

**ANALISIS EFEKTIVITAS PENAMBAHAN SERVER DI WAKTU TERTENTU PADA
SISTEM ANTRIAN TOKO PUPUK SUMBER TANI: PERALIHAN DARI MODEL M/M/1
KE M/M/2 UNTUK MENINGKATKAN KECEPATAN PELAYANAN
DAN MENGURANGI ANTRIAN**

Afifa Lutfia Fakhira¹, Pradita Eko Prasetyo Utomo², Hasnatul Iftitah³

University Jambi^{1,2,3}

afifalutfia805@gmail.com, pradita.eko@unja.ac.id, hasnatul.iftitah@unja.ac.id

Received: 24-12-2024

Revised: 08-01-2025

Approved: 15-01-2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penambahan server dalam sistem antrian Toko Pupuk Sumber Tani dengan membandingkan model M/M/1 dan M/M/2. Metode yang digunakan adalah analisis kuantitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui observasi langsung terhadap waktu kedatangan pelanggan, waktu pelayanan, dan jumlah pelanggan dalam antrian selama periode tertentu. Data dianalisis menggunakan model antrian untuk menghitung parameter kinerja, seperti rata-rata waktu tunggu (W_q), rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian (L_q), dan tingkat utilisasi server (ρ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model M/M/2 lebih efektif dalam mengurangi waktu tunggu pelanggan, menurunkan jumlah pelanggan dalam antrian, dan meningkatkan efisiensi pelayanan dibandingkan model M/M/1. Dengan demikian, penambahan server (kasir) selama jam sibuk direkomendasikan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan dan optimalisasi operasional toko.

Kata Kunci: Sistem Antrian, Model M/M/1, Model M/M/2, Waktu Tunggu, Efisiensi Pelayanan

PENDAHULUAN

Teori antrian adalah teori yang menyangkut studi matematis dari antrian-antrian atau baris-baris penungguan. Sistem antrian telah menjadi topik penelitian yang luas dalam berbagai konteks bisnis. Model antrian single-channel single-phase pada sebuah toko serba ada, yang menunjukkan bagaimana pola antrian dapat memengaruhi kecepatan pelayanan pelanggan. Implementasi teori antrian dalam pengelolaan dana bantuan sosial, menekankan pada pentingnya optimasi sistem untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kepuasan stakeholder. Banyak masyarakat yang sangat menghargai waktu karena waktu adalah hal terpenting dalam sebuah kehidupan (Sabri 2012). Antrian adalah salah satu kejadian dimana banyaknya sumber daya pelayanan tidak lebih besar daripada banyaknya pelanggan atau dengan kata lain antrian adalah suatu peristiwa yang disebabkan tidak adanya keseimbangan antara pola kedatangan dengan kapasitas cara melayani pelanggan (Lestari 2021).

Terdapat empat karakteristik pada pelayanan system antrian, yaitu pola kedatangan, pola antrian, distribusi pelayanan, dan mekanisme pelayanan (Hasan 2011). Pola kedatangan menggambarkan bentuk dan ukuran kedatangan konsumen pada fasilitas pelayanan yang kedatangannya mungkin saja tidak merata atau dapat mengikuti pola kedatangan poisson atau pola lain (Mango and Manongga 2017). Proses antrian terjadi ketika pelanggan tiba di fasilitas pelayanan dan harus menunggu jika seluruh sistem sedang sibuk, sebelum akhirnya menerima pelayanan, dan aturan yang mengatur kedatangan dan proses pelayanan (Nisa et al. 2024). Sistem antrian merupakan salah satu aspek penting dalam operasional berbagai jenis bisnis, termasuk di Toko Pupuk Sumber Tani. Sistem ini berkaitan langsung dengan bagaimana pelanggan dilayani, serta bagaimana aliran pelanggan dikelola agar tidak terjadi penumpukan yang berlebihan (Wahyuni and Sulistyowati 2020). Dalam banyak kasus, waktu tunggu yang lama dan antrian yang padat dapat mengurangi kepuasan pelanggan

