

***JOBSHEET***

# **BASIS DATA LANJUT**



Jurusan Teknologi Informasi  
**POLITEKNIK NEGERI MALANG**  
**TAHUN AJARAN 2025/2026**

## **PERTEMUAN 5**

Index dan Optimasi Query  
pada PostgreSQL

Team Teaching Basis Data Lanjut:

- Candra Bella Vista, S.Kom., MT.
- Moch Zawaruddin Abdullah, S.ST., M.Kom.
- Yan Watequlis Syaifudin, ST., MMT., PhD.
- Yoppy Yunhasnawa, S.ST., M.Sc.

Mata Kuliah : Basis Data Lanjut  
Program Studi : D4 – Teknik Informatika / D4 – Sistem Informasi Bisnis  
Semester : 3 (tiga)  
Pertemuan ke- : 5

## **MATERI : INDEX DAN OPTIMASI QUERY**

### **Mata Kuliah: Basisdata Lanjut**

#### **Tujuan Pembelajaran**

Setelah menyelesaikan materi ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Memahami konsep dasar indeks dalam database relasional.
2. Mengidentifikasi jenis-jenis indeks yang tersedia di PostgreSQL.
3. Menyusun query untuk memeriksa indeks yang ada pada suatu tabel.
4. Membuat indeks baru untuk meningkatkan performa query.
5. Menghapus indeks yang tidak diperlukan agar database tetap efisien.
6. Menambahkan constraint unik dengan memanfaatkan indeks.

#### **Konsep Dasar**

Indeks dalam PostgreSQL berfungsi sebagai struktur data tambahan yang mempercepat pencarian, pengurutan, maupun filtering data pada tabel. Konsep utamanya meliputi:

1. **Definisi Index:** Struktur yang menyimpan pointer ke data tabel sehingga query dapat menemukan baris lebih cepat tanpa harus memindai seluruh tabel (sequential scan).
2. **Jenis Index:** PostgreSQL mendukung beberapa tipe indeks, seperti B-Tree (default), Hash, GiST, SP-GiST, GIN, dan BRIN, yang masing-masing sesuai untuk kasus tertentu.
3. **Pemeriksaan Index:** Indeks yang ada dapat diperiksa melalui katalog sistem (pg\_indexes) atau perintah `\d nama_tabel`.
4. **Pembuatan Index:** Indeks dibuat dengan perintah `CREATE INDEX`, misalnya untuk mempercepat pencarian berdasarkan kolom tertentu.
5. **Penghapusan Index:** Indeks yang tidak diperlukan dapat dihapus dengan `DROP INDEX`.
6. **Constraint Unik:** Ketika menambahkan constraint `UNIQUE`, PostgreSQL secara otomatis membuat indeks untuk menjamin keunikan data.

#### **Manfaat**

Menguasai konsep dan penggunaan indeks memberikan manfaat penting dalam pengelolaan database, antara lain:

1. Performa Query yang Lebih Cepat: Query dengan kondisi `WHERE`, `JOIN`, atau `ORDER BY` dapat dieksekusi lebih efisien.
2. Efisiensi Sistem: Mengurangi beban sequential scan pada tabel besar sehingga server database lebih responsif.

3. **Integritas Data:** Constraint unik membantu memastikan tidak ada duplikasi data pada kolom yang seharusnya unik.
4. **Fleksibilitas Desain Database:** Dosen maupun mahasiswa dapat menyesuaikan indeks sesuai kebutuhan analisis dan pola query.
5. **Pemeliharaan Database:** Mengetahui kapan harus membuat atau menghapus indeks membantu menjaga keseimbangan antara kecepatan query dan overhead penyimpanan.

