkan.

15 VLSM: Algoritma Sistematis

Gunakan prosedur berikut untuk mengurangi kesalahan:

1. urutkan kebutuhan host dari terbesar ke terkecil;
2. tambahkan ruang pertumbuhan bila requirement menyatakan growth;
3. cari prefix terkecil yang dapat memuat kebutuhan;
4. alokasikan pada boundary yang sah;
5. tandai rentang terpakai;
6. lanjutkan ke kebutuhan berikutnya;
7. lakukan overlap check dan utilization check;
8. dokumentasikan reserved block untuk ekspansi.

15.1 Worked example VLSM komprehensif

Parent prefix 172.18.0.0/21. Kebutuhan: 350 host, 180 host, 90 host, 60 host, 28 host, 12 host, dan empat point-to-point links. Jika growth 20% dipertimbangkan, kebutuhan efektif menjadi sekitar

420, 216, 108, 72, 34, 15. Prefix yang masuk akal berturut-turut: /23, /24, /25, /25, /26, /27. Link point-to-point dapat menggunakan /30 atau /31 jika platform dan policy mengizinkan RFC 3021.

Salah satu allocation plan:

Kebutuhan	Prefix	Kapasitas tipikal	Contoh alokasi
420 host	/23	510	172.18.0.0/23
216 host	/24	254	172.18.2.0/24
108 host	/25	126	172.18.3.0/25
72 host	/25	126	172.18.3.128/25
34 host	/26	62	172.18.4.0/26
15 host	/27	30	172.18.4.64/27
P2P-1	/30	2	172.18.4.96/30
P2P-2	/30	2	172.18.4.100/30

Sisa space tidak harus langsung dipecah; menjaga contiguous free block sering lebih baik untuk future summarization.

16 Summarization: Common Prefix Method

Untuk merangkum beberapa prefix, tulis network addresses dalam biner dan cari common leading bits. Jumlah common leading bits menjadi summary prefix. Namun summary hanya valid secara desain jika tidak mengklaim reachability yang tidak semestinya.

Worked Example

Prefix 192.168.32.0/24 sampai 192.168.39.0/24 berjumlah delapan blok /24 yang kontigu dan aligned. Karena $8 = 2^3$, summary berkurang 3 bit dari /24 menjadi /21: 192.168.32.0/21.

17 IPv6 Address Planning Lebih Lanjut

IPv6 mengubah cara berpikir addressing. Fokus bukan menghemat alamat per host, melainkan membangun hierarchy yang mudah diintegrasikan. Sebuah organisasi dengan /48 sebaiknya merancang 16-bit subnet ID berdasarkan site, function, atau zone.

Contoh skema: empat bit pertama site, empat bit berikut function, delapan bit terakhir local segment. Maka 2001:db8:1200:1a20::/64 dapat dibaca sebagai site 1, function A, segment 0x20. Skema yang konsisten mempercepat operasi tanpa bergantung pada spreadsheet semata.

18 SLAAC, DHCPv6, dan Address Assignment

IPv6 host dapat membentuk address melalui SLAAC berdasarkan Router Advertisement. DHCPv6 dapat digunakan untuk stateful address assignment atau additional information. Default gateway pada IPv6 secara normal dipelajari melalui Router Advertisement, bukan DHCPv6. Ini merupakan perbedaan penting dari DHCPv4 mental model.

19 Dual-Stack Design

Pada masa transisi, perangkat dapat menjalankan IPv4 dan IPv6 bersamaan. Engineer perlu memastikan bahwa security policy, DNS (A/AAAA), routing, monitoring, dan troubleshooting mencakup keduanya. Sebuah layanan dapat “tampak bermasalah” hanya pada IPv6 karena aplikasi memilih AAAA record terlebih dahulu.

