

Metode Transportasi Pada Program Linear Untuk Pendistribusian Barang

Transportation Method in Linear Programming for Goods Distribution

Ajat Lasmana

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Islam Bandung

ajat_10060216038@unisba.ac.id

Abstrak. Permasalahan transportasi yang berhubungan dengan distribusi barang dan jasa dari berbagai sentra produksi ke beberapa lokasi penjualan. Pendistribusian memegang peran penting karena tanpa adanya pola distribusi yang tepat, maka proses pendistribusiannya dapat memakan biaya yang tinggi dan waktu yang relatif lama. Salah satu solusi program linear dalam pendistribusian barang adalah dengan menggunakan metode transportasi, supaya pendistribusian barang berjalan seefektif mungkin dengan pengalokasian biaya yang minimum. Metode *Northwest Corner* merupakan salah satu teknik solusi dalam transportasi. Metode ini didasarkan pada aturan atau pengalokasian normatif dari persediaan dan kebutuhan sumber dalam suatu matriks transportasi tanpa perhitungan besar-besaran ekonomis.

Kata kunci: program linier, distribusi, transportasi, optimasi, biaya, matriks

Abstract. Transportation problems related to the distribution of goods and services from various production centers to several sales locations. Distribution plays an important role because without the right distribution pattern, the distribution process can take a high cost and take a relatively long time. One of the linear programming solutions in the distribution of goods is to use the transportation method, so that the distribution of goods runs as effectively as possible with a minimum allocation of costs. The Northwest Corner method is one of the solution techniques in transportation. This method is based on rules or normative allocation of supply and resource requirements in a transportation matrix without large-scale economic calculations.

Keywords: linear programming, distribution, transportation, cost, optimization, matrix

1. Pendahuluan

Metode transportasi digunakan untuk mengatur distribusi dari sumber yang menyediakan produk yang sama ke tempat-tempat yang membutuhkan. Ada beberapa metode untuk mencari solusi layak dasar awal yaitu *North-West Corner*, *Least Cost*, dan *Aproksimasi Vogel*. Sedangkan metode untuk mengecek optimal ada dua yaitu *Stepping-Stone* dan *MODI (Modified Distribution)*. Alokasi produk ini harus diatur sedemikian rupa, karena terdapat perbedaan biaya-biaya dari satu sumber ke suatu tempat tujuan yang berbeda-beda.

Persediaan atau penawaran (*supply*) maksimum pada setiap sumber permintaan (*demand*) minimum untuk setiap tujuan [1]. Distribusi ini dilakukan sedemikian rupa sehingga permintaan dari beberapa tempat dapat dipenuhi dari beberapa sumber yang masing-masing dapat memiliki permintaan atau kapasitas yang berbeda. Alokasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan biaya pengangkutan yang bervariasi karena jarak dan kondisi antar lokasi yang berbeda-beda. Dengan menggunakan metode transportasi, dapat diperoleh suatu alokasi distribusi barang yang dapat meminimalkan total biaya transportasi.

Metode transportasi digunakan disaat seseorang menentukan cara pengiriman (distribusi) suatu jenis barang dari beberapa sumber (lokasi penawaran) ke beberapa tujuan (lokasi permintaan) yang dapat meminimumkan biaya. Sasaran dalam persoalan transportasi ini adalah mengalokasikan barang yang ada pada sumber sedemikian rupa hingga terpenuhi semua kebutuhan pada lokasi permintaan. Adapun tujuan penggunaan metode transportasi sebagai upaya untuk pendistribusian barang adalah

agar supply (persediaan) dari beberapa sumber dapat dilakukan secara efektif dengan biaya yang minimum ke beberapa lokasi permintaan.

Selain metode transportasi, terdapat metode, model atau algoritma lain yang digunakan untuk solusi pemecahan masalah Matematika, seperti Teorema Bayes [2], metode Simpleks [3], model Antrian [4, 5], *Dematel method* [6], CPM/PERT [7], metode *Electre* [8], *Economic Production Quantity* (EPQ) [9], *Spanning Tree* [10], algoritma Genetika [11], Fuzzy [12], algoritma Dijkstra [13], *Traceability* [14], *Analytic Hierarchy Process* (AHP) [15], Program Linear [16], *Goal Programming* [17], Isomorfisme [18], Pigeonhole Principle [19], *Orthon Classification* [20], Elips [21], dan metode, model, atau algoritma lainnya. Selain itu, terdapat juga beberapa aplikasi yang seringkali digunakan untuk pemecahan berbagai permasalahan Matematika, diantaranya adalah Microsoft Excel [22, 23, 24, 25], MATLAB [26, 27], Geogebra [28, 29], SimEvents [30, 31], *Speq Mathematics* [32], SPSS [33], *Wolfram Alpha* [34], Lazarus [35], dan lain-lain.

