

Propagasi Radio & Perencanaan Kapasitas Jaringan Bergerak

Path loss • fading • link budget • cluster • trunking • optimasi jaringan

Fokus

Radio

dari sinyal ke layanan

Fokus

Kapasitas

dari pengguna ke resource

Fokus

Optimasi

dari masalah ke solusi

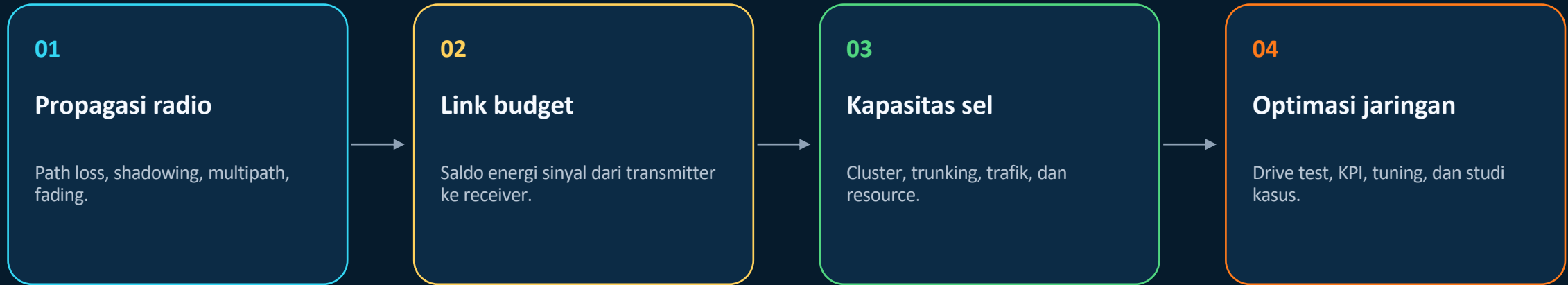


Peta materi: dari sinyal radio ke kapasitas jaringan

Empat blok pembelajaran yang menyambungkan konsep fisik, desain, dan pengalaman pengguna.

0

PETA KONSEP



Target akhir: mahasiswa mampu menjelaskan hubungan antara kondisi radio, desain cell, kapasitas, dan kualitas layanan yang dirasakan pengguna.

Dari gelombang ke layanan: mengapa sinyal berubah?

Pengguna melihat aplikasi; jaringan melihat kondisi radio, resource, dan keputusan desain.

1

PROPAGASI RADIO



Mental model sederhana

Aplikasi terasa lambat bukan selalu karena aplikasi. Bisa jadi karena kondisi radio berubah, kapasitas padat, atau jalur jaringan mengalami bottleneck.

Analogi: percakapan di aula

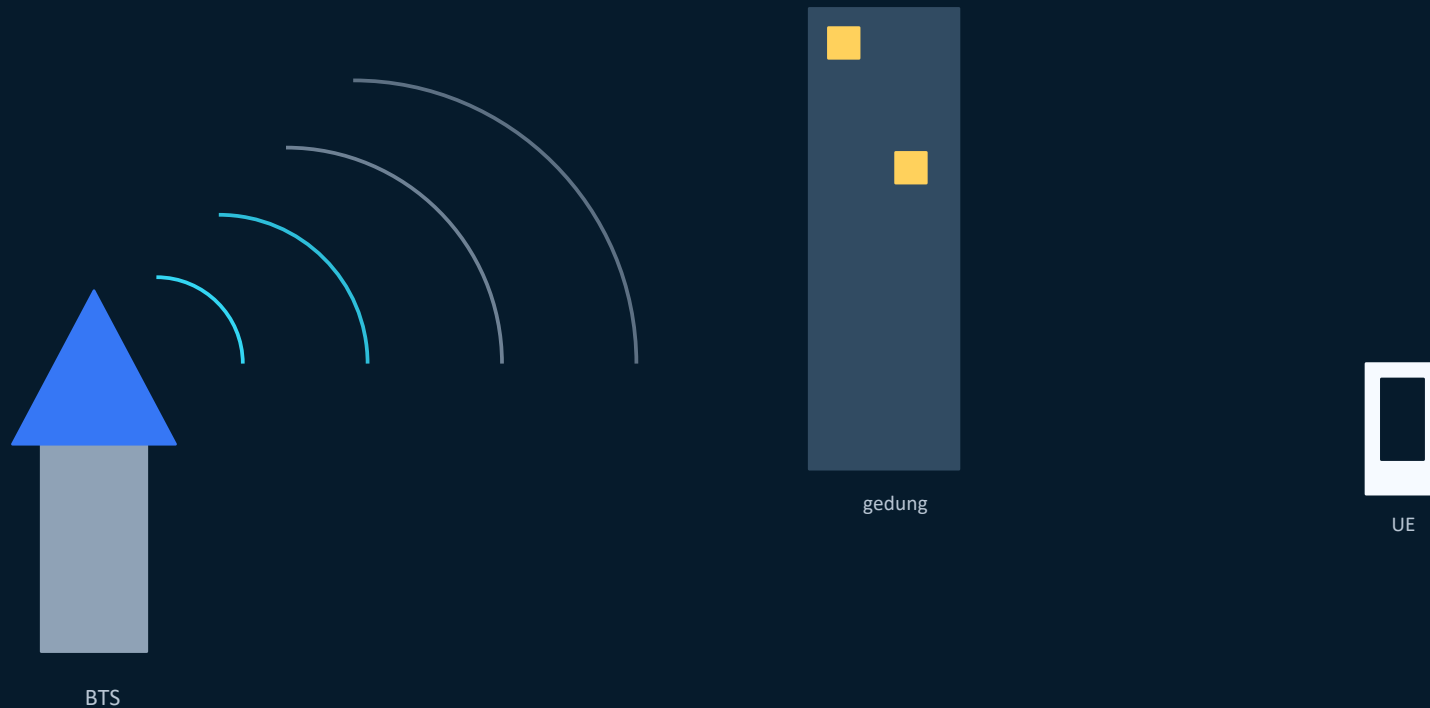
Pesan bisa terganggu karena jarak, tembok, gema, dan orang lain berbicara. Radio seluler menghadapi masalah yang mirip.

