

Analisis Bottleneck dan Kinerja Proses Organisasi

Simulasi Bisnis • Magister Manajemen

Dr. Despinur Dara, S.T., M.M

Universitas Negeri Jakarta

Agenda

01



Konsep Bottleneck dalam Sistem Operasional

02



Indikator Kinerja Sistem

03



Dampak Bottleneck terhadap Kualitas Layanan

04



Metode Identifikasi Bottleneck secara Analitis



Q1 Pernahkah Anda menunggu terlalu lama di satu titik layanan (loket, kasir, mesin) sementara titik lain tampak kosong? Menurut Anda, apa penyebabnya?

Ini adalah gejala klasik bottleneck satu titik yang membatasi kapasitas keseluruhan.

Q2 Sebuah kantor Samsat menambah 3 loket pembayaran karena antrian selalu panjang. Namun total waktu wajib pajak hanya berkurang 5 menit (dari 95 ke 90 menit). Mengapa dampaknya sangat kecil?

Jangan langsung menyalahkan keputusan menambah loket. Pikirkan: apakah pembayaran adalah tahap yang paling lama, atau ada tahap lain yang menyumbang waktu tunggu terbesar?

Q3 Metrik apa yang akan Anda gunakan untuk mengukur 'kesehatan' sebuah proses operasional? Sebutkan minimal tiga!

Waktu Tunggu dan Utilisasi



Waktu Tunggu (Waiting Time)

Definisi: Durasi entitas berada dalam antrian sebelum mulai dilayani.

Mengapa penting:

- ☐ Indikator langsung kepuasan pelanggan
- ☐ Berhubungan eksponensial dengan utilisasi: semakin tinggi utilisasi, waktu tunggu melonjak
- ☐ Komponen utama lead time proses

Rumus dasar:

$$Wq = Lq / \lambda$$



Utilisasi (Utilization)

Definisi: Proporsi waktu resource dalam keadaan sibuk (busy).

$$\rho = \lambda / (s \times \mu)$$

Interpretasi:

- ☐ $\rho < 70\%$: sistem longgar (underutilized)
- ☐ $\rho = 70\text{--}85\%$: zona optimal
- ☐ $\rho > 85\%$: antrian mulai memanjang
- ☐ $\rho \geq 100\%$: sistem tidak stabil

Waktu Tunggu dan Utilisasi



Waktu Tunggu (Waiting Time)

- **Wq** = rata-rata waktu tunggu per entitas dalam antrian (satuan: menit, jam, dll.)
- **Lq** = rata-rata jumlah entitas yang sedang menunggu dalam antrian pada suatu waktu tertentu
- **λ** (lambda) = rata-rata laju kedatangan entitas ke sistem per satuan waktu



Utilisasi (Utilization)

- **ρ** (rho) = tingkat utilisasi, dinyatakan sebagai proporsi (0 sampai 1) atau persentase
- **λ** (lambda) = rata-rata laju kedatangan entitas ke sistem per satuan waktu
- **s** = jumlah server (resource) paralel yang melayani
- **μ** (mu) = rata-rata laju pelayanan per server per satuan waktu (berapa entitas yang mampu dilayani satu server dalam satu satuan waktu)

01

**Konsep Bottleneck
dalam Sistem Operasional
dan Layanan**

Apa Itu Bottleneck?



Bottleneck adalah titik dalam suatu proses di mana kapasitas pemrosesan paling rendah, sehingga membatasi throughput (output) keseluruhan sistem. Ibarat leher botol yang menyempitkan aliran, bottleneck menentukan kecepatan maksimum seluruh proses.