2. Metode

Distribusi merupakan suatu proses pengiriman barang dari suatu sumber ke konsumen. Dalam proses pendistribusian, salah satu hal yang harus diperhatikan adalah kepuasan konsumen karena akan berpengaruh terhadap keberhasilan penjualan produk. Salah satu kepuasan konsumen adalah barang dapat sampai ke konsumen dengan tepat waktu dan produk sesuai dengan keinginan atau kebutuhannya. Keberhasilan distribusi dapat meningkatkan kenaikan angka penjualan yang dapat dilihat dari banyaknya penjualan. Untuk mencapai keberhasilan distribusi dan penjualan, permasalahan distribusi ini menjadi sangat penting karena berhubungan dengan biaya transportasi yang berpengaruh terhadap total biaya produksi.

Permasalahan distribusi barang merupakan aspek yang harus diperhatikan karena permasalahan tersebut memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap biaya dan tingkat pelayanan kepada konsumen. Ada beberapa kendala yang harus dihadapi dalam proses pendistribusian, seperti jumlah permintaan barang yang berbeda-beda pada setiap konsumen, kapasitas kendaraan, batas waktu pengiriman, kecepatan rata-rata yang dapat ditempuh pada jalur dan waktu tertentu dan lokasi konsumen yang berbeda-beda. Oleh karena itu diperlukan suatu cara agar proses distribusi dapat berjalan dengan lancar dan tepat waktu dengan biaya produksi yang minimum.

Salah satu cara untuk mengatasi suatu pendistribusian barang dengan menggunakan metode transportasi. Kasus transportasi timbul ketika seseorang menentukan cara pengiriman (distribusi) suatu jenis produk (barang) atau lebih dari beberapa sumber ke beberapa konsumen (permintaan) yang dapat meminimumkan biaya. Sasaran dalam persoalan transportasi ini adalah mengalokasikan barang yang ada pada sumber hingga terpenuhi semua kebutuhan pada konsumen (lokasi permintaan) dengan biaya produksi yang minimum. Metode transportasi sebagai upaya untuk pendistribusian barang adalah agar supply dari beberapa sumber dapat dilakukan secara efektif dengan biaya yang minimum ke beberapa tempat tujuan (konsumen). Sehubungan dengan hal tersebut, permasalahan yang akan dibahas adalah penggunaan metode transportasi dengan cara metode *North-West Corner* sebagai salah satu teknik solusi dalam metode transportasi sebagai upaya untuk pendistribusian barang.

3. Pembahasan

3.1 Program Linear

Program Linear [36] adalah suatu cara untuk menyelesaikan permasalahan mengenai pengalokasian atau penempatan sumber-sumber yang terbatas diantara beberapa aktivitas yang bersaing, dengan cara yang terbaik yang mungkin dilakukan agar memperoleh suatu solusi yang optimal. Dalam membangun model dari formulasi permasalahan perlu digunakan beberapa pengertian sebagai berikut:

a. Variabel keputusan

Variabel keputusan adalah variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan-keputusan yang akan dibuat.

b. Fungsi tujuan (objektif)

Fungsi tujuan merupakan suatu nilai sasaran yang akan diminimumkan atau dimaksimumkan. Fungsi disini merupakan bentuk hubungan antara variabel keputusan. Misalnya, memaksimalkan keuntungan, meminimalkan biaya, dan lain sebagainya.

c. Pembatas

Pembatas merupakan kendala yang dihadapi sehingga tidak bisa menentukan nilai-nilai dari variabel keputusan secara sembarang.