Propagasi radio: gelombang menyebar, melemah, dan berubah

Gelombang radio tidak berjalan dalam ruang hampa yang ideal; lingkungan ikut menentukan kualitas sinyal.

1

PROPAGASI RADIO



Path loss

melemah karena jarak

Shadowing

terhalang objek besar

Multipath

datang dari banyak jalur

Fading

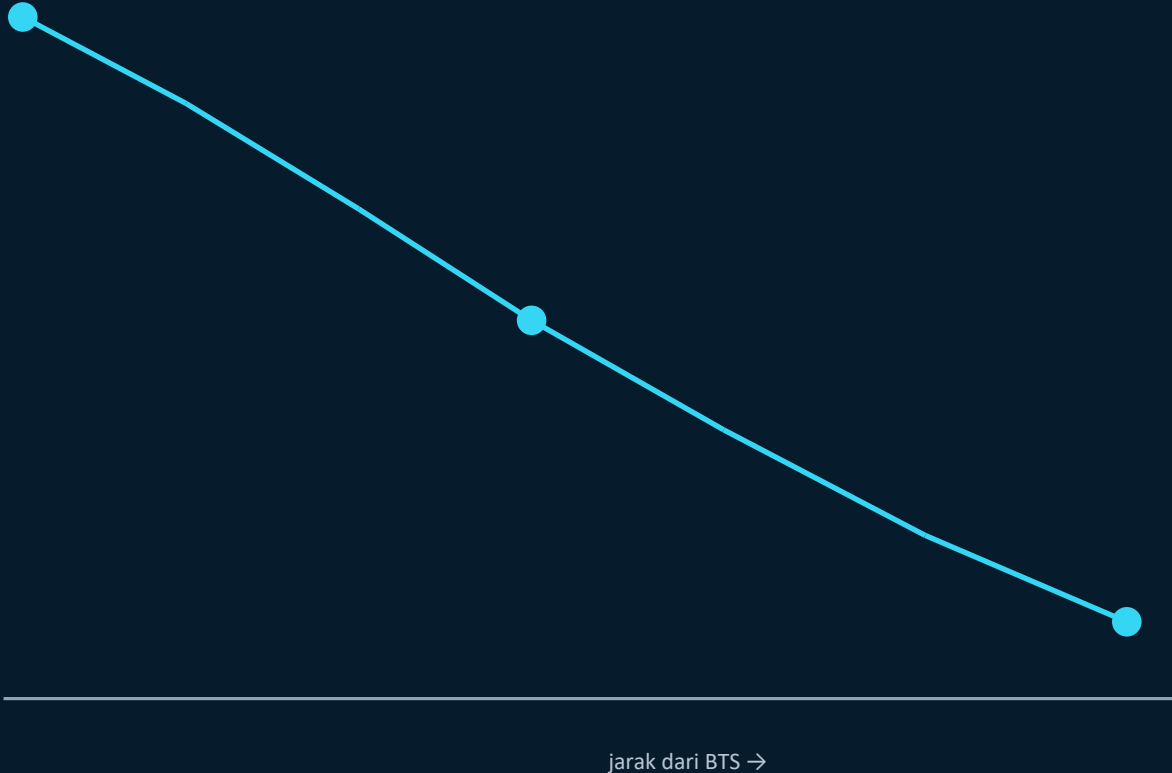
naik-turun saat bergerak

Path loss: sinyal melemah karena jarak

Semakin jauh jarak UE dari BTS, semakin kecil daya sinyal yang diterima.

