

# Pemodelan dan Analisis Waktu Antrian Pelanggan di Outlet Gacoan Jogja Berbasis Fourier

Devan Westley<sup>1</sup>

**Abstract**—Nowdays, time efficiency is a key factor affecting customer satisfaction. High-traffic fast-food restaurants often face challenges related to long queue times, including Gacoan Jogja, which is popular with a large number of daily visitors. This make author interested on customer queue times at Gacoan Jogja outlets by using Fourier-based methods to identify patterns of waiting time fluctuations. The analysis helps determine optimal visiting hours with shorter waiting times and provides insights for queue management strategies and improving overall customer service.

**Abstrak**—Saat ini, efisiensi waktu menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi kepuasan pelanggan. Restoran cepat saji dengan tingkat kunjungan tinggi sering menghadapi tantangan terkait panjangnya waktu antrian, termasuk Gacoan Jogja, yang populer dengan jumlah pengunjung harian yang sangat besar. Hal ini membuat penulis tertarik untuk menganalisis waktu antrian pelanggan di outlet Gacoan Jogja menggunakan metode berbasis Fourier untuk mengidentifikasi pola fluktuasi waktu tunggu. Analisis ini membantu menentukan jam kunjungan optimal dengan waktu tunggu lebih singkat serta memberikan wawasan untuk strategi manajemen antrian dan peningkatan layanan pelanggan secara keseluruhan.

**Kata Kunci**—Waktu antrian, Fourier, Restoran cepat saji, Kepuasan pelanggan, Gacoan Jogja.

## I. PENDAHULUAN

Permasalahan antrian yang panjang tidak hanya menurunkan kepuasan pelanggan, tetapi juga berdampak pada produktivitas operasional restoran. Oleh karena itu, penting untuk memahami pola waktu antrian sepanjang jam operasional agar dapat dirancang strategi yang tepat.

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknologi Informasi (NIM: 23/522479/TK/57681), Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No.2 Kampus UGM Yogyakarta 52281 INDONESIA (e-mail:wstlydevan@gmail.com)

Laporan ini menggunakan metode Fourier untuk menganalisis data antrean harian di outlet Gacoan Jogja. Metode ini memungkinkan identifikasi pola periodik dan variasi waktu tunggu, sehingga dapat membantu menentukan jam kunjungan optimal bagi pelanggan dan menjadi dasar strategi manajemen antrean yang lebih efektif. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan pemahaman kuantitatif mengenai antrean, tetapi juga potensi peningkatan layanan pelanggan melalui pengambilan keputusan berbasis data.

## II. METODOLOGI

### A. Pengambilan Data

Data utama dikumpulkan dari kombinasi observasi lapangan dan sumber publik seperti Google Maps, dengan fokus pada tujuh outlet Gacoan di wilayah Jogja. Untuk setiap outlet dikumpulkan informasi lokasi, jam operasional, serta pengamatan waktu kedatangan pelanggan dan waktu tunggu pada interval sampling yang konsisten selama periode pengamatan yang mencakup hari kerja dan akhir pekan.



Figure 1: Outlet Gacoan Jogja

### B. Encoding

Semua variabel kategorikal dan waktu diubah menjadi bentuk numerik agar kompatibel dengan prosedur analisis [1]. Setiap outlet diberi label numerik untuk menjaga sifat periodik data. Keterangan operasional dan sumber pengukuran di-labelkan meng-

gunakan teknik label encoding atau one-hot encoding tergantung pada kebutuhan analisis selanjutnya. Skema encoding disimpan agar proses replikasi dan validasi hasil dapat dilakukan secara konsisten.

### C. Penanganan Outlier.

Observasi dianggap outlier jika

$$\mathcal{O} = \{x \mid x = \text{null}\} \cup \{x \mid x < Q_1 - 1.5 \text{IQR} \text{ or } x > Q_3 + 1.5 \text{IQR}\} \quad (1)$$

### D. Principal Component Analysis.

Sebelum analisis fourier, fitur numerik distandarisasi dan direduksi dimensi menggunakan *Principal Component Analysis*.

$$\det(\mathbf{C} - \lambda \mathbf{I}) = 0, \quad \mathbf{C} = \frac{1}{N-1} \mathbf{X}^\top \mathbf{X}, \quad (2)$$

Hanya komponen utama dipilih yang mempertahankan proporsi varian kumulatif signifikan, sehingga sinyal per-cabang dapat diwakili dalam bentuk satu dimensi atau agregasi yang seragam [2].