# Petunjuk Praktikum: Index di PostgreSQL

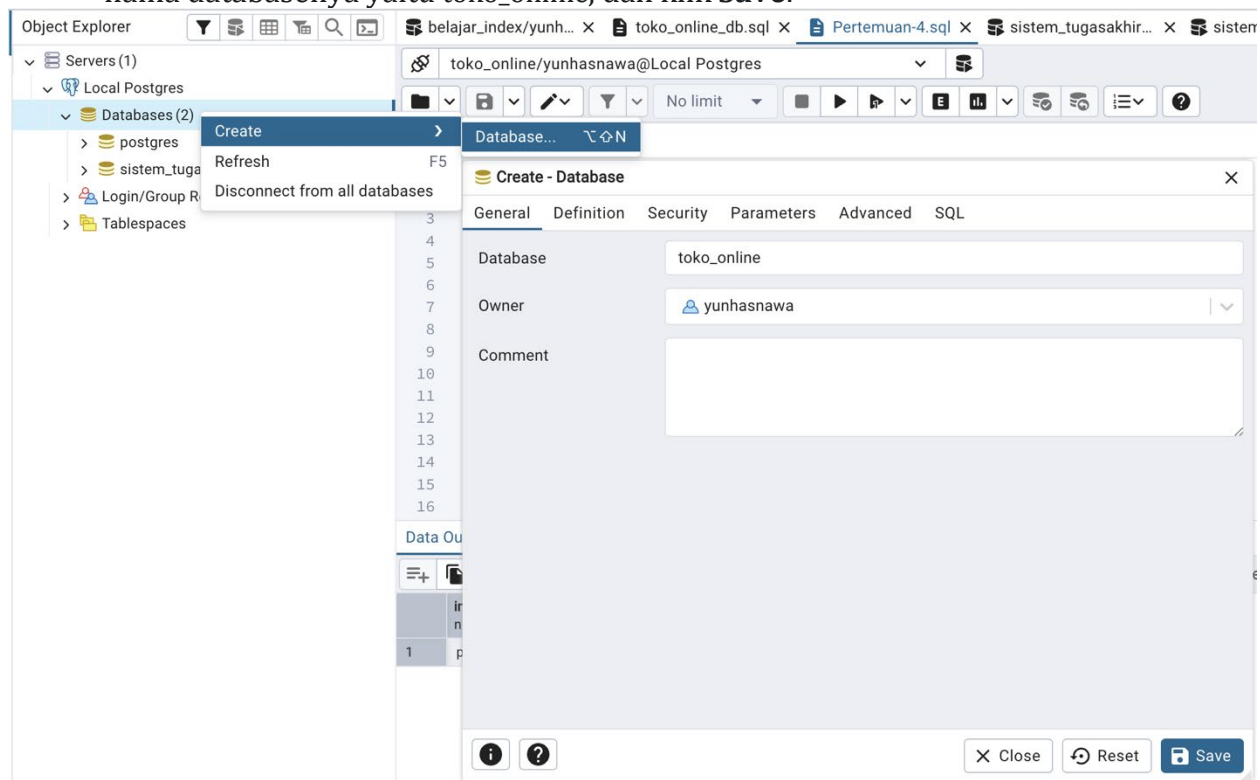
Penjelasan Topik-1 hingga Topik-4 terdapat pada slide materi presentasi.

## Topik-5: Latihan Dasar-dasar Index & Penggunaannya

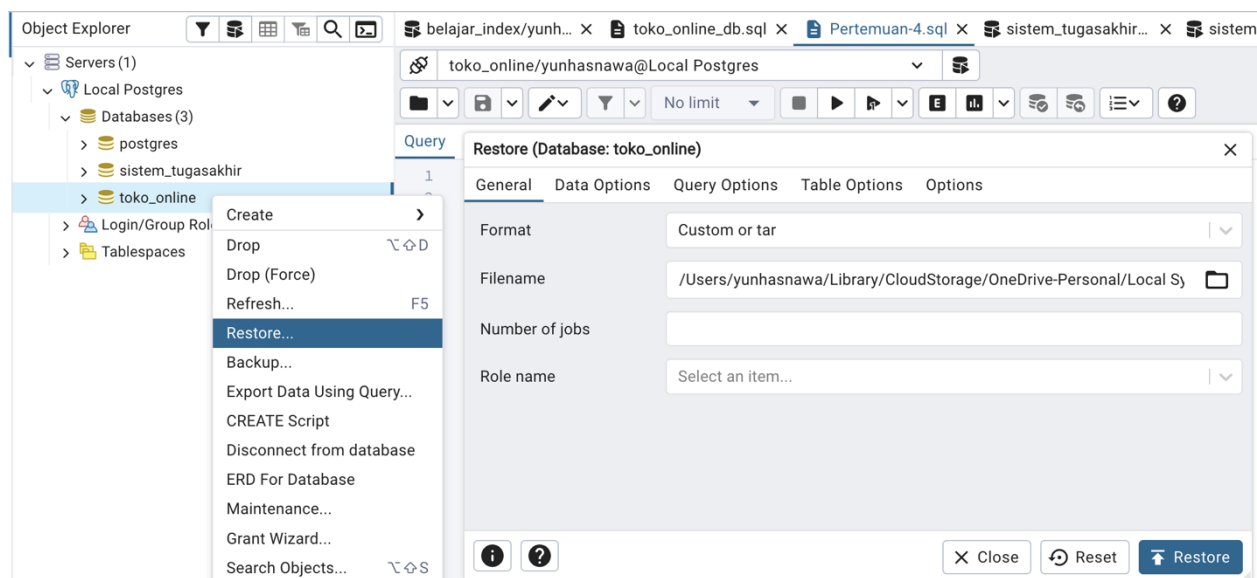
Pada bagian ini kita akan mempelajari bagaimana caranya membuat index dan mengamati dampak dari penggunaan index terhadap performa query pada suatu tabel. Untuk bisa mencoba petunjuk praktikum ini, pastikan Anda sudah memiliki database toko\_online di server PostgreSQL Anda.