Karakteristik Bottleneck:

- ☐ Kapasitas pemrosesan terendah di antara semua stasiun
- ☐ Utilisasi mendekati atau mencapai 100%
- ☐ Antrian (WIP) menumpuk di depannya
- ☐ Menentukan throughput maksimum sistem

Contoh Sederhana:

Lini produksi 3 mesin:

Mesin A: 20 unit/jam

Mesin B: 12 unit/jam ← Bottleneck

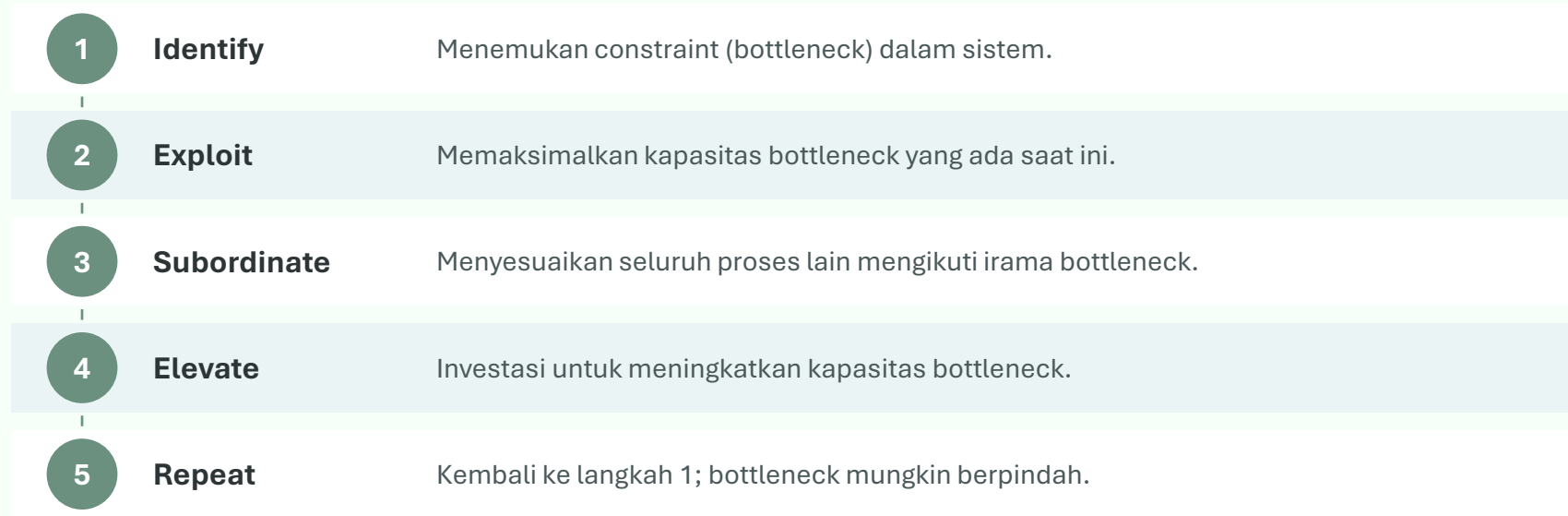
Mesin C: 18 unit/jam

Output total = 12 unit/jam
(dibatasi oleh Mesin B)

Sumber: Laguna & Marklund (2019, Ch. 5); Kelton et al. (2024, Ch. 6)

Theory of Constraints (TOC) Goldratt

Inti TOC: Kekuatan rantai ditentukan oleh mata rantai terlemahnya.



Sumber: Goldratt & Cox (1984); Laguna & Marklund (2019, Ch. 5)

Bottleneck dalam Berbagai Konteks

Sektor	Titik Bottleneck	Dampak
Manufaktur	Mesin CNC dengan cycle time terlama dalam lini perakitan	WIP menumpuk, lead time meningkat
Perbankan	Petugas verifikasi dokumen kredit (jumlah terbatas)	Antrian permohonan, nasabah beralih ke kompetitor
Rumah Sakit	Ruang operasi yang terbatas (OR availability)	Pasien elektif menunggu berminggu-minggu
E-Commerce	Proses packing di gudang saat flash sale	Pengiriman terlambat, rating menurun

Sumber: Disarikan dari Laguna & Marklund (2019); Banks et al. (2010)

02

Indikator Kinerja Sistem

Waktu Tunggu • Utilisasi • Throughput • Efisiensi

Throughput dan Efisiensi

Throughput

Definisi: Jumlah entitas yang berhasil melewati sistem secara lengkap per satuan waktu.