1

PROPAGASI RADIO



Analogi: suara orang memanggil

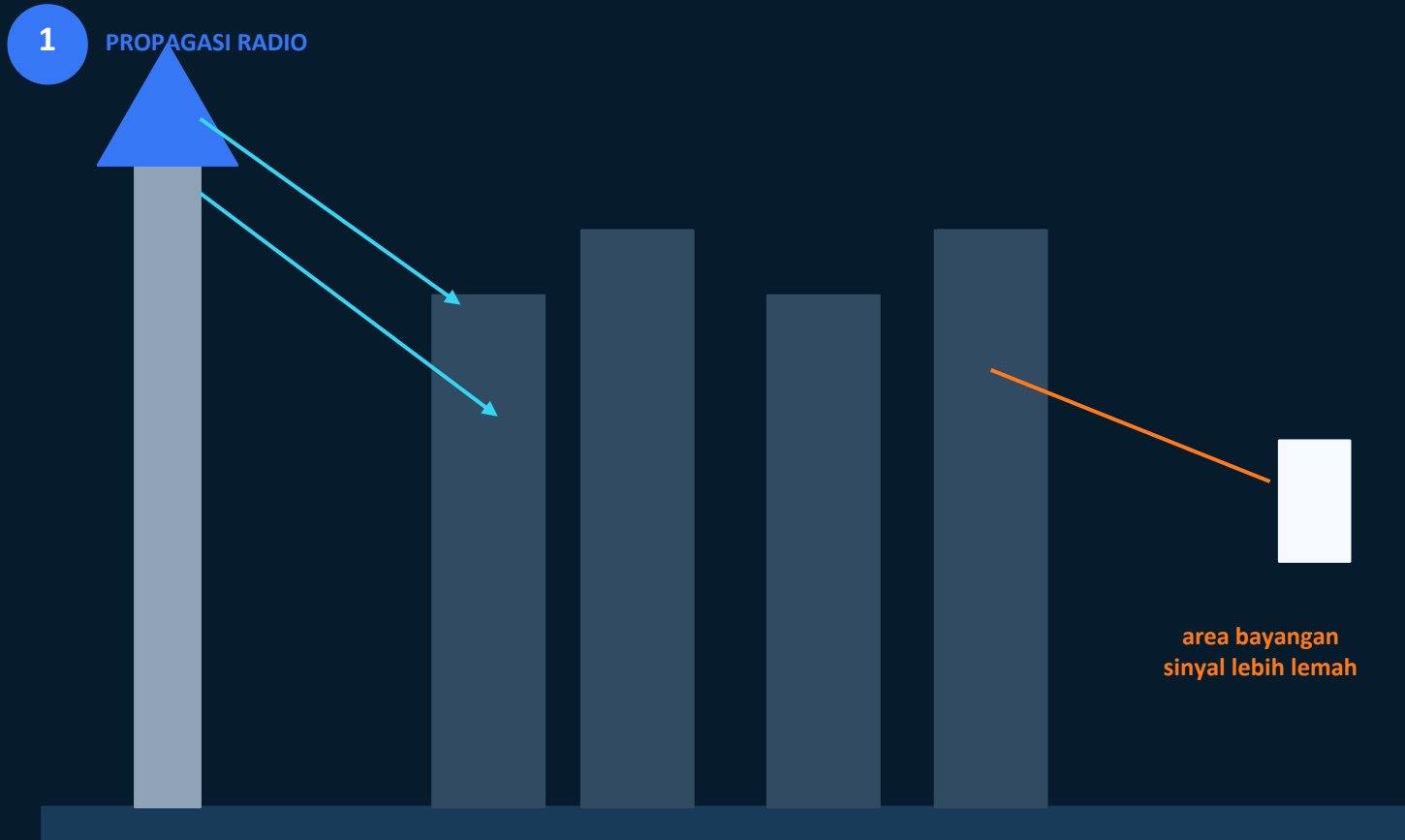
Makin jauh dari sumber suara, pesan makin sulit didengar. Radio juga membutuhkan “cadangan daya” agar tetap terbaca.

Yang perlu diingat

- Low band biasanya lebih tahan jarak
- High band butuh site lebih rapat
- Lingkungan dapat mempercepat pelemahan

Shadowing: ketika sinyal tertutup penghalang besar

Gedung, bukit, dinding, basement, dan pepohonan dapat membuat area “bayangan” radio.



Analogi: berdiri di balik tembok

Suara masih bisa terdengar, tetapi lebih kecil atau tidak jelas. Radio juga bisa “melemah” ketika harus melewati penghalang besar.

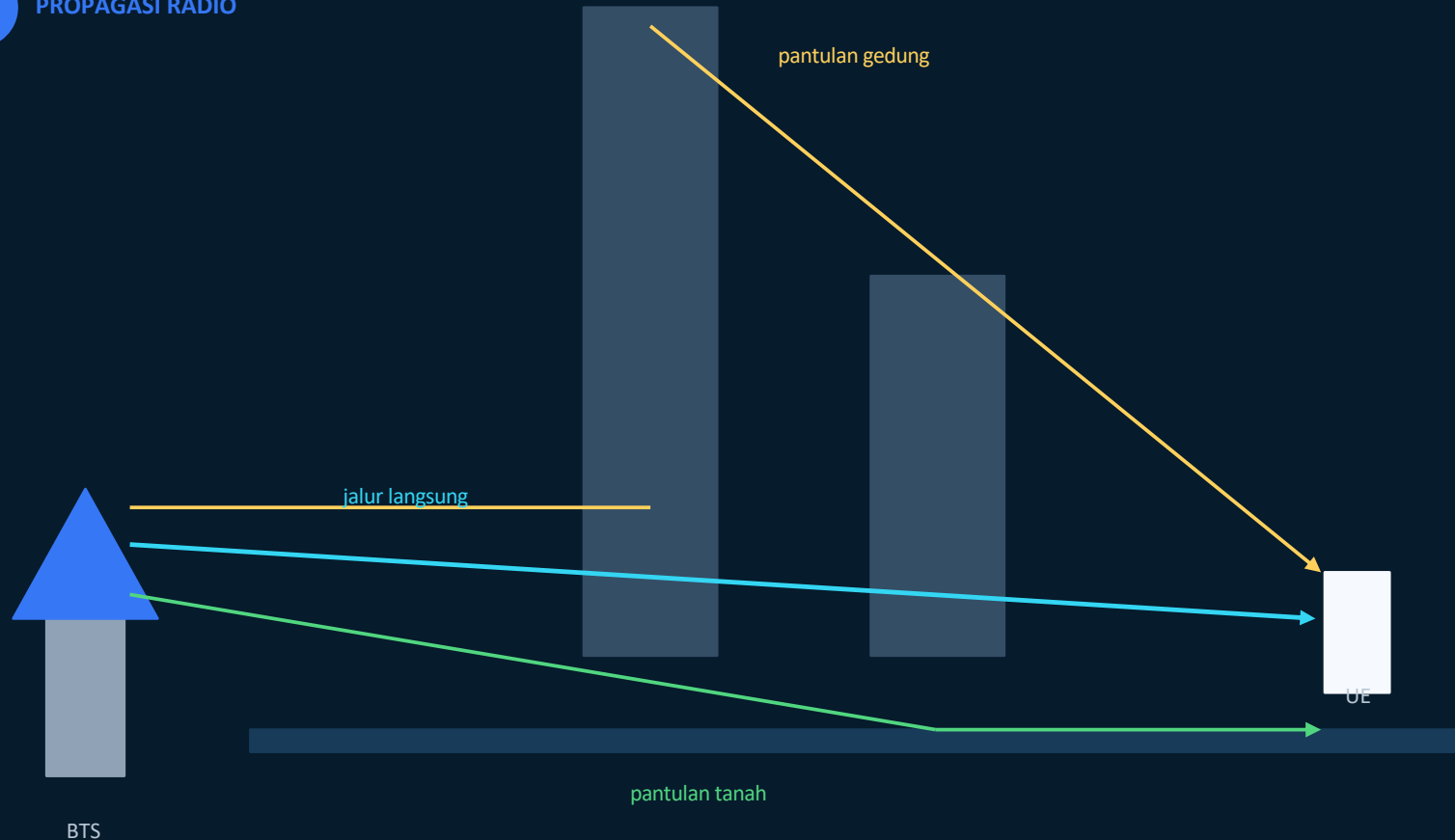
- Basement sering sulit
- Dinding beton menyerap sinyal
- Bukit/gedung menciptakan shadow zone