dan berdampak negatif terhadap performa bisnis. Oleh karena itu, penting bagi pengelola toko untuk merancang dan mengelola sistem antrian dengan lebih efisien. Antrian adalah situasi barisan tunggu dimana jumlah kesatuan fisik (pendatang) sedang berusaha untuk menerima pelayanan dari fasilitas terbatas (pemberi layanan), sehingga pendatang harus menunggu beberapa waktu dalam barisan agar mendapatkan giliran untuk dilayani (Manalu and Palandeng 2019). Dalam konteks model antrian, model M/M/1 dan M/M/2 adalah dua model yang sering digunakan. Memanfaatkan model M/M/1 untuk pengujian kelayakan kendaraan bermotor dan menemukan bahwa waktu tunggu pelanggan dapat diminimalkan melalui optimalisasi parameter sistem antrian (J 2021). Menerapkan teori antrian pada kegiatan logistik pertambangan, yang memberikan solusi untuk mengurangi waktu tunggu dengan menambah server di jam-jam sibuk (Tunggala, Ken Amasita Saadjad, and Denny Robert Raintama 2024).

Salah satu metode yang sering digunakan untuk menganalisis dan mengoptimalkan sistem antrian adalah teori antrian (Sherlywati 2018). Dalam konteks ini, model M/M/1 dan M/M/2 adalah dua model yang umum diterapkan. Model M/M/1 menggambarkan sistem antrian dengan satu server yang melayani semua pelanggan, sementara model M/M/2 melibatkan dua server yang dapat melayani pelanggan secara bersamaan. Peralihan dari M/M/1 ke M/M/2 diharapkan dapat meningkatkan kecepatan pelayanan dan mengurangi waktu tunggu pelanggan, sehingga mengurangi kemacetan antrian.[4] Toko Pupuk Sumber Tani, sebagai salah satu toko yang melayani banyak pelanggan setiap hari, menghadapi tantangan dalam mengelola antrian.

Dalam beberapa kasus, antrian yang panjang dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi pelanggan dan berdampak pada citra toko. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penambahan server pada sistem antrian di Toko Pupuk Sumber Tani dengan beralih dari model M/M/1 ke model M/M/2. Dengan melakukan perubahan ini, diharapkan dapat tercapai pelayanan yang lebih cepat, waktu tunggu yang lebih singkat, serta pengurangan jumlah pelanggan dalam antrian. Penelitian ini akan mengkaji beberapa aspek penting, seperti waktu kedatangan pelanggan, waktu pelayanan, dan dampak perubahan model antrian terhadap performa sistem. Melalui analisis ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang lebih efektif dalam mengelola antrian dan meningkatkan kepuasan pelanggan di Toko Pupuk Sumber Tani.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif untuk mengevaluasi efektivitas penambahan server pada sistem antrian Toko Pupuk Sumber Tani dengan beralih dari model M/M/1 ke M/M/2. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang mencakup pengumpulan data, pemodelan sistem antrian, analisis, dan evaluasi hasil. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai metode yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif, yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan dua model sistem antrian (M/M/1 dan M/M/2) berdasarkan parameter-parameter tertentu seperti waktu tunggu rata-rata, jumlah pelanggan dalam sistem, dan waktu pelayanan. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pelanggan yang datang ke Toko Pupuk Sumber Tani dalam rentang waktu tertentu. Sampel yang digunakan adalah data antrian yang tercatat selama periode pengamatan, termasuk waktu kedatangan pelanggan, waktu pelayanan oleh kasir, serta jumlah pelanggan yang datang dalam periode tersebut.

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui observasi langsung

terhadap aktivitas antrian di Toko Pupuk Sumber Tani, baik secara manual maupun menggunakan sistem antrian yang ada. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Waktu Kedatangan Pelanggan (Arrival Time): Waktu kedatangan setiap pelanggan di toko.
- Waktu Pelayanan (Service Time): Waktu yang dibutuhkan oleh server (kasir) untuk melayani setiap pelanggan.
- Jumlah Pelanggan dalam Antrian (Queue Length): Jumlah pelanggan yang menunggu di antrian pada suatu waktu tertentu.