3.2 Metode Transportasi

Metode transportasi berhubungan dengan distribusi suatu produk tunggal dari beberapa sumber dengan penawaran terbatas, menuju beberapa tujuan, dengan permintaan tertentu, pada biaya distribusi minimum. Karena hanya ada satu macam barang, suatu tempat tujuan dapat memenuhi permintaannya dari satu atau lebih sumber. Untuk mendapat biaya yang minimum, maka alokasi produk harus diatur sedemikian rupa, karena terdapat perbedaan biaya-biaya alokasi, baik dari sumber ke tujuan atau sebaliknya.

Persoalan transportasi pada dasarnya merupakan golongan dalam program linier yang dapat diselesaikan dengan cara simpleks. Tetapi, karena penampilannya yang khusus, persoalan transportasi memerlukan cara-cara perhitungan yang lebih praktis dan efisien. Persoalan transportasi memiliki beberapa ciri antara lain:

1. Terdapat sejumlah sumber dan sejumlah tujuan tertentu.
2. Jumlah atau kuantitas barang yang didistribusikan dari setiap sumber dan yang diminta oleh setiap tujuan adalah tertentu.
3. Jumlah atau kuantitas barang yang dikirim dari suatu sumber ke suatu tujuan sesuai dengan permintaan atau kapasitas sumber.
4. Biaya transportasi dari suatu sumber ke suatu tujuan adalah tertentu.

Metode Transportasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengatur distribusi dari sumber-sumber yang menyediakan produk yang sama ke tempat-tempat yang membutuhkan secara optimal dengan biaya yang termurah. Alokasi produk ini harus diatur sedemikian rupa karena terdapat perbedaan biaya-biaya alokasi dari satu sumber atau beberapa sumber ke tempat tujuan yang berbeda.

3.3 Model Transportasi

Model transportasi adalah suatu gambaran yang dituangkan ke dalam bentuk model Matematika dari sebuah kasus transportasi yang dapat membantu berpikir secara cepat dan sistematis mengenai kasus tersebut. Bentuk umum dari model transportasi dapat digambarkan dalam bentuk matriks transportasi. Sebuah matriks memiliki n baris dan m kolom. Pada matriks transportasi sumber-sumber terletak pada baris, sedangkan tujuan-tujuan terletak pada kolom. Notasi i digunakan untuk menandai baris ke- i , sedang notasi j digunakan untuk menandai kolom ke- j . dimana:

- X_{ij} = banyaknya unit produk atau barang yang akan dikirim dari sumber ke- i menuju tujuan ke- j
- C_{ij} = harga transport barang per unit dari sumber i ke tujuan j
- a_i = jumlah barang yang ditawarkan atau kapasitas dari sumber i
- b_j = jumlah barang yang diminta atau pesanan oleh tujuan j
- m = banyaknya sumber
- n = banyaknya tujuan

Suatu masalah transportasi dikatakan seimbang (*balanced program*) apabila jumlah penawaran pada sumber i sama dengan jumlah permintaan pada tujuan j . Dapat dituliskan:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

Masalah transportasi dapat ditempatkan dalam suatu tabel khusus yang dinamakan tabel transportasi. Sumber ditulis dalam baris-baris dan tujuan dalam kolom-kolom. Dalam tabel transportasi terdapat $m \times n$ kotak. Biaya transportasi per unit barang C_{ij} dicatat pada kotak kecil di bagian kanan atas setiap kotak. Permintaan dari setiap tujuan terdapat pada baris paling bawah, sementara penawaran setiap sumber dicatat pada kolom paling kanan. Kotak pojok kiri bawah menunjukkan kenyataan bahwa penawaran atau supply (S) sama dengan permintaan atau demand (D). Variabel X_{ij} pada setiap kotak menunjukkan jumlah barang yang diangkut dari sumber i ke tujuan j .

Bentuk umum dari tabel transportasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Dari \ Ke	A	B	...	n	Demand
1	C_{1A} X_{1A}	C_{1B} X_{1B}	...	C_{1n} X_{1n}	b_A
2	C_{2A} X_{2A}	C_{2B} X_{2B}	...	C_{2n} X_{2n}	b_B
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m	C_{mA} X_{mA}	C_{mB} X_{mB}	...	C_{mn} X_{mn}	b_n
Supply	a_A	a_B	...	a_m	Σa
					Σb