Multipath: sinyal datang lewat banyak jalur

Pantulan dari gedung, tanah, dan objek lain membuat sinyal yang sama tiba dengan waktu berbeda.

1

PROPAGASI RADIO



Analogi: gema di aula

Satu kata dapat terdengar beberapa kali karena memantul. Radio juga bisa tiba lewat beberapa rute sekaligus.

Dampaknya:

- sinyal bisa saling menguatkan
- sinyal bisa saling melemahkan
- receiver memproses kanal yang berubah

Fading: sinyal naik-turun saat bergerak

Perpaduan multipath dapat membuat sinyal sangat berubah dalam jarak pendek.

1

PROPAGASI RADIO

kuat

lemah

posisi pengguna bergerak →



Analogi: dua speaker memutar lagu yang sama

Di satu titik suara terasa keras, di titik lain terasa kecil. Bukan karena lagu berubah, tetapi karena gelombang saling bertemu dengan fase berbeda.

- perlu teknik modulasi/koding
- perlu diversity/MIMO
- perlu adaptive scheduling

Link budget: menghitung “saldo energi” sinyal

Apakah sinyal yang tiba di penerima masih cukup kuat untuk dibaca?

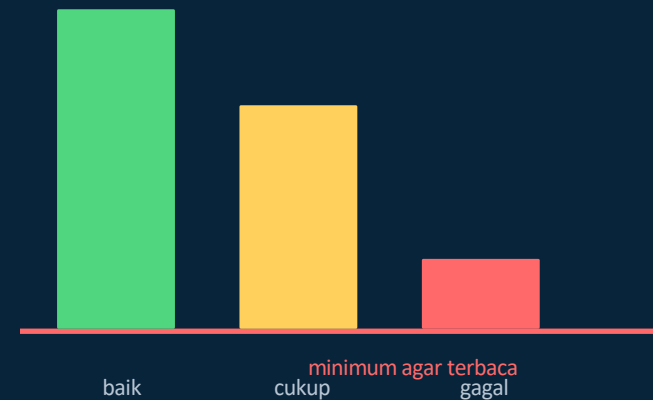
2

LINK BUDGET

Saldo sinyal

+	Tx power	daya pancar
+	Antenna gain	bantuan antena
-	Cable/body loss	rugi-rugi perangkat
-	Path loss	rugi-rugi lintasan
-	Building loss	rugi-rugi penghalang
=	Rx power	daya diterima

Ambang penerima



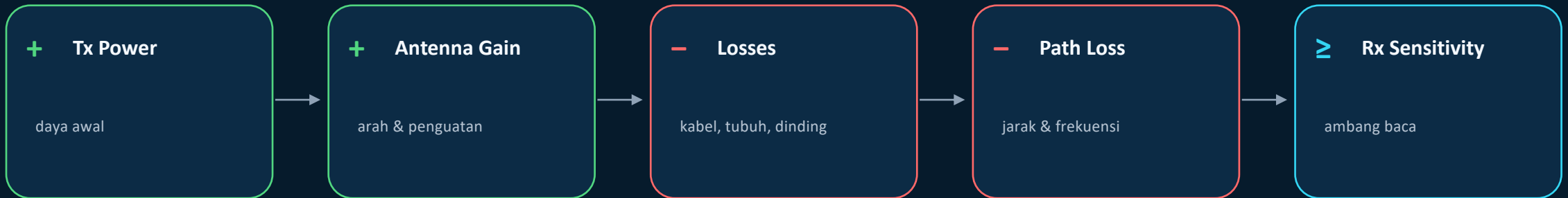
Analogi: saldo e-wallet

Parameter link budget: dari pemancar sampai penerima

Setiap komponen menambah atau mengurangi peluang sinyal sampai dengan cukup kuat.