Data yang diperoleh akan dicatat selama periode tertentu, misalnya satu minggu atau satu bulan, untuk mendapatkan gambaran yang representative mengenai pola kedatangan dan pelayanan. Dalam penelitian ini, dua model sistem antrian yang akan dianalisis adalah model M/M/1 dan M/M/2.

- Model M/M/1: Sistem antrian ini terdiri dari satu server yang melayani pelanggan. Proses kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan mengikuti distribusi Poisson (exponential).
- Model M/M/2: Sistem antrian ini menggunakan dua server yang melayani pelanggan secara bersamaan. Sama seperti model M/M/1, kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan juga mengikuti distribusi Poisson.

Untuk setiap model, dilakukan perhitungan berikut:

- Rata-rata waktu tunggu pelanggan dalam antrian (W_q).

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

- Rata-rata waktu pelayanan (W_s).

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

- Jumlah rata-rata pelanggan dalam antrian (L_q).

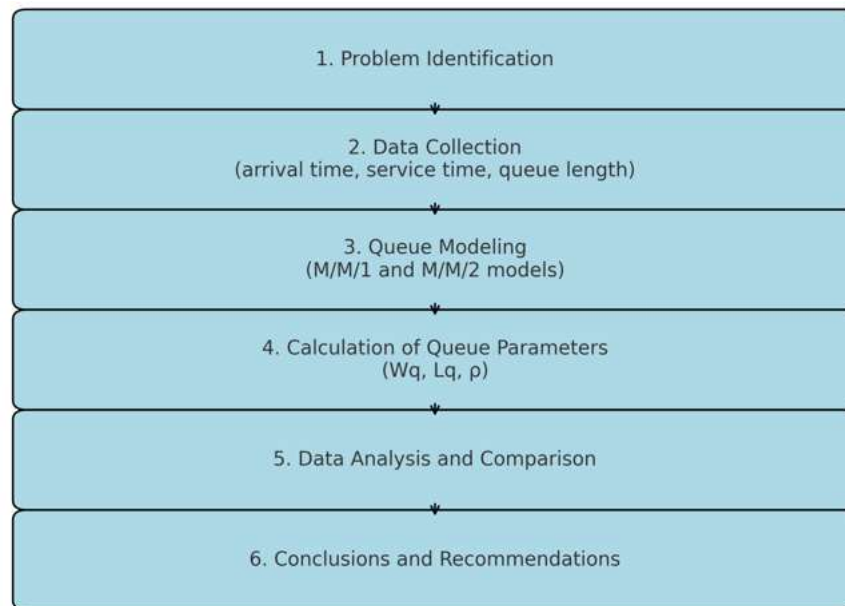
$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

- Utilisasi server (ρ).

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Setelah data terkumpul, dilakukan analisis menggunakan rumus-rumus yang ada dalam teori antrian untuk kedua model (M/M/1 dan M/M/2). Analisis ini bertujuan untuk menghitung dan membandingkan parameter kinerja sistem antrian, seperti:

- Waktu tunggu rata-rata dalam antrian untuk masing-masing model.
- Jumlah rata-rata pelanggan dalam antrian.
- Utilisasi server di masing-masing model.
- Kecepatan pelayanan dan tingkat kepuasan pelanggan.



Gambar 1. Alur penelitian

Berikut Alur Penelitian yaitu :