Jika Anda belum memiliki database tersebut, ikuti langkah berikut ini:

- Unduh file toko\_online.backup yang sudah disediakan bersama petunjuk praktikum ini.
- Buat database baru di server PostgreSQL Anda dengan pgAdmin, dengan cara klik kanan ikon **Databases** di Object Explorer, lalu pilih menu **Create -> Database....** Lalu isikan nama databasenya yaitu toko\_online, dan klik **Save**.



- Berikutnya, restore backup database dengan cara klik kanan pada database toko\_online di bawah ikon **Databases** di Object Explorer. Lalu, pilih **Restore**.
- Pada kotak dialog yang muncul, pastikan pada kolom **Format** terisi Custom or tar. Dan pada kolom isian **Filename**, navigasikan ke tempat dimana file toko\_online.backup berada, lalu klik **Restore**.



## 1. Membuat Index Dasar

-- Query tanpa index

EXPLAIN ANALYZE  
SELECT \* FROM pelanggan WHERE email='pelanggan12345@mail.com';

Data Output

Messages

Notifications

≡

+

📄

▼

📋

▼

🗑️

🗄️

⬇️

📈

SQL

Showing row 1 of 5

	<div>QUERY PLAN</div> <div>text</div> <div>🔒</div>
1	Seq Scan on pelanggan (cost=0.00..1138.00 rows=1 width=49) (actual time=1.621..6.281 rows=1 loops=1)
2	Filter: ((email)::text = 'pelanggan12345@mail.com)::text)
3	Rows Removed by Filter: 49999
4	Planning Time: 0.074 ms
5	Execution Time: 6.299 ms

Selanjutnya, mari kita membuat index di kolom email dengan menggunakan sintaksis CREATE INDEX berikut ini.

-- Membuat index

```
CREATE INDEX idx_pelanggan_email ON pelanggan(email);
```

Sekarang jalankan lagi SQL Sebelumnya dan bandingkan hasil pada output yang dihasilkan.

-- Query ulang (lebih cepat dengan Index Scan)

```
EXPLAIN ANALYZE
```

```
SELECT * FROM pelanggan WHERE email = 'pelanggan12345@mail.com';
```

Perhatikan pada baris pertama, sekarang menjadi Index scan using.... Lalu, perhatikan juga execution time-nya sekarang menjadi jauh lebih cepat.

Data Output		Messages	Notifications
<div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div>&lt;</div></div></div>			

## 2. Index Tunggal vs Multi-Kolom

Terkadang, satu index saja pada tabel bisa jadi masih kurang mengoptimasi query yang kita jalankan. Sehingga tak jarang kita perlu membuat index di lebih dari satu kolom.

Mari kita coba membuat index tunggal di tabel transaksi pada kolom id\_pelanggan.

-- Index tunggal pada id\_pelanggan

```
CREATE INDEX idx_transaksi_id_pelanggan ON transaksi(id_pelanggan);
```

Selanjutnya jalankan sintaksis EXPLAIN ANALYZE berikut dan **catat execution time-nya**.

-- Query dengan 2 kondisi (kadang index tunggal tidak cukup)

```
EXPLAIN ANALYZE
```

```
SELECT * FROM transaksi
```

```
WHERE id_pelanggan = 100 AND tanggal_transaksi BETWEEN '2024-01-01' AND '2024-12-31';
```

Hasil EXPLAIN ANALYZE:

Data Output	Messages	Notifications
Showing rows: 1 to 9		Page 1
QUERY PLAN		
text		
1	Bitmap Heap Scan on transaksi (cost=4.46..23.67 rows=1 width=28) (actual time=0.434..0.435 rows=0 loops=1)	
2	Recheck Cond: (id_pelanggan = 100)	
3	Filter: ((tanggal_transaksi >= '2024-01-01'::date) AND (tanggal_transaksi <= '2024-12-31'::date))	
4	Rows Removed by Filter: 4	
5	Heap Blocks: exact=4	
6	-> Bitmap Index Scan on idx_transaksi_id_pelanggan (cost=0.00..4.46 rows=5 width=0) (actual time=0.412..0.413 rows=4 loops=1)	
7	Index Cond: (id_pelanggan = 100)	
8	Planning Time: 0.977 ms	
9	Execution Time: 0.466 ms	

Sekarang mari kita buat satu lagi index berjenis multi-kolom pada tabel transaksi, di kolom id\_pelanggan dan tanggal\_transaksi sekaligus.