20 Troubleshooting Addressing

Checklist:

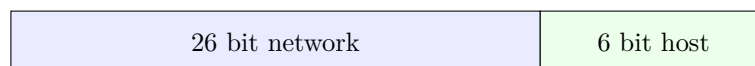
1. apakah IP dan prefix benar?
2. apakah network overlap?
3. apakah gateway berada di subnet yang sama?
4. apakah VLAN dan subnet konsisten?
5. apakah DHCP pool sesuai network?
6. apakah summary route terlalu luas atau terlalu sempit?
7. pada IPv6, apakah RA diterima dan link-local gateway terlihat?

21 Bank Soal Formatif

1. Mengapa /31 dapat digunakan untuk point-to-point tertentu, dan apa batasannya?
2. Sebuah site memperoleh 10.80.0.0/16. Buat hierarchy 8 site dengan ruang yang sama dan tunjukkan summary per site.
3. Jelaskan mengapa “semakin kecil subnet” bukan selalu desain yang lebih efisien secara operasional.
4. Apa konsekuensi menempatkan dua VLAN berbeda pada subnet IPv4 yang overlap?
5. Mengapa /64 lazim pada LAN IPv6 walaupun jumlah host jauh lebih sedikit?

22 Pengayaan Visual: Cara Berpikir Prefix dan VLSM

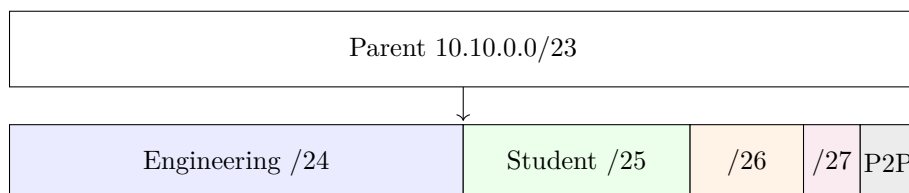
22.1 Prefix sebagai pembagian bit



Contoh /26: ukuran blok $2^6 = 64$ alamat

Figure 1: Interpretasi prefix /26 sebagai pembagian bit network dan host.

22.2 VLSM sebagai alokasi bertingkat



alokasi terbesar ke terkecil pada boundary sah

Figure 2: Representasi konseptual alokasi VLSM dari blok induk.

23 Praktikum Packet Tracer: Addressing Plan Dual-Stack

Aktivitas Laboratorium/Simulasi

Bangun tiga LAN dan dua router. Tujuan bukan hanya membuat ping berhasil, tetapi membuktikan bahwa setiap prefix, gateway, dan route sesuai dengan addressing workbook.

23.1 Skenario

Parent IPv4: 10.50.0.0/23. Kebutuhan: Student 100 host, Faculty 50 host, Server 20 host, link R1-R2 2 host. Gunakan VLSM. Parent IPv6 dokumentasi: 2001:db8:50::/48; gunakan /64 per LAN.

23.2 Langkah kerja

1. Hitung kebutuhan efektif dan pilih prefix: Student /25, Faculty /26, Server /27, transit /30. Validasi total allocation dan boundary.
2. Buat tabel alamat untuk interface router dan minimal dua host per LAN.
3. Bangun topologi R1–R2, dengan Student dan Faculty di R1 dan Server di R2.
4. Konfigurasi IPv4 dan IPv6 pada interface. Aktifkan `ipv6 unicast-routing` pada router jika diperlukan.
5. Tambahkan static route sementara agar semua prefix saling reachable; fokus minggu ini adalah addressing, bukan routing protocol.
6. Verifikasi dengan `show ip interface brief`, `show ipv6 interface brief`, `show ip route`, dan ping dual-stack.
7. Lakukan fault injection: ubah satu gateway, buat satu overlap, dan gunakan prefix salah pada satu host. Catat gejala serta metode deteksinya.

```
R1(config)# ipv6 unicast-routing
R1(config)# interface g0/0
R1(config-if)# ip address 10.50.0.1 255.255.255.128
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:50:10::1/64
R1(config-if)# no shutdown
```

24 Latihan Pemecahan Masalah Tambahan

24.1 Kasus A – subnet boundary

Tugas mahasiswa: analisis kasus, nyatakan asumsi, tentukan keputusan/diagnosis teknis, dan sebutkan evidence yang diperlukan untuk memverifikasi jawaban. Tentukan network, broadcast, dan host range 10.80.14.199/28.