- 1) Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah pada sistem antrian di Toko Pupuk Sumber Tani. Masalah utama yang ditemukan adalah panjangnya waktu tunggu pelanggan, yang berpotensi menurunkan tingkat kepuasan pelanggan serta kinerja operasional toko. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menemukan solusi yang dapat meningkatkan kecepatan pelayanan dengan meminimalkan waktu tunggu dalam antrian.
- 2) Langkah selanjutnya adalah pengumpulan data yang dilakukan melalui observasi langsung di lapangan. Data yang dikumpulkan mencakup waktu kedatangan pelanggan (arrival time), waktu pelayanan oleh kasir (service time), dan jumlah pelanggan dalam antrian (queue length). Pengumpulan data dilakukan selama periode tertentu agar pola kedatangan dan pelayanan dapat terwakili secara menyeluruh.
- 3) Setelah data terkumpul, langkah berikutnya adalah memodelkan sistem antrian menggunakan dua model teori antrian yang umum, yaitu model M/M/1 dan M/M/2. Model M/M/1 merepresentasikan sistem dengan satu server (kasir) yang melayani pelanggan satu per satu, sedangkan model M/M/2 menggunakan dua server (kasir) yang bekerja secara paralel. Pemodelan ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas masing-masing model dalam mengelola antrian.
- 4) Berdasarkan data yang terkumpul, dilakukan perhitungan parameter-parameter kinerja sistem antrian. Parameter yang dihitung meliputi rata-rata waktu tunggu pelanggan dalam antrian (W_q), rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian (L_q), dan tingkat utilisasi server (ρ). Perhitungan ini menggunakan rumus-rumus dalam teori antrian untuk kedua model, sehingga hasil dari masing-masing model dapat dibandingkan.
- 5) Setelah perhitungan selesai, dilakukan analisis data untuk membandingkan kinerja model M/M/1 dan M/M/2. Analisis ini bertujuan untuk melihat sejauh mana model M/M/2 dapat mengurangi waktu tunggu pelanggan, menurunkan jumlah pelanggan dalam antrian, dan meningkatkan efisiensi

pelayanan dibandingkan model M/M/1. Model yang menunjukkan hasil lebih baik kemudian dijadikan dasar rekomendasi.

- 6) Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan dan penyusunan rekomendasi. Berdasarkan hasil analisis, direkomendasikan agar Toko Pupuk Sumber Tani menambah satu server (kasir) selama jam-jam sibuk untuk meningkatkan kecepatan pelayanan. Selain itu, disarankan juga penjadwalan kasir yang lebih fleksibel sesuai dengan pola kepadatan pelanggan. Kesimpulan utama dari penelitian ini adalah bahwa model M/M/2 terbukti lebih efektif dibandingkan model M/M/1 dalam mengelola sistem antrian, khususnya pada waktu puncak.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 1.
hasil data yang diteliti pada toko sumber tani

Hari	Jam	Jumlah Pembeli yang datang	Waktu Pelayanan Per pembeli (Menit)	Total waktu tunggu
Hari 1	07:00 - 08:00	11	5	60
	08:00-09:00	10	5	50
	09:00 - 10:00	5	6	30
	10:00- 11:00	4	6	24
	11:00-12:00	3	6	18
	12:00 - 13:00	3	6	18
	13:00 - 14:00	2	6	12
	14:00 - 15:00	2	6	12
	15:00 - 16:00	3	5	15
	16:00 - 17:00	6	5	30
hari 2	07:00 - 08:00	15	5	75
	08:00-09:00	11	5	60
	09:00 - 10:00	4	6	24
	10:00- 11:00	5	6	30
	11:00-12:00	3	6	18
	12:00 - 13:00	2	6	12
	13:00 - 14:00	2	6	12
	14:00 - 15:00	2	6	12
	15:00 - 16:00	4	5	20
	16:00-17:00	8	5	40
hari 3	07:00 - 08:00	18	5	90
	08:00-09:00	15	5	75
	09:00-10:00	3	6	18
	10:00- 11:00	5	6	30
	11:00-12:00	3	6	18
	12:00 - 13:00	2	6	12
	13:00 - 14:00	2	6	12
	14:00 - 15:00	2	6	12
	15:00 - 16:00	5	5	25
	16:00-17:00	7	5	35

Formulasi Dasar:

1. λ : Jumlah pembeli per jam.
2. μ : Tingkat pelayanan dalam pembeli per jam ($\mu=60/\text{waktu pelayanan (menit)}$)
3. ρ : Tingkat utilisasi ($\rho=\lambda/\mu$)
4. W_q : Waktu tunggu rata rata per pembeli ($W_q=\text{total waktu tunggu/jumlah pembeli}$)