-- Index multi-kolom

```
CREATE INDEX idx_transaksi_pelanggan_tanggal
ON transaksi(id_pelanggan, tanggal_transaksi);
```

Berikutnya jalankan kembali SQL EXPLAIN ANALYZE yang sebelumnya, lalu perhatikan output-nya.

-- Query ulang (harus lebih efisien)

```
EXPLAIN ANALYZE
SELECT * FROM transaksi
WHERE id_pelanggan = 100 AND tanggal_transaksi BETWEEN '2024-01-01' AND '2024-12-31';
```

Perhatikan saat ini execution time dari query tersebut menjadi jauh lebih cepat.

Data Output	Messages	Notifications
Showing rows: 1 to 4		Page No: 1
QUERY PLAN		
text		
1	Index Scan using idx_transaksi_pelanggan_tanggal on transaksi (cost=0.42..8.44 rows=1 width=28) (actual time=0.044..0.045 rows=0 loops=1)	
2	Index Cond: ((id_pelanggan = 100) AND (tanggal_transaksi >= '2024-01-01'::date) AND (tanggal_transaksi <= '2024-12-31'::date))	
3	Planning Time: 0.440 ms	
4	Execution Time: 0.063 ms	

### 3. Unique Index & Constraint

Untuk bisa mengoptimalkan query di database secara umum, dan di PostgreSQL khususnya, kita dianjurkan untuk memaksimalkan penggunaan fitur constraint pada tabel. Constraint adalah fitur yang 'membatasi' data seperti apa yang diinputkan pada tabel. Adapun beberapa constraint apabila diaktifkan pada tabel, akan secara otomatis membuat index juga. Sebagai contoh yaitu pada constraint UNIQUE.

Sekarang mari kita coba periksa apakah di tabel pelanggan sudah ada constraint UNIQUE. Untuk melakukannya, jalankan SQL berikut (menggunakan sintaksis CTE):

```
WITH cte AS (  
  SELECT  
    conrelid::regclass::text AS table_name,  
    conname AS constraint_name,  
    contype AS constraint_type,  
    conindid::regclass AS index_name  
  FROM  
    pg_constraint  
  WHERE  
    contype IN ('p', 'u', 'f', 'c')  
)  
SELECT * FROM cte WHERE "table_name" = 'pelanggan';
```

Perhatikan outputnya, periksa di kolom constraint\_name dan constraint\_type. Apabila ada constraint SELAIN **pkey** (Primary Key) catat nama constraint-nya tersebut, dan hapus dengan menggunakan SQL berikut ini.

```
-- Hapus constraint  
ALTER TABLE pelanggan DROP CONSTRAINT nama_constraint_anda CASCADE;
```

Selanjutnya periksa apakah di tabel pelanggan ada index-nya, dengan menggunakan SQL berikut ini.

```
-- Periksa apakah ada index tertentu  
SELECT indexname, indexdef FROM pg_indexes WHERE tablename = 'pelanggan';
```

Perhatikan kolom indexname pada hasil yang ditampilkan. Jika terdapat index SELAIN pkey di sana, maka sama seperti pada CONSTRAINT tadi, hapuslah terlebih dahulu index yang ada dengan menggunakan perintah SQL berikut ini.

```
-- Apabila ada index-nya, hapus dulu:  
DROP INDEX IF EXISTS nama_index_anda;  
DROP INDEX IF EXISTS nama_index_anda_yang_lain_jika_ada;
```

Selanjutnya, tanpa membuat index secara manual, mari kita tambahkan constraint UNIQUE pada tabel pelanggan kita, di kolom email.

```
-- Membuat constraint.  
ALTER TABLE pelanggan ADD CONSTRAINT pelanggan_email_key UNIQUE (email);
```

Hasil ADD CONSTRAINT:



Data Output Messages Notifications				
	table_name text	constraint_name name	constraint_type "char"	index_name regclass
1	pelanggan	pelanggan_email_k...	u	pelanggan_email_key