3.4 Metode North West Corner

Metode *North-West Corner* merupakan salah satu teknik solusi dalam transportasi. Metode ini didasarkan pada aturan atau pengalokasian normatif dari persediaan dan kebutuhan sumber dalam suatu matriks transportasi tanpa perhitungan besar-besaran ekonomis. Aturan normatif tersebut yaitu membebani semaksimal mungkin sampai batas maksimum persediaan atau kebutuhan (mana yang tercapai lebih dahulu) pada matriks alokasi pada ujung kiri atas terus menuju ke kanan bawah sedemikian hingga seluruh kebutuhan akan sumber dapat terpenuhi, dengan langkah-langkah adalah sebagai berikut:

1. Mulai dari pojok barat laut tabel dan alokasikan sebanyak mungkin pada X_{11} tanpa menyimpang dari kendala penawaran atau permintaan (artinya X_{11} ditetapkan sama dengan yang terkecil diantara nilai S_1 dan D_1).
2. Ini akan menghabiskan penawaran pada asal barang 1 atau permintaan pada tujuan barang 1. Sehingga, tidak ada barang lagi yang dapat dialokasikan ke kolom atau baris yang telah dihabiskan. Kemudian alokasikan sebanyak mungkin ke kotak didekatnya pada baris atau kolom yang dapat dihilangkan. Jika kolom atau baris telah dihabiskan, pindah secara diagonal ke kotak berikutnya.
3. Dengan cara yang sama proses dilanjutkan sampai semua penawaran telah dihabiskan dengan keperluan permintaan telah dipenuhi.
4. Kemudian dicari nilai biaya minimum dengan menjumlahkan seluruh alokasi yang ada dengan cara mengalikan alokasi dengan biaya transportasi.

Studi Kasus

Sebuah Perusahaan negara berkepentingan mengangkut pupuk dari tiga pabrik ke tiga pasar. Kapasitas penawaran ketiga pabrik, permintaan pada ketiga pasar dan biaya transportasi/unit adalah sebagai berikut :

		PASAR			PENAWARAN
		1	2	3	
PABRIK	1	8	5	6	120
	2	15	10	12	80
	3	3	9	10	80
PERMINTAAN		150	70	60	280

Tabel Transportasi

Dari \ Ke	1	2	3	Penawaran (S)
1	8	5	6	120
2	15	10	12	80
3	3	9	10	80
Permintaan (D)	150	70	60	280

Langkah-langkah penyelesaian kasus di atas adalah:

1. Mengalokasikan nilai terkecil antara demand tujuan 1 dan supply asal 1, nilai terkecil adalah nilai supply yaitu 120 di baris 1 dan kolom 1 diisi 120
2. Demand pada kolom 1 belum terpenuhi, jadi dialokasikan sisa dari 150 dikurangi 120. Tujuan 1 diberikan sebanyak 30 dari pabrik 2.
3. Karena baris 2 belum terisi penuh, maka dialokasikan sebanyak 50 sehingga baris 2 sudah terisi penuh 80.
4. Kemudian mengalokasikan sisa dari pengurangan *demand* tujuan 2 dengan 50. Jadi, tujuan 2 mendapat sebanyak 20 dari asal 3
5. Selanjutnya mengalokasikan 60 ke tujuan 3 dari asal 3

Maka di dapat Tabel Metode *West Corner* sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut:

Dari \ Ke	1	2	3	Penawaran (S)
1	(1) 8 120	5	6	120
2	(2) 15 30	(3) 10 50	12	80
3	3	(4) 9 20	(5) 10 60	80
Permintaan (D)	150	70	60	280

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa biaya transportasi total adalah

$$Z = (8 \times 120) + (15 \times 30) + (3 \times 50) + (9 \times 20) + (10 \times 60) = 2690$$

Jadi biaya yang dikeluarkan untuk distribusi barang adalah sebesar 2690.

4. Kesimpulan

Distribusi berkaitan erat dengan kegiatan transportasi yang memadai. Permasalahan distribusi barang merupakan aspek yang harus diperhatikan karena permasalahan tersebut memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap biaya dan tingkat pelayanan kepada konsumen. Maka diperlukan cara untuk mengatasi suatu pendistribusian barang dengan menggunakan metode transportasi, sehingga dapat meminimalisasi biaya distribusi total. Metode *North-West Corner* dapat dijadikan sebagai salah satu solusi teknik solusi dalam transportasi sehingga pendistribusian barang dapat dilakukan seefektif mungkin dengan biaya yang minimum.