Prinsip kunci:

- ❑ Throughput sistem = throughput bottleneck
- ❑ Meningkatkan kapasitas non-bottleneck tidak menambah throughput total

Contoh: Lini perakitan smartphone: jika stasiun QC hanya mampu memeriksa 100 unit/jam, maka output akhir maksimum = 100 unit/jam, meskipun stasiun lain mampu 150 unit/jam.

Efisiensi Proses

Definisi: Rasio antara waktu value-adding terhadap total lead time.

Process Cycle Efficiency:

$$\text{PCE} = \text{Value-Added Time} / \text{Total Lead Time}$$

Interpretasi:

- ❑ PCE < 5%: umum pada proses administratif
- ❑ PCE 5–25%: proses telah diperbaiki
- ❑ PCE > 25%: world-class efficiency

Ringkasan Indikator Kinerja Sistem

Indikator	Rumus / Definisi	Target Ideal	Kaitan dengan Bottleneck
Waktu Tunggu	$Wq = Lq / \lambda$	Serendah mungkin	Melonjak di depan bottleneck
Utilisasi	$\rho = \lambda / (s \times \mu)$	70–85%	Bottleneck $\approx 100\%$
Throughput	Output per satuan waktu	= kapasitas bottleneck	Dibatasi oleh bottleneck
Efisiensi (PCE)	VA Time / Lead Time	> 25%	Bottleneck menambah non-VA time

Insight: Keempat indikator ini saling terhubung. Ketika utilisasi bottleneck mendekati 100%, waktu tunggu melonjak secara eksponensial, throughput stagnan, dan efisiensi proses menurun karena proporsi waktu non-value-adding (menunggu) meningkat drastis.

Sumber: Disarikan dari Law (2015); Laguna & Marklund (2019); Kelton et al. (2024)

03

Dampak Bottleneck terhadap Kualitas Layanan dan Keputusan Pelanggan

Dampak Bottleneck pada Kualitas Layanan



Waktu Tunggu Berlebih

Pelanggan mengalami idle time yang tidak produktif. Riset menunjukkan toleransi rata-rata pelanggan terhadap antrian adalah 5–10 menit.



Variabilitas Layanan

Bottleneck menciptakan ketidakpastian: kadang cepat, kadang sangat lambat. Inkonsistensi ini lebih merusak persepsi dibanding waktu tunggu yang konsisten.



Penurunan Kualitas Proses

Tekanan waktu pada resource bottleneck dapat menyebabkan peningkatan error rate. Petugas yang terus-menerus sibuk rentan terhadap kelelahan dan kesalahan.

Sumber: Banks et al. (2010, Ch. 9); Sterman (2000, Ch. 12)

Dampak Bottleneck pada Keputusan Pelanggan

BOTTLENECK Teridentifikasi

Balking

Pelanggan melihat antrian panjang dan memutuskan untuk tidak masuk sama sekali.

Reneging

Pelanggan sudah mengantri tetapi meninggalkan antrian karena terlalu lama.

Switching

Pelanggan beralih ke kompetitor yang menawarkan layanan lebih cepat.

Implikasi Manajerial: Bottleneck bukan hanya masalah operasional, tetapi masalah strategis yang langsung memengaruhi customer retention dan revenue.

Sumber: Laguna & Marklund (2019, Ch. 5); Sterman (2000)



Diskusi

Q1 Sebuah klinik gigi memiliki 3 dokter tetapi hanya 1 mesin rontgen. Pasien sering mengeluh lama menunggu giliran rontgen. Indikator kinerja mana yang paling relevan untuk dianalisis pertama kali?

Pikirkan: apakah masalahnya di waktu tunggu, utilisasi mesin, atau throughput?

Q2 Jika utilisasi semua resource di sebuah restoran cepat saji berada di angka 60–70%, apakah mungkin masih terjadi antrian panjang? Mengapa?

Pertimbangkan peran variabilitas (randomness) dalam waktu pelayanan dan kedatangan.