2

LINK BUDGET

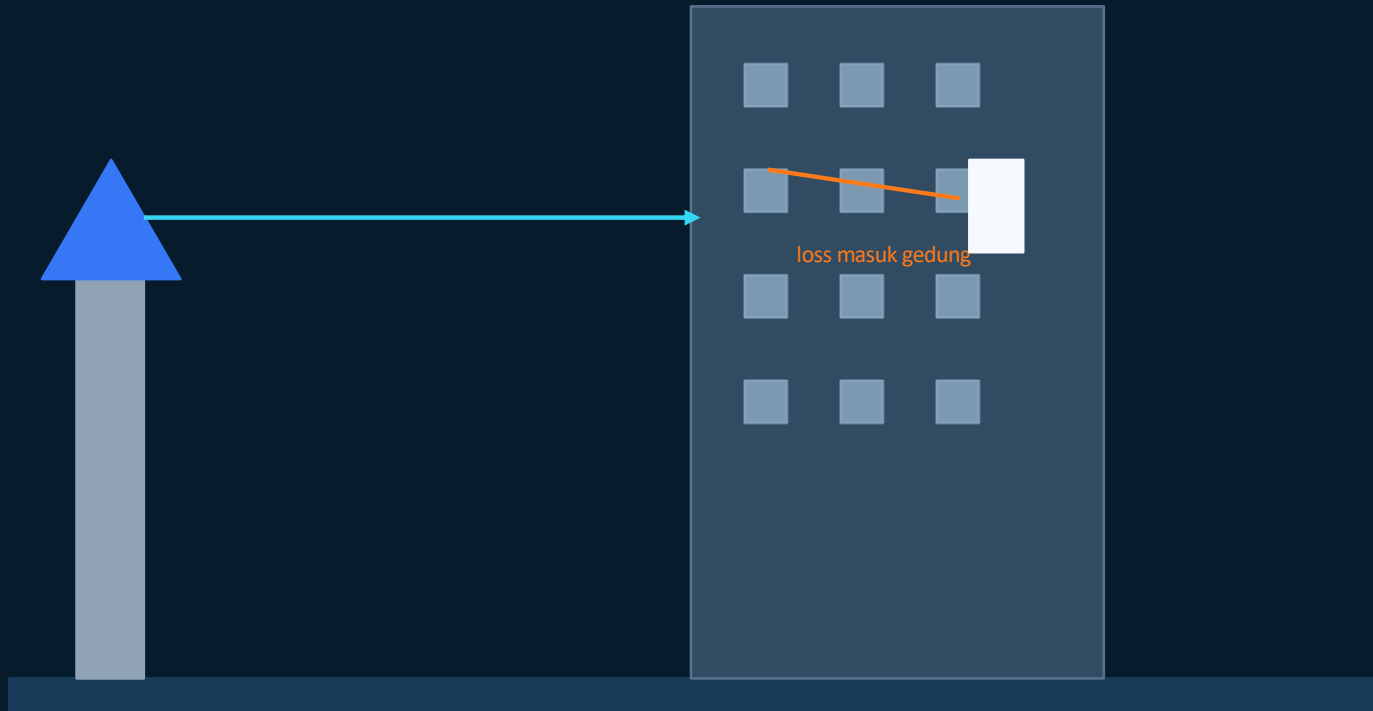


Indoor vs outdoor: tantangan penetrasi gedung

Sinyal yang kuat di luar belum tentu cukup kuat di dalam ruangan.

2

LINK BUDGET



Analogi: suara dari luar kelas

Di luar terdengar keras, tetapi setelah melewati dinding dan pintu, suara menjadi jauh lebih kecil.

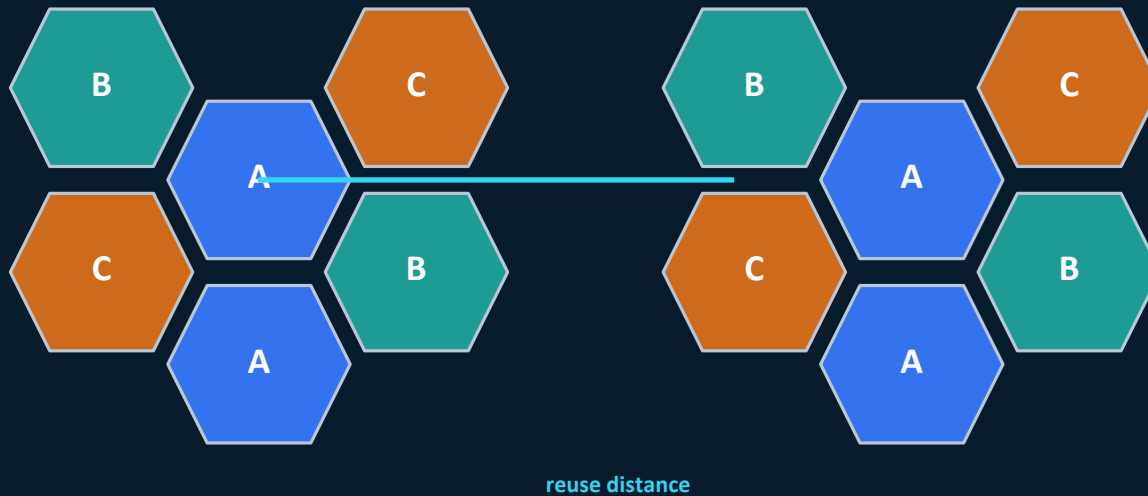
- Dinding beton menambah loss
- Low band cenderung lebih menembus
- Indoor padat sering butuh solusi khusus

Cluster & reuse distance: jarak frekuensi sama

Frequency reuse bekerja jika sel yang memakai resource sama tidak terlalu dekat.

3

KAPASITAS SEL



A dekat B/C biasanya aman karena resource berbeda.
A dekat A berisiko co-channel interference. Maka A boleh dipakai ulang, tetapi harus cukup jauh.