### E. Fast Fourier Transform.

Untuk setiap kombinasi cabang×hari disiapkan sinyal waktu tunggu  $y(t)$  dengan sampling seragam (interpolasi bila perlu). Spektrum dihitung menggunakan FFT untuk mengekstrak amplitudo dan fase; dipilih  $N$  harmonik teratas dan dibangun model Fourier terbatas

$$\hat{f}(t) = a_0 + \sum_{n=1}^N (a_n \sin(2\pi nx/T) + b_n \cos(2\pi nx/T)) \quad (3)$$

Koefisien  $\{a_n, b_n\}$  diestimasi melalui regresi linear terhadap basis sinus/kosinus atau diambil dari koefisien FFT yang dinormalisasi [3]. Kecocokan model dievaluasi dengan  $R^2$  dan inspeksi visual terhadap kurva model dan data asli. Fungsi ekspektasi rata-rata per-cabang  $\hat{f}_{\text{cab}}(x)$  kemudian digunakan untuk menghitung integral

$$I = \int_{T_1}^{T_2} \hat{f}_{\text{cab}}(t) dt \quad (4)$$

pada interval jam terpilih untuk menentukan rentang kunjungan dengan waktu tunggu terendah.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengambilan Data

Data waktu tunggu dikumpulkan dari enam outlet Gacoan di Jogja menggunakan Google Maps, yang menyediakan informasi estimasi antrean per-jam. Setelah encoding kategori (hari, jam, cabang, keterangan, sumber).

	Hari	Jam	Cabang	Waktu antri	Keterangan	Sumber
0	Senin	4:00	Gejayan	5.0	nyaris tidak menunggu	https://share.google/FEUqtGK4RvcAEaLP
1	Senin	5:00	Gejayan	5.0	nyaris tidak menunggu	https://share.google/FEUqtGK4RvcAEaLP
2	Senin	6:00	Gejayan	5.0	nyaris tidak menunggu	https://share.google/FEUqtGK4RvcAEaLP
3	Senin	7:00	Gejayan	5.0	nyaris tidak menunggu	https://share.google/FEUqtGK4RvcAEaLP
4	Senin	8:00	Gejayan	5.0	nyaris tidak menunggu	https://share.google/FEUqtGK4RvcAEaLP
...	...	...	...	...	...	...
1171	Minggu	23:00	Taman Siswa	75.0	menunggu	https://share.google/eUNT5NUDL8QvM34K
1172	Minggu	0:00	Taman Siswa	45.0	menunggu	https://share.google/eUNT5NUDL8QvM34K
1173	Minggu	1:00	Taman Siswa	30.0	menunggu	https://share.google/eUNT5NUDL8QvM34K
1174	Minggu	2:00	Taman Siswa	15.0	menunggu	https://share.google/eUNT5NUDL8QvM34K
1175	Minggu	3:00	Taman Siswa	5.0	nyaris tidak menunggu	https://share.google/eUNT5NUDL8QvM34K

1176 rows × 6 columns

### B. Encoding

Variabel kategori diubah menjadi representasi numerik untuk memudahkan analisis. Hari dikodekan dari 0 hingga 6, mewakili Senin hingga Minggu. Jam dikodekan 4–27, dengan jam 4–24 sesuai waktu normal dan jam 1–3 dilanjutkan sebagai 25–27. Cabang diindeks 0–6 untuk masing-masing outlet: Gejayan, Barbasari, Godean, Jombor, Kota Baru, Sono Sewu, dan Taman Siswa. Keterangan antrean dikodekan 0–2, masing-masing untuk *hampir tidak menunggu*, *menunggu*, dan *tidak buka*.

	Hari_encoded	Jam_encoded	Cabang_encoded	Waktu antri	Keterangan_encoded	Sumber_encoded
0	0	4	0	5.0	0	0
1	0	5	0	5.0	0	0
2	0	6	0	5.0	0	0
3	0	7	0	5.0	0	0
4	0	8	0	5.0	0	0
...	...	...	...	...	...	...
1171	6	23	6	75.0	1	6
1172	6	24	6	45.0	1	6
1173	6	25	6	30.0	1	6
1174	6	26	6	15.0	1	6
1175	6	27	6	5.0	0	6

952 rows × 6 columns


### C. Penanganan Outlier.

Beberapa data terdeteksi sebagai outlier karena melampaui konvensi IQR, sementara sisanya hanya null. Nilai null dihapus atau diimputasi median per-cabang bila proporsinya signifikan. Data non-null yang berada dalam batas IQR dapat dibagi ke dalam *bin* per-jam sehingga setiap bin tetap berada dalam rentang IQR, menjaga distribusi waktu tunggu representatif dan seragam.