Q3 Dalam konteks e-commerce, apakah bottleneck selalu berupa resource fisik? Bisakah bottleneck berupa proses digital seperti payment gateway atau sistem verifikasi?

Perluasan konsep bottleneck ke sistem digital dan hybrid.

04

Metode Identifikasi Bottleneck secara Analitis

Metode Identifikasi Bottleneck

1

Analisis Utilisasi

Identifikasi resource dengan utilisasi tertinggi. Resource yang mendekati 100% utilisasi adalah kandidat utama bottleneck.

2

Analisis WIP (Work-in-Progress)

Observasi di mana penumpukan inventory/antrian terbesar terjadi. Bottleneck ditandai oleh akumulasi WIP di depannya.

3

Analisis Cycle Time

Bandingkan cycle time setiap stasiun. Stasiun dengan cycle time terlama adalah bottleneck karena menentukan pace keseluruhan.

4

Simulasi What-If

Tambahkan kapasitas pada setiap resource secara bergantian dalam model simulasi. Resource yang memberikan peningkatan throughput terbesar adalah bottleneck.

Sumber: Kelton et al. (2024, Ch. 6); Law (2015, Ch. 12); Laguna & Marklund (2019, Ch. 5)

Contoh: Identifikasi Bottleneck pada Lini Produksi

Stasiun	Cycle Time	Kapasitas/jam	Utilisasi	WIP Depan	Status
Cutting	2 menit	30 unit	67%	0–2 unit	Normal
Welding	3 menit	20 unit	98%	8–12 unit	BOTTLENECK
Painting	2.5 menit	24 unit	83%	1–3 unit	Normal
Assembly	2 menit	30 unit	67%	0–1 unit	Normal

Analisis: Stasiun Welding teridentifikasi sebagai bottleneck berdasarkan tiga indikator simultan: (1) cycle time terlama (3 menit), (2) utilisasi tertinggi (98%), dan (3) WIP terbanyak di depannya (8–12 unit). Output keseluruhan lini dibatasi pada 20 unit/jam oleh stasiun ini. Solusi potensial meliputi: menambah mesin welding (elevate), mengurangi waktu setup (exploit), atau melakukan subcontracting untuk sebagian pekerjaan welding.

Sumber: Ilustrasi berbasis prinsip dari Kelton et al. (2024); Laguna & Marklund (2019)

Fenomena Shifting Bottleneck

Shifting Bottleneck: Ketika bottleneck yang ada berhasil diatasi, bottleneck berpindah ke titik lain dalam proses. Ini berarti analisis bottleneck bukan kegiatan satu kali, melainkan proses berkelanjutan (continuous improvement).

Sebelum Perbaikan:

Cutting (30/jam) → Welding (20/jam) → Painting (24/jam)

Bottleneck: Welding
Output total: 20 unit/jam

Sesudah Perbaikan (tambah 1 mesin welding):

Cutting (30/jam) → Welding (40/jam) → Painting (24/jam)

Bottleneck baru: Painting
Output total: 24 unit/jam (+20%)

Takeaway: Simulasi memungkinkan kita memprediksi ke mana bottleneck akan berpindah sebelum investasi dilakukan, sehingga keputusan alokasi sumber daya lebih tepat sasaran.

Sumber: Goldratt & Cox (1984); Kelton et al. (2024, Ch. 6)

Rangkuman & Referensi

Referensi Utama:

- Laguna, M., & Marklund, J. (2019). Business Process Modeling, Simulation and Design (3rd ed.). Pearson.
- Law, A.M. (2015). Simulation Modeling and Analysis (5th ed.). McGraw-Hill.

Referensi Pendukung:

- Banks, J., Carson, J.S., Nelson, B.L., & Nicol, D.M. (2010). Discrete-Event System Simulation (5th ed.). Pearson.
- Sterman, J.D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw-Hill.
- Kelton, W.D., Sadowski, R.P., & Zupick, N.B. (2024). Simulation with Arena (7th ed.). McGraw-Hill.
- Goldratt, E.M., & Cox, J. (1984). The Goal: A Process of Ongoing Improvement. North River Press.