Referensi

- [1] MI Maulidan, FH Badruzzaman, "Analisis Harga Keseimbangan Pasar Pada Titik Koordinat," *Jurnal Matematika*, vol. 19, no. 2, pp. 1-6, 2020.
- [2] E Harahap, "Prediksi Kemacetan pada Jaringan Komputer Menggunakan Metode Naive Bayesian Classifier," *STATISTIKA: Journal of Theoretical Statistics and Its Applications*, vol. 12, no. 1, 2012.
- [3] RS Budianti, AA Nurrahman, H Afriyadi, D Ahmadi, E Harahap, "Penggunaan Metode Simpleks Untuk Memaksimalkan Target Sales Pada Penjualan Paket Internet," *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, vol. 4, no. 2, pp. 108-114, 2020.
- [4] RN Muzaki, E Harahap, FH Badruzzaman, "Efektivitas Penggunaan E-Toll di Gerbang Tol Pasteur dengan Menggunakan Model Antrian," in *Prosiding Matematika vol 6 no 2 h.74-81*, Bandung, 2020.
- [5] E Harahap, Y Permanasari, FH Badruzzaman, E Marlina, D Suhaedi, "Analisis Antrian Lalu Lintas Pada Persimpangan Buah Batu - Soekarno Hatta Bandung," *Jurnal Matematika*, vol. 17, no. 2, pp. 79-85, 2018.
- [6] D Suhaedi, et.al., "Analysis of the government district RMTDP using FMD and dematel method," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1613, no. 1, p. 012043, 2020.
- [7] FH Badruzzaman, et.al., "CPM and PERT technique efficiency model for child veil production," *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol. 9, no. 4, pp. 1470-1476, 2020.
- [8] S Purnama, I Sukarsih, E Harahap, "Aplikasi Teori Pendukung Keputusan Metode Electre dalam Pemilihan Operator Seluler," *Jurnal Matematika*, vol. 18, no. 2, 2019.
- [9] FH Badruzzaman, E Harahap, E Kurniati, MD Johansyah, "Analisis Jumlah Produksi Kerudung Pada RAR Azkia Bandung Dengan Metode Economic Production Quantity (EPQ)," *Matematika: Jurnal Teori dan Terapan Matematika*, vol. 16, no. 2, 2017.
- [10] E Harahap, "Minimum Spanning Tree Pada Aplikasi Graf," *Jurnal Matematika UNISBA*, 4(1), h. 51, 2005.
- [11] Ismi Fadhillah, et.al., "Representasi Matriks untuk Proses Crossover Pada Algoritma Genetika untuk Optimasi Travelling Salesman Problem," *Matematika: Jurnal Teori dan Terapan Matematika*, 16(1), 2017.
- [12] RTW Sari, et.al., "Model Perhitungan Estimasi Keuntungan Penjualan Susu Kemasan dengan Menggunakan Gabungan Metode Fuzzy C-Means dan Sugeno Orde-Satu," in *Matematika*, Bandung, 2016.
- [13] A. H. Sunaryono, "Pemilihan Rute Perjalanan Terpendek Menggunakan Algoritma Dijkstra dan Google Maps," in *Prosiding Matematika*, 2016.
- [14] R Tennekoon, et.al., "Prototype implementation of fast and secure traceability service over public networks," *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, vol. 11, pp. S122-S133, 2016.
- [15] J Nuraini, M Yusuf Fajar, E Harahap, "Pemilihan Campuran Biodiesel Terbaik Berdasarkan Penggabungan Analytic Hierarchy Process (AHP) dan Technique For Order Preference By Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)," in *Prosiding Matematika SPeSIA Universitas Islam Bandung*, Bandung, 2016.
- [16] A Legiani, M Yusuf Fajar, E Harahap, "Optimasi Produksi Sepatu Menggunakan Program Linier Multi Objective Fuzzy (Studi Kasus PD. Gianidha Collection di Sentra Sepatu Cibaduyut)," in *Prosiding Matematika*, Bandung, 2016.
- [17] MY Fajar, E Harahap, FH Badruzzaman, "Penentuan EOQ Masalah Persediaan Multi-Item Dengan NonLinear Goal Programming," *Matematika: Jurnal Teori dan