=== Batas Outlier (Waktu antri) ===

Lower Bound


Upper Bound



0

-24.375

80.625



=== 10 Data Pertama yang Outlier ===

	Hari_encoded	Jam_encoded	Cabang_encoded	Waktu antri	Keterangan_encoded	Sumber_encoded
137	5	21	0	90.0	1	0
138	5	22	0	90.0	1	0
304	5	20	1	90.0	1	1
327	6	19	1	90.0	1	1
328	6	20	1	90.0	1	1
471	5	19	2	90.0	1	2
1146	5	22	6	90.0	1	6
1147	5	23	6	90.0	1	6

#### D. Principal Component Analysis.

Berdasarkan Persamaan (2), matriks kovarian  $\mathbf{C}$  dihitung dari data terpusat  $\mathbf{X}$ :

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 3.990 & -0.112 & 0.038 & 6.997 & 0.019 & 0.038 \\ -0.112 & 38.343 & -0.072 & 61.196 & 1.326 & -0.072 \\ 0.038 & -0.072 & 4.466 & 2.337 & 0.075 & 4.466 \\ 6.997 & 61.196 & 2.337 & 354.870 & 5.005 & 2.337 \\ 0.019 & 1.326 & 0.075 & 5.005 & 0.182 & 0.075 \\ 0.038 & -0.072 & 4.466 & 2.337 & 0.075 & 4.466 \end{bmatrix}$$

Nilai eigen diperoleh dari  $\mathbf{C}$  sebagai  $\mathbf{D}$ :

$$\mathbf{D} \approx \begin{bmatrix} 366.521 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 27.040 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8.876 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3.777 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.102 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Kolom dengan variasi sangat kecil (nilai eigen mendekati nol), seperti **keterangan** dan **sumber**, dihapus karena kontribusinya terhadap variasi total hampir tidak signifikan. Pemilihan komponen utama menggunakan eigenvalues terbesar memastikan sinyal yang direduksi tetap menangkap variasi terbesar antar cabang dan hari. Langkah ini menghasilkan representasi sinyal homogen, siap untuk analisis Fourier.

#### E. Fast Fourier Transform.

Variabel  $t$  (jam yang telah di-encode) dan  $y$  (waktu antre) diambil. Jika subset tidak kosong, dilakukan fitting Fourier dengan 2 harmonik dengan persamaan (3), yang menghasilkan koefisien Fourier dan nilai  $R^2$  sebagai ukuran kecocokan model.

$$f(t) = \begin{cases} 19.81 - 22.14 \sin \frac{2\pi t}{27} - 0.72 \cos \frac{2\pi t}{27} - 7.66 \sin \frac{4\pi t}{27} - 9.71 \cos \frac{4\pi t}{27}, \\ 4 \leq t \leq 27, \text{Gejayan}, R^2 \approx 0.90 \\ 21.57 - 24.24 \sin \frac{2\pi t}{27} - 7.15 \cos \frac{2\pi t}{27} - 1.54 \sin \frac{4\pi t}{27} - 10.32 \cos \frac{4\pi t}{27}, \\ 4 \leq t \leq 27, \text{Barbasari}, R^2 \approx 0.90 \\ 0.27 - 63.60 \sin \frac{2\pi t}{21} + 3.43 \cos \frac{2\pi t}{21} - 10.75 \sin \frac{4\pi t}{21} + 25.65 \cos \frac{4\pi t}{21}, \\ 9 \leq t \leq 21, \text{Godean}, R^2 \approx 0.94 \\ 20.63 - 21.44 \sin \frac{2\pi t}{27} - 7.99 \cos \frac{2\pi t}{27} - 0.66 \sin \frac{4\pi t}{27} - 7.17 \cos \frac{4\pi t}{27}, \\ 4 \leq t \leq 27, \text{Jombor}, R^2 \approx 0.92 \\ 9.87 - 37.79 \sin \frac{2\pi t}{22} + 1.83 \cos \frac{2\pi t}{22} - 9.88 \sin \frac{4\pi t}{22} + 12.14 \cos \frac{4\pi t}{22}, \\ 9 \leq t \leq 22, \text{Kota Baru}, R^2 \approx 0.89 \\ 12.65 - 38.88 \sin \frac{2\pi t}{22} + 3.66 \cos \frac{2\pi t}{22} - 17.01 \sin \frac{4\pi t}{22} + 10.41 \cos \frac{4\pi t}{22}, \\ 9 \leq t \leq 22, \text{Sono Sewu}, R^2 \approx 0.94 \\ 21.48 - 23.25 \sin \frac{2\pi t}{27} - 2.19 \cos \frac{2\pi t}{27} - 7.51 \sin \frac{4\pi t}{27} - 9.57 \cos \frac{4\pi t}{27}, \\ 4 \leq t \leq 27, \text{Taman Siswa}, R^2 \approx 0.91 \\ 0, \text{lainnya} \end{cases}$$