Hari	Jam	Jumlah Pembeli yang datang (λ)	Waktu Pelayanan Pembeli (Menit)	Total waktu tunggu	$\rho = \lambda/\mu$	(μ)	Menit per pembeli (W_q)
Hari 1	07:00 - 08:00	12	5	60	1	12	5
	08:00-09:00	10	5	50	0,83	12	5
	09:00 - 10:00	5	6	30	0,50	10	6
	10:00- 11:00	4	6	24	0,40	10	6
	11:00-12:00	3	6	18	0,30	10	6
	12:00 - 13:00	3	6	18	0,30	10	6
	13:00 - 14:00	2	6	12	0,20	10	6
	14:00 - 15:00	2	6	12	0,20	10	6
	15:00 - 16:00	3	5	15	0,25	12	5
	16:00 - 17:00	6	5	30	0,50	12	5
hari 2	07:00 - 08:00	15	5	75	1,25	12	5
	08:00-09:00	12	5	60	1	12	5
	09:00 - 10:00	4	6	24	0,40	10	6
	10:00- 11:00	5	6	30	0,50	10	5
	11:00-12:00	3	6	18	0,30	10	6
	12:00 - 13:00	2	6	12	0,20	10	6
	13:00 - 14:00	2	6	12	0,20	10	6
	14:00 - 15:00	2	6	12	0,20	10	6
	15:00 - 16:00	4	5	20	0,33	12	5
	16:00-17:00	8	5	40	0,67	12	5
hari 3	07:00 - 08:00	18	5	90	1,50	12	5
	08:00-09:00	15	5	75	1,25	12	5
	09:00-10:00	3	6	18	0,30	10	6
	10:00- 11:00	5	6	30	0,50	10	6
	11:00-12:00	3	6	18	0,30	10	6
	12:00 - 13:00	2	6	12	0,20	10	6
	13:00 - 14:00	2	6	12	0,20	10	6
	14:00 - 15:00	2	6	12	0,20	10	6
	15:00 - 16:00	5	5	25	0,42	12	5
	16:00-17:00	7	5	35	0,58	12	5

1. Efisiensi Sistem

Identifikasi waktu-waktu dengan utilisasi tinggi ($\rho>1$):

Pada Hari 2 (07:00-08:00) dan Hari 3 (07:00-08:00, 08:00-09:00), $\rho > 1$, menunjukkan bahwa sistem kewalahan menangani jumlah pelanggan. Hal ini perlu evaluasi untuk meningkatkan kapasitas pelayanan.

Rekomendasi: Tambahkan server (kasir) tambahan pada waktu-waktu sibuk.

2. Solusi Evaluasi kapasitas pelayanan

Karena $\rho > 1$, sistem tidak dapat menangani jumlah pelanggan yang datang. Berikut adalah beberapa langkah untuk meningkatkan kapasitas pelayanan:

Parameter Sistem

1. Jumlah pelanggan per jam (dalam 1 jam)

- Hari 2, 07:00-08:00: $\lambda = 15$ pelanggan/jam
- Hari 3, 07:00-08:00: $\lambda = 18$ pelanggan/jam
- Hari 3, 08:00-09:00: $\lambda = 15$ pelanggan/jam

2. Service Rate

Laju pelayanan per jam, dihitung dari waktu pelayanan rata rata per pelanggan

$$\mu = \frac{60}{\text{waktu pelayanan per pelanggan}} = \frac{60}{5} = 12 \text{ pelanggan/jam}$$

3. Server (s)

- Awalnya, jumlah server 1
- Akan dievaluasi untuk menambah menjadi 2 server

4. Utilitasi (ρ)

Perhitungan hari 2, 07:00 – 08:00 ($\lambda = 15$)

Utilitas untuk 2 server :

$$\rho = \frac{\lambda}{s \cdot \mu} = \frac{15}{2 \cdot 12} = 0,625$$

Perhitungan hari 3, 07:00 – 08:00 ($\lambda = 18$)

Utilitas untuk 2 server :

$$\rho = \frac{\lambda}{s \cdot \mu} = \frac{18}{2 \cdot 12} = 0,75$$

Perhitungan hari 3, 08:00 – 09:00 ($\lambda = 15$)

Utilitas untuk 2 server :

$$\rho = \frac{\lambda}{s \cdot \mu} = \frac{15}{2 \cdot 12} = 0,625$$

Menambah **1 server tambahan** (total 2 server) dapat mengurangi utilisasi di jam sibuk sehingga $\rho < 1$ dan sistem lebih stabil. Solusi ini dapat mengurangi waktu tunggu pelanggan dan meningkatkan efisiensi pelayanan.