Reuse ≠ bebas interferensi

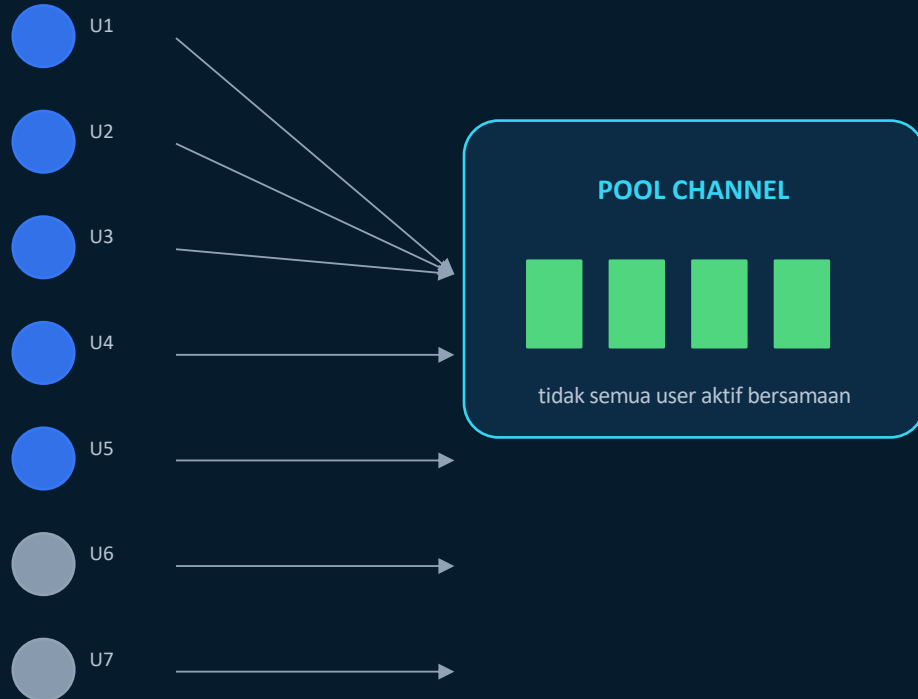
Reuse artinya interferensi dikelola agar tetap dapat diterima.

Trunking: berbagi kanal seperti loket antrian

Resource yang terbatas dapat melayani banyak pengguna karena tidak semua aktif bersamaan.

3

KAPASITAS SEL



Analogi: loket pelayanan

Sebuah kampus tidak perlu membuat satu loket untuk setiap mahasiswa, karena tidak semua datang bersamaan. Namun jika antrean terlalu panjang, kapasitas harus ditambah.

- efisien saat trafik tidak serentak
- terlalu padat → blocking/antrean
- kapasitas perlu dirancang berdasarkan trafik

Erlang & trafik: mengukur beban layanan

Trafik bukan sekadar jumlah pengguna, tetapi seberapa sering dan seberapa lama mereka memakai layanan.

3

KAPASITAS SEL

Trafik $\approx$ frekuensi pemakaian $\times$ durasi pemakaian

Erlang membantu menggambarkan beban layanan, terutama untuk sistem berbasis panggilan/akses bersama.

Skenario A

100 user

jarang aktif

Skenario B

40 user

aktif lama

Hasil

B bisa lebih berat

walaupun user lebih sedikit

Kalimat mudah: kapasitas tidak cukup dihitung dari jumlah HP, tetapi dari pola pemakaian HP tersebut.

Capacity planning: dari pengguna ke resource

Perencanaan kapasitas mengubah kebutuhan layanan menjadi kebutuhan spektrum, site, sector, dan backhaul.

3

KAPASITAS SEL

Pengguna

berapa banyak dan di mana?

Trafik

jam sibuk & jenis layanan

Resource

spektrum, time slot, scheduler

Infrastruktur

site, sector, backhaul

Pengalaman

throughput, latency, reliability

Analogi: kantin kampus

Bukan hanya menghitung kursi. Kita perlu tahu jam ramai, menu yang dipesan, lama orang duduk, jumlah kasir, dan jalur keluar-masuk.

- busy hour penting
- jenis layanan penting
- backhaul juga bisa bottleneck

Cell splitting & densification: memecah cell untuk kapasitas

Saat area terlalu padat, cell dapat dibuat lebih kecil agar resource lebih dekat dan lebih banyak.