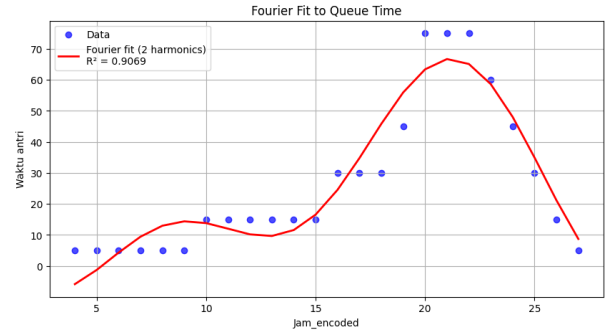


Figure 2: Gejayan

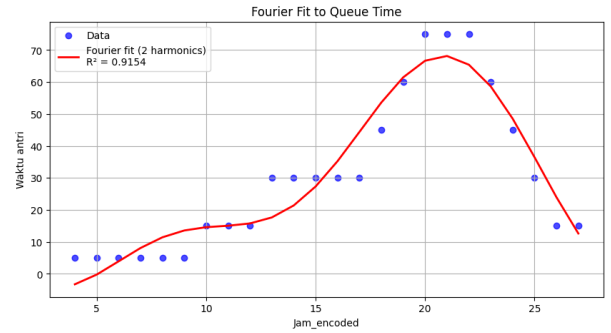


Figure 3: Barbasari

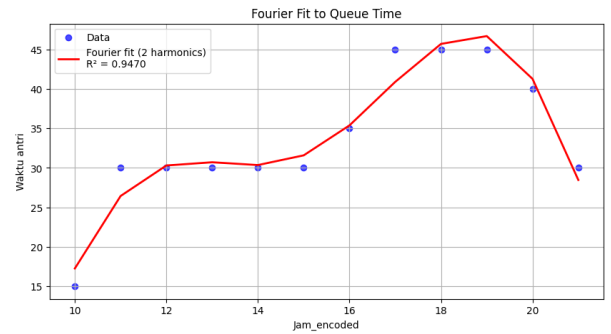


Figure 4: Godean

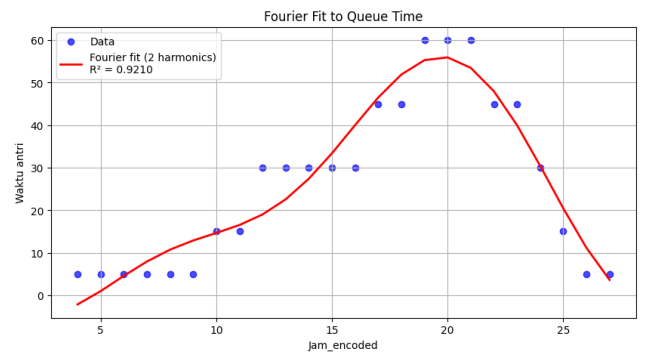


Figure 5: Jombor

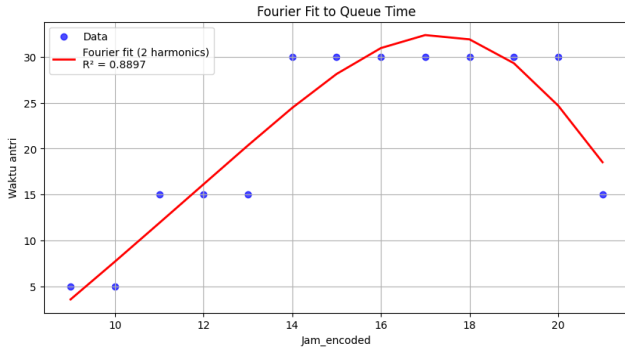


Figure 6: Kota Baru

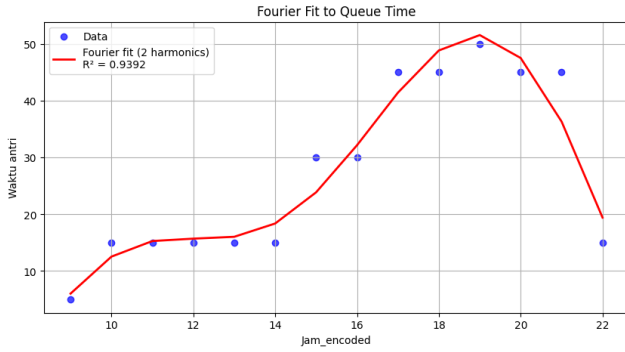


Figure 7: Sono Sewu

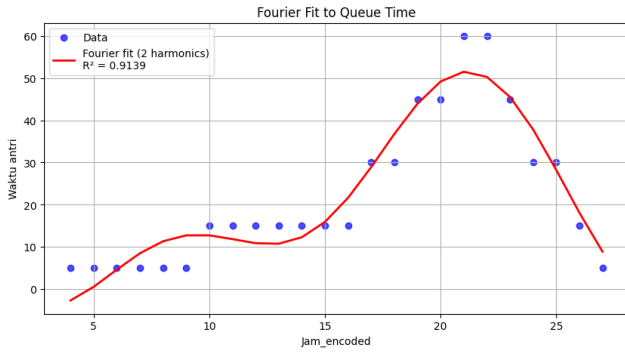


Figure 8: Taman Siswa

Sebuah matriks berukuran  $7 \times N_{\text{ranges}}$  dibuat dengan nilai awal NaN. Setiap kolom merepresentasikan rentang jam tertentu dari `integration_plan`, dan setiap baris mewakili cabang. Untuk setiap kombinasi rentang dan cabang, koefisien rata-rata Fourier diambil. Periode  $T$  disesuaikan dengan cabang. Hasil FFT diintegrasikan menggunakan `quad` pada rentang yang ditentukan. Hasil integral disimpan ke dalam matriks pada posisi (cabang, rentang jam). Setelah semua perhitungan, matriks integrasi dicetak untuk menampilkan area di bawah kurva rata-rata fungsi Fourier setiap cabang pada setiap rentang waktu se-

bagai berikut.

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} 29.01 & 45.61 & 101.86 & 194.82 & 166.24 \\ 31.35 & 48.73 & 160.18 & 215.92 & 132.02 \\ \text{NaN} & 90.40 & 198.67 & 168.79 & \text{NaN} \\ 27.65 & 55.12 & 163.31 & 191.13 & 118.47 \\ \text{NaN} & 71.23 & 159.33 & 167.36 & \text{NaN} \\ \text{NaN} & 69.89 & 167.39 & 204.90 & \text{NaN} \\ 31.23 & 54.41 & 119.64 & 205.71 & 171.38 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan analisis waktu tunggu pelanggan di enam outlet Gacoan Jogja menggunakan model Fourier, diperoleh rekomendasi rentang jam kunjungan yang optimal untuk meminimalkan antrean. Tabel berikut menunjukkan urutan prioritas cabang per rentang jam, di mana angka lebih kecil menandakan pilihan yang lebih disarankan.

Rentang Jam	Rekomendasi Outlet	Alternatif Outlet
4-9	Jombor	Gejayan, Taman Siswa
9-13	Gejayan	Barbasari, Taman Siswa
13-18	Gejayan	Taman Siswa, Kota Baru
18-22	Kota Baru	Godean, Jombor
22-3	Jombor	Barbasari, Gejayan

Table 1: Rekomendasi outlet berdasarkan rentang jam.

#### IV.KESIMPULAN

Analisis waktu antrean di outlet Gacoan Jogja menunjukkan bahwa terdapat variasi signifikan dalam waktu tunggu pelanggan sepanjang hari. Berdasarkan data dan metode Fourier, diperoleh pola fluktuasi yang memungkinkan identifikasi jam kunjungan optimal.

Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan kunjungan sesuai jam dapat meningkatkan efisiensi waktu pelanggan dan membantu manajemen outlet dalam strategi pelayanan serta pengelolaan antrean. Strategi ini mendukung peningkatan kepuasan pelanggan dengan meminimalkan waktu tunggu pada jam-jam tertentu.

#### REFERENSI

- [1] Negnevutsky, M. *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*, 3rd Edition, Springer, 2018.
- [2] Strang, G. *Linear Algebra and Its Applications*, 5th Edition, Cengage Learning, 2016.
- [3] Oppenheim, A.V., Willsky, A.S., Nawab, S.H. *Signals and Systems*, 2nd Edition, Prentice Hall, 1996.