⚠ **Catatan:** Pada SQL tersebut penamaan UNIQUE constraint mengikuti aturan (konvensi): <nama\_tabel>\_<nama\_kolom>\_<jenis\_constraint>. Di PostgreSQL jenis CONSTRAINT-nya antara lain:

Jenis Constraint	Konvensi Penamaan
UNIQUE	_key
PRIMARY KEY	_pkey
FOREIGN KEY	_fkey
CHECK	_check
EXCLUSION	_excl

Setelah itu, cobalah untuk memeriksa keberadaan constraint yang baru saja Anda buat tersebut dengan menggunakan perintah SQL sebelumnya. Maka akan ditunjukkan hasil seperti berikut ini.

Setelah itu periksa juga keberadaan index pada tabel pelanggan, dengan menggunakan perintah pengecekan index yang sebelumnya. Maka akan terdapat satu UNIQUE INDEX yang dibuat secara **otomatis** di tabel tersebut.

Data Output Messages Notifications		
	indexname name	indexdef text
1	pelanggan_email_key	CREATE UNIQUE INDEX pelanggan_email_key ON public.pelanggan USING btree (email)

Sekarang mari kita coba untuk memeriksa apakah memang benar ada index yang otomatis dibuat di tabel pelanggan kita tersebut.

-- Cek index:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT email FROM pelanggan WHERE email LIKE 'pelanggan12345@mail.com';
```

Perhatikan pada output yang dihasilkan, terdapat kata-kata: "**Index Only Scan...**", hal tersebut menandakan query-nya dieksekusi memang benar menggunakan index, dimana kita tidak pernah secara eksplisit membuat indeks tersebut. Sekarang, mari kita coba menginputkan data duplikat untuk menguji constraint UNIQUE yang kita buat.

-- Mencoba insert duplikat (akan gagal)

```
INSERT INTO pelanggan (nama, email, kota)
VALUES ('Pelanggan Baru', 'pelanggan12345@mail.com', 'Jakarta');
```

Hasilnya akan error, karena datanya tidak bisa diinputkan, disebabkan sudah ada data dengan email yang sama di dalam tabel kita.

Data Output	Messages	Notifications
ERROR: duplicate key value violates unique constraint "idx_pelanggan_email_unique" Key (email)=(pelanggan12345@mail.com) already exists.		
SQL state: 23505		
Detail: Key (email)=(pelanggan12345@mail.com) already exists.		

## 4. Partial Index

Index juga bisa dibuat pada sebagian data saja alih-alih ke keseluruhan tabel. Index semacam ini biasanya berguna pada data yang berkaitan dengan waktu. Pada contoh berikut ini kita akan membuat index pada sebagian data di tabel transaksi.

Jalankan SQL berikut untuk membuat index hanya pada data yang masuk **setelah tanggal 1 Agustus 2025**.

```
-- Membuat index hanya untuk transaksi pada bulan Agustus ke belakang  
CREATE INDEX idx_transaksi_recent  
ON transaksi(tanggal_transaksi)  
WHERE tanggal_transaksi > DATE '2025-08-01';
```

Cek performa query pada tanggal-tanggal yang masuk dalam batasan pembuatan index.