24.2 Kasus B – VLSM dengan growth

Tugas mahasiswa: analisis kasus, nyatakan asumsi, tentukan keputusan/diagnosis teknis, dan sebutkan evidence yang diperlukan untuk memverifikasi jawaban. Sebuah LAN memerlukan 90 host dan growth 25%. Kebutuhan efektif sekitar 113 host. Prefix /25 menyediakan 126 host usable dan menjadi pilihan minimum yang memenuhi requirement.

24.3 Kasus C – IPv6 hierarchy

Tugas mahasiswa: analisis kasus, nyatakan asumsi, tentukan keputusan/diagnosis teknis, dan sebutkan evidence yang diperlukan untuk memverifikasi jawaban. Dari 2001:db8:1234::/48, buat subnet /64 untuk site 1 fungsi Student, Faculty, dan Server.

25 Standar dan Bacaan Tambahan

RFC 1918 untuk private IPv4; RFC 4632 untuk CIDR; RFC 3021 untuk /31 point-to-point; RFC 4291 untuk IPv6 Addressing Architecture; RFC 4861 untuk Neighbor Discovery; RFC 4862 untuk SLAAC.

26 Bank Kuis Minggu 2

Pilih satu jawaban paling tepat. Gunakan bagian ini sebagai latihan mandiri atau bank kuis di LMS; pembahasan dan kunci jawaban dibahas terpisah sesuai arahan dosen.

1. Berapa jumlah alamat total pada prefix IPv4 /27? (A) 16; (B) 32; (C) 64; (D) 128.
2. Network address dari 192.168.44.173/26 adalah (A) 192.168.44.128; (B) 192.168.44.160; (C) 192.168.44.172; (D) 192.168.44.192.
3. Prinsip pertama alokasi VLSM adalah (A) alokasikan subnet terkecil dahulu; (B) alokasikan kebutuhan host terbesar dahulu; (C) gunakan /24 untuk semua VLAN; (D) hindari alignment.
4. Empat prefix 10.20.0.0/24 sampai 10.20.3.0/24 dapat diringkas menjadi (A) 10.20.0.0/21; (B) 10.20.0.0/22; (C) 10.20.0.0/23; (D) 10.20.0.0/24.
5. Prefix IPv6 yang lazim digunakan untuk LAN adalah (A) /32; (B) /48; (C) /64; (D) /128.
6. Alamat IPv6 link-local berada pada (A) 2000::/3; (B) fe80::/10; (C) ff00::/8; (D) fc00::/7.
7. Jika gateway IPv4 berada di luar subnet host, konfigurasi tersebut (A) valid karena gateway selalu remote; (B) bermasalah karena next hop normal harus reachable secara lokal; (C) otomatis diperbaiki DNS; (D) hanya berdampak pada IPv6.
8. Tujuan route summarization adalah terutama (A) menambah broadcast; (B) mengurangi prefix yang diiklankan dan meningkatkan hierarchy; (C) menghilangkan kebutuhan route; (D) mengubah MAC address.
9. Private IPv4 172.16.0.0/12 mencakup (A) 172.0.0.0-172.15.255.255; (B) 172.16.0.0-172.31.255.255; (C) 172.16.0.0-172.63.255.255; (D) 172.31.0.0-172.255.255.255.
10. Pada IPv6, default gateway host biasanya dipelajari melalui (A) ARP; (B) Router Advertisement; (C) DNS MX record; (D) BGP.
11. Prefix /31 relevan terutama untuk (A) LAN broadcast besar; (B) point-to-point IPv4 yang mendukung RFC 3021; (C) multicast domain; (D) IPv6 SLAAC.
12. Address plan yang baik harus mendokumentasikan (A) hanya IP host; (B) prefix, VLAN/purpose, gateway, assignment policy, dan ruang pertumbuhan; (C) hanya hostname; (D) hanya MAC address.