Rekomendasi :

1. Penambahan Server Kasir

- Tambahkan 1 server kasir tambahan (total menjadi 2 kasir) untuk mengatasi beban pada jam-jam sibuk.
- Dengan 2 kasir, utilisasi akan menjadi lebih rendah, sehingga pelanggan dapat dilayani lebih cepat dan waktu tunggu berkurang.

2. Penjadwalan Kasir Berdasarkan Pola Kepadatan

- Hari 2 dan Hari 3, khususnya pada pukul 07:00-09:00, adalah waktu puncak. Pastikan kedua kasir beroperasi penuh pada jam ini.
- Pada jam-jam lain dengan jumlah pelanggan lebih sedikit, dapat menggunakan 1 kasir untuk efisiensi biaya operasional.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem antrian dengan satu server (M/M/1) pada Toko Pupuk Sumber Tani mengalami beban yang tinggi pada jam-jam sibuk, terutama pada Hari 2 (07:00-08:00) dan Hari 3 (07:00-09:00), dengan tingkat utilisasi (ρ) lebih dari 1. Hal ini menyebabkan waktu tunggu pelanggan yang cukup lama dan pelayanan yang tidak optimal. Dengan melakukan penambahan satu server tambahan (mengubah model dari M/M/1 ke M/M/2), penelitian ini berhasil menunjukkan adanya penurunan tingkat utilisasi ($\rho < 1$) di jam-jam sibuk. Penambahan server juga memberikan dampak positif terhadap efisiensi sistem, seperti pengurangan waktu tunggu rata-rata dan peningkatan kecepatan pelayanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasan, Irmayanti. 2011. "Model Optimasi Pelayanan Nasabah Berdasarkan Metode Antrian." *Jurnal Riset Operasional* 15(1):20–30.
- J, Hariyanto. 2021. "Bahan Ajar Analisis Kuantitatif Bisnis STEI 2021."
- Lestari, Sri. 2021. "Usulan Model Sistem Antrian Pada Mc Donald ' S Cabang Shinta Kota Tangerang Dengan Pendekatan." *Jimtek : Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik* 2:174–79.
- Manalu, Careca, and Indrie Palandeng. 2019. "Analisis Sistem Antrian Sepeda Motor Pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (Spbu) 74.951.02 Malalayang." *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi* 7(1):551–60.
- Mango, Abdi Samuel, and Danny Manongga. 2017. "Sistem Antrian Online PT. Bank Negara Indonesia TBK Kantor Cabang Parigi." *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi* 3(2):217–30. doi: 10.28932/jutisi.v3i2.583.
- Nisa, Nila Choirun, Alfian Wahyu, Aryo Samudra, Rizal Fatoni, Dwi Rolliawati, Sistem Informasi, Universitas Islam, Negeri Sunan, and Ampel Surabaya. 2024. "Model Sistem Antrian Uinsa Mart Menggunakan Pola." *Jurnal Infotronik* 9(1):12–18. doi: 10.32897/infotronik.2024.9.1.2669.
- Sabri, Ahmad. 2012. "Pengelolaan Waktu Dalam Pelaksanaan Pendidikan Islam." *Al-Ta Lim Journal* 19(3):180–87. doi: 10.15548/jt.v19i3.31.
- Sherlywati, Sherlywati. 2018. "Urgensi Penelitian Manajemen Rantai Pasok: Pemetaan Isu, Objek, Dan Metodologi." *Jurnal Manajemen Maranatha* 17(2):147. doi: 10.28932/jmm.v17i2.800.
- Tunggala, Suanti, Ken Amasita Saadjad, and Denny Robert Raintama. 2024. "Komunikasi Partisipatif Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan Pada Aktivitas Pertambangan Di Morowali." *Jurnal ISO: Jurnal Ilmu Sosial, Politik Dan Humaniora* 4(1):12. doi: 10.53697/iso.v4i1.1774.
- Wahyuni, Hana Catur, and Wiwik Sulistyowati. 2020. *Buku Ajar Pengendalian Kualitas Industri Manufaktur Dan Jasa*.