```
-- Query yang cocok dengan index  
EXPLAIN ANALYZE  
SELECT * FROM transaksi  
WHERE tanggal_transaksi > DATE '2025-08-01';
```

Berikut ini adalah hasil dari EXPLAIN ANALYZE di atas, catat 'Execution Time'-nya.

Data Output	Messages	Notifications
Showing rows: 1 to 6  Page No: 1		
<b>QUERY PLAN</b>		
text		
1	Index Only Scan using pelanggan_email_key on pelanggan (cost=0.41..8.43 rows=1 width=23) (actual time=0.156..0.157 rows=1 loops=1)	
2	Index Cond: (email = 'pelanggan12345@mail.com'::text)	
3	Filter: ((email)::text ~~ 'pelanggan12345@mail.com'::text)	
4	Heap Fetches: 0	
5	Planning Time: 0.179 ms	
6	Execution Time: 0.173 ms	

Bandingkan dengan query pada tanggal-tanggal yang tidak masuk dalam batasan pembuatan index, misalkan pada tanggal sebelum 31 Agustus 2025.

-- Query di luar jangkauan (index tidak digunakan)

**EXPLAIN ANALYZE**

**SELECT \* FROM** transaksi

**WHERE** tanggal\_transaksi < **CURRENT\_DATE** - **INTERVAL** '200 days';

Perhatikan hasil query pada tanggal yang tidak tercakup dalam index, dimana waktu eksekusinya sangat lambat.

Data Output	Messages	Notifications
Showing rows: 1 to 5  Page No: 1		
<b>QUERY PLAN</b> text		
1	Seq Scan on transaksi (cost=0.00..3971.00 rows=178326 width=28) (actual time=0.010..25.971 rows=178824 loops=1)	
2	Filter: (tanggal_transaksi < '2025-07-31'::date)	
3	Rows Removed by Filter: 21176	
4	Planning Time: 0.139 ms	
5	Execution Time: 32.965 ms	

## 5. Membaca Query Plan

Terdapat perbedaan pada sintaksis EXPLAIN dan EXPLAIN ANALYZE. Untuk memahami perbedaan tersebut, jalankan SQL sintaksis EXPLAIN berikut ini.

-- Tanpa eksekusi nyata

**EXPLAIN SELECT \* FROM** transaksi **WHERE** id\_transaksi = 12345;

EXPLAIN akan menganalisis performa suatu query *\*tanpa menjalankannya*.

Data Output	Messages	Notifications
<b>QUERY PLAN</b> text		
1	Index Scan using transaksi_pkey on transaksi (cost=0.42..8.44 rows=1 width=28)	
2	Index Cond: (id_transaksi = 12345)	

Perhatikan bedanya dengan hasil dari sintaksis EXPLAIN ANALYZE berikut.

-- Dengan eksekusi nyata

**EXPLAIN ANALYZE SELECT \* FROM** transaksi **WHERE** id\_transaksi = 12345;

Pada output hasil eksekusi SQL tersebut, akan terdapat kata-kata Planning Time dan Execution Time. Hal ini menunjukkan, sintaksis SELECT \* FROM ... benar-benar dijalankan dan kemudian dianalisis hasilnya.

Data Output		Messages	Notifications
<div><div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div>&lt;/</div></div></div></div>			

## Topik-6: Latihan Optimasi Query & Trade-off Index

Pada bagian ini kita akan memahami konsep dimana index tidaklah selalu baik. Terdapat 'trade-off', atau harga yang harus dibayar saat kita menerapkan index. Maka dari itu, penting bagi kita untuk memahami kapan waktu atau kasus, maupun query yang tepat/optimal jika kita menerapkan index.

### 6. Dampak Negatif Index pada INSERT

Setiap index yang kita buat, akan memerlukan biaya (resource) tambahan. Oleh karena itu, tidak serta merta kemudian semua kolom di dalam tabel kita, harus dibuat index-nya. Mari kita coba menambahkan index ke 2 kolom yang sebenarnya kurang cocok di-index, pada tabel transaksi.

-- Tambahkan banyak index

```
CREATE INDEX idx_transaksi_total ON transaksi(total);  
CREATE INDEX idx_transaksi_jumlah ON transaksi(jumlah);
```

**⚠ Catatan:** Sebagaimana layaknya daftar isi pada suatu buku matematika, akan lebih bermanfaat apabila meletakkan daftar bab (berupa teks) didalamnya, daripada meletakkan daftar angka. Demikian juga pada suatu tabel, index akan lebih optimal pada data yang berupa karakter (teks), yang sering kita gunakan di klausa WHERE, dibandingkan data yang berupa nilai (angka).

Sekarang, mari kita coba bandingkan performa sintaksis SELECT pada tabel tersebut.

-- Uji insert data baru