3

KAPASITAS SEL

Sebelum: satu cell besar



banyak user berbagi satu area besar



Sesudah: beberapa cell kecil



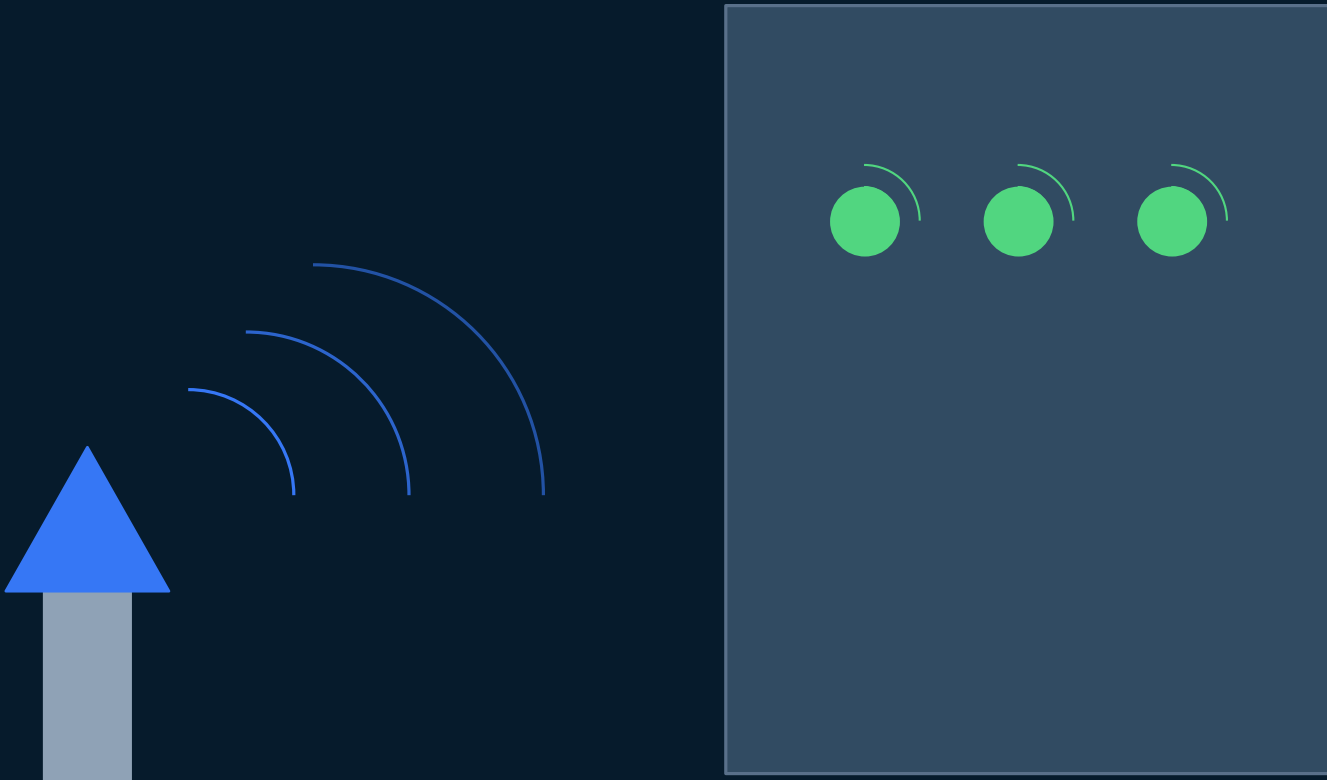
resource lebih dekat, kapasitas naik, tetapi interferensi perlu dikendalikan

Small cell & indoor solutions: memperbaiki area padat/sulit

Tidak semua masalah harus diselesaikan dengan macro site besar.

3

KAPASITAS SEL



Analogi: lampu meja

Lampu jalan menerangi area besar, tetapi meja belajar tetap butuh lampu kecil yang dekat dengan pengguna.

- macro site: cakupan luas
- small cell: kapasitas lokal
- indoor system: penetrasi lebih baik

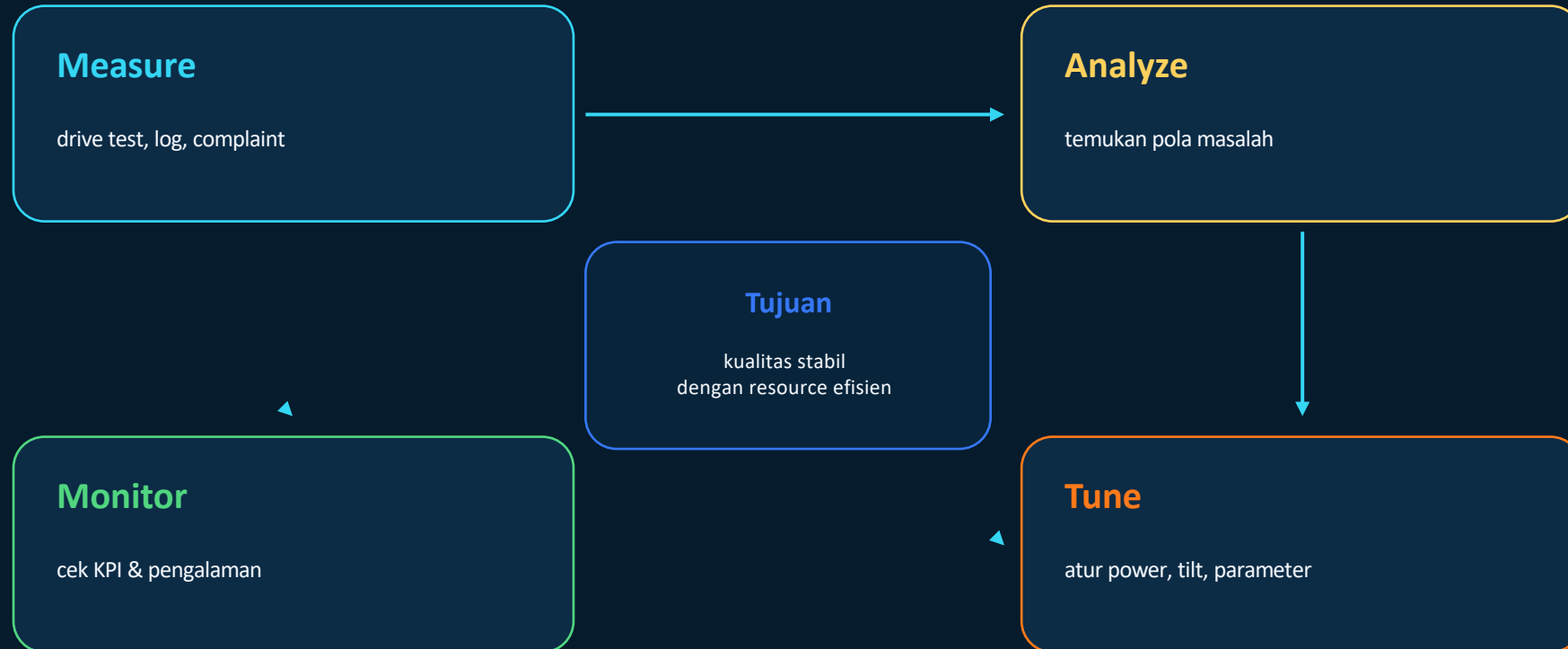
Cocok untuk: gedung padat, basement, stadion, kampus, mall.