```
EXPLAIN ANALYZE  
INSERT INTO transaksi (id_pelanggan, id_produk, tanggal_transaksi, jumlah, total)  
VALUES (200, 10, CURRENT_DATE, 2, 250000);
```

Perhatikan hasilnya.

Data Output	Messages	Notifications
<div> <div> <div>≡</div> <div>+</div> </div> <div> <div>📄</div> <div>▼</div> </div> <div> <div>📋</div> <div>▼</div> </div> <div> <div>🗑️</div> </div> <div> <div>🗑️</div> </div> <div> <div>📄</div> </div> <div> <div>⬇️</div> </div> <div> <div>📈</div> </div> <div>SQL</div> </div> <div>Showing rows: 1 to 5 </div> <div>Page No: 1</div>		
<b>QUERY PLAN</b> text <div>🔒</div>		
1	Insert on transaksi (cost=0.00..0.02 rows=0 width=0) (actual time=2.204..2.204 rows=0 loops=1)	
2	-> Result (cost=0.00..0.02 rows=1 width=36) (actual time=0.305..0.306 rows=1 loops=1)	
3	Planning Time: 0.287 ms	
4	Trigger for constraint transaksi_id_produk_fkey: time=1.919 calls=1	
5	Execution Time: 4.151 ms	

Sekarang, hapus semua index yang kita buat sebelumnya tadi.

-- Drop index untuk melihat perbandingan

**DROP INDEX** idx\_transaksi\_total;

**DROP INDEX** idx\_transaksi\_jumlah;

Lalu jalankan sintaksis EXPLAIN ANALYZE sebelumnya. Lalu perhatikan pada output yang dihasilkan, terlihat di sana performa SELECT-nya justru lebih baik.

Data Output	Messages	Notifications
<div> <div> <div>≡</div> <div>+</div> </div> <div> <div>📄</div> <div>▼</div> </div> <div> <div>📋</div> <div>▼</div> </div> <div> <div>🗑️</div> </div> <div> <div>🗑️</div> </div> <div> <div>📄</div> </div> <div> <div>⬇️</div> </div> <div> <div>📈</div> </div> <div>SQL</div> </div> <div>Showing rows: 1 to 5 </div> <div>Page No: 1</div>		
<b>QUERY PLAN</b> text <div>🔒</div>		
1	Insert on transaksi (cost=0.00..0.02 rows=0 width=0) (actual time=0.601..0.601 rows=0 loops=1)	
2	-> Result (cost=0.00..0.02 rows=1 width=36) (actual time=0.098..0.099 rows=1 loops=1)	
3	Planning Time: 0.047 ms	
4	Trigger for constraint transaksi_id_produk_fkey: time=0.130 calls=1	
5	Execution Time: 0.750 ms	

## 7. Menggunakan ANALYZE

Untuk bisa bekerja dengan terpercaya, EXPLAIN maupun EXPLAIN ANALYZE mengandalkan data statistik dari tabel-tabel yang dipasang index. Penting bagi kita untuk memperbarui statistik tersebut apabila dirasa sudah lama statistik tersebut tidak di-update.

Untuk meng-update statistik pada tabel tertentu, digunakan sintaksis seperti berikut ini.

-- Update statistik tabel

**ANALYZE** transaksi;

Apabila statistik sudah di-update, kita dapat menjalankan sintaksis EXPLAIN maupun EXPLAIN ANALYZE dengan hasil yang terpercaya.

-- Jalankan query setelah ANALYZE

**EXPLAIN ANALYZE**

**SELECT \* FROM** transaksi

**WHERE** tanggal\_transaksi **BETWEEN** '2024-06-01' **AND** '2024-06-30';

## 8. Query Rewrite

Pada sebagian query, index bisa termanfaatkan dengan baik dan di sebagian yang lain terkadang index tidak termanfaatkan dengan baik. Oleh karena itu, upayakan untuk memilih sintaksis SQL yang memanfaatkan index dengan baik apabila Anda ingin mengoptimasi sistem Anda.

Sebagai contoh, berikut ini adalah sintaksis query SELECT ... IN untuk menemukan data transaksi dari pelanggan yang memiliki email pelanggan12345@mail.com. Mari kita EXPLAIN ANALYZE query tersebut.

-- Dengan IN

EXPLAIN ANALYZE

SELECT \* FROM transaksi

WHERE id\_pelanggan IN (

SELECT id\_pelanggan FROM pelanggan WHERE kota = 'Jakarta'

);

Perhatikan waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan query tersebut.

Data Output		Messages	Notifications
		Showing rows: 1 to 10	Page No: 1
	QUERY PLAN		
	text		
3	Index Cond: ((email)::text = 'pelanggan12345@mail.com'::text)		
4	-> Bitmap Heap Scan on transaksi (cost=4.46..23.65 rows=5 width=28) (actual time=0.013..0.015 rows=2 loops=1)		
5	Recheck Cond: (id_pelanggan = pelanggan.id_pelanggan)		
6	Heap Blocks: exact=2		
7	-> Bitmap Index Scan on idx_transaksi_pelanggan_tanggal (cost=0.00..4.46 rows=5 width=0) (actual time=0.008..0.009 rows=2 loops=1)		
8	Index Cond: (id_pelanggan = pelanggan.id_pelanggan)		
9	Planning Time: 0.231 ms		
10	Execution Time: 0.061 ms		

Sekarang mari kita bandingkan dengan sintaksis SELECT ... JOIN berikut, yang sebenarnya tujuannya sama.

-- Dengan JOIN

EXPLAIN ANALYZE

SELECT t.\*

FROM transaksi t

JOIN pelanggan p ON t.id\_pelanggan = p.id\_pelanggan

WHERE p.kota = 'Jakarta';

Amati hasilnya, dimana waktu eksekusi query tersebut sedikit lebih cepat daripada query sebelumnya.

Data Output		Messages	Notifications
<div> <div> <div>≡</div> <div>+</div> </div> <div> <div>📄</div> <div>▼</div> </div> <div> <div>📋</div> <div>▼</div> </div> <div> <div>🗑️</div> </div> <div> <div>🗄️</div> </div> <div> <div>⬇️</div> </div> <div> <div>📈</div> </div> <div>SQL</div> </div>		Showing rows: 1 to 10	Page No: 1
	<div> <div>QUERY PLAN</div> <div>text</div> <div>🔒</div> </div>		
3	Index Cond: ((email)::text = 'pelanggan12345@mail.com'::text)		
4	-> Bitmap Heap Scan on transaksi t (cost=4.46..23.65 rows=5 width=28) (actual time=0.012..0.014 rows=2 loops=1)		
5	Recheck Cond: (id_pelanggan = p.id_pelanggan)		
6	Heap Blocks: exact=2		
7	-> Bitmap Index Scan on idx_transaksi_pelanggan_tanggal (cost=0.00..4.46 rows=5 width=0) (actual time=0.008..0.008 rows=2 loops=1)		
8	Index Cond: (id_pelanggan = p.id_pelanggan)		
9	Planning Time: 0.207 ms		
10	Execution Time: 0.058 ms		

## Penutup

Setelah menyelesaikan petunjuk praktikum ini, seharusnya Anda sekarang sudah memahami bahwa:

- Index mempercepat pencarian, join, dan filter data.
- Ada berbagai tipe index: tunggal, multi-kolom, unik, dan partial.
- Index membawa trade-off: mempercepat SELECT tapi memperlambat INSERT/UPDATE/DELETE.

Optimasi query tidak hanya soal index, tapi juga soal menulis query dengan benar dan menjaga statistik tabel tetap up-to-date.

## Soal Latihan Pertemuan 5

### Soal-1: Membuat Index Dasar

- Tabel pelanggan memiliki kolom email yang sering digunakan dalam pencarian.
- Tuliskan SQL untuk membuat sebuah index bernama idx\_pelanggan\_email pada kolom tersebut.
- Setelah itu, jalankan query berikut dan amati perbedaan hasil EXPLAIN ANALYZE sebelum dan sesudah index dibuat:
  - o `SELECT * FROM pelanggan WHERE email = 'pelanggan100@mail.com';`

### Soal-2: Index Multi Kolom

- Tabel transaksi memiliki kolom id\_pelanggan dan tanggal\_transaksi.
- Buatlah index multi-kolom pada kedua kolom tersebut untuk mempercepat query berikut:
  - o `SELECT * FROM transaksi WHERE id_pelanggan = 50 AND tanggal_transaksi BETWEEN '2024-01-01' AND '2024-12-31';`
  - o Tuliskan SQL untuk membuat index tersebut dan jelaskan mengapa index multi-kolom lebih efisien dibanding index tunggal pada id\_pelanggan saja.

### Soal-3: Unique Constraint

- Pada tabel pelanggan, setiap email harus unik agar tidak terjadi duplikasi data.
- Tuliskan SQL untuk menambahkan constraint UNIQUE pada kolom email.
- Lalu, coba jalankan perintah berikut:
  - o `INSERT INTO pelanggan (nama, email, kota) VALUES ('Pelanggan Baru', 'pelanggan100@mail.com', 'Jakarta');`
- Apa hasilnya jika ternyata email tersebut sudah ada di tabel?

### Soal-4: Partial Index

- Anda diminta untuk membuat index pada tabel transaksi hanya untuk data setelah tanggal 1 Januari 2025.
- Tuliskan SQL untuk membuat partial index tersebut.
- Kemudian, bandingkan hasil EXPLAIN ANALYZE untuk query berikut dengan dan tanpa partial index:
  - o `SELECT * FROM transaksi WHERE tanggal_transaksi > '2025-01-01';`

### Query Mahasiswa:

--

### Hasil Eksekusi:

--



## **Refleksi Pembelajaran**

**Nama Mahasiswa:** \_\_\_\_\_

**NIM:** \_\_\_\_\_

**Hal yang sudah dipahami:**

- Definisi Index
- Jenis Index
- Pemeriksaan Index
- Pembuatan Index
- Penghapusan Index
- Constraint Unik

**Kesulitan yang dialami:**