Optimasi jaringan: ukur, analisis, atur, pantau

Jaringan nyata tidak selesai setelah site dipasang; performanya perlu terus dioptimasi.

4

OPTIMASI JARINGAN

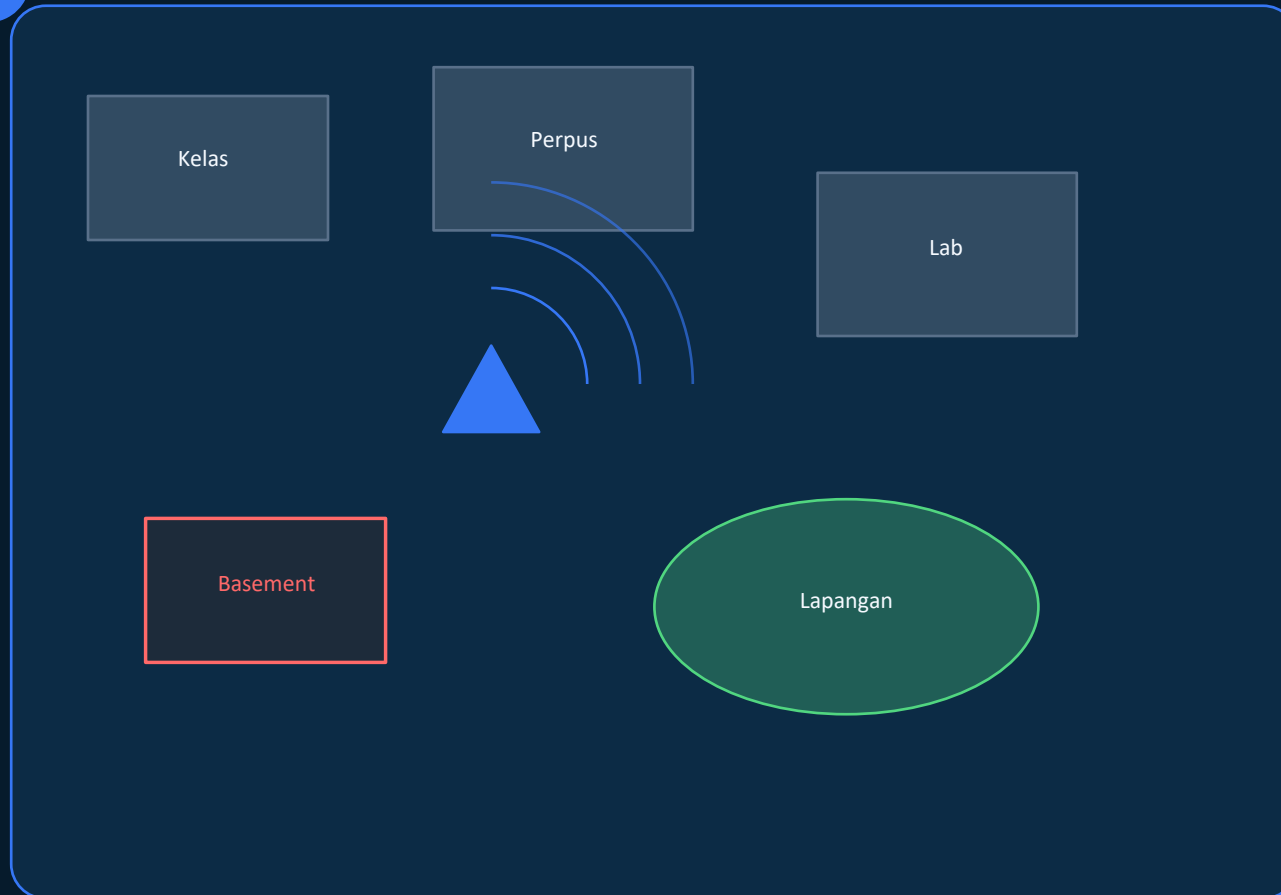


Studi kasus kampus: diagnosis sinyal lemah

Gunakan konsep propagasi dan kapasitas untuk menebak penyebab teknis.

4

OPTIMASI JARINGAN



Checklist diagnosis

- Sinyal lemah di basement → penetration loss
- Sinyal penuh tapi lambat di lapangan → capacity
- Putus saat pindah gedung → handover/coverage gap
- Kualitas naik turun saat berjalan → fading/multipath

Pertanyaan kelas: lokasi mana yang paling perlu diukur dulu, dan parameter apa yang ingin Anda lihat?

Quiz & tugas rumah: analisis propagasi dan kapasitas

Gunakan konsep untuk membaca gejala jaringan nyata, bukan sekadar menghafal istilah.

4

EVALUASI

Pertanyaan quiz

- 1 Mengapa sinyal di basement biasanya lebih lemah daripada di luar gedung?
- 2 Apa bedanya path loss, shadowing, multipath, dan fading?
- 3 Mengapa high band sering membutuhkan site lebih rapat?
- 4 Apa arti link budget sebagai “saldo energi sinyal”?
- 5 Mengapa jumlah pengguna saja belum cukup untuk menghitung kapasitas?
- 6 Pilih satu lokasi kampus dan tulis dugaan penyebab teknis kualitas jaringan buruk.

Format tugas rumah

- 1 halaman PDF
- foto/screenshot lokasi
- gejala yang diamati
- dugaan penyebab: coverage/capacity/interference/mobility
- usulan perbaikan sederhana
- maks. 350 kata

Tujuan: berpikir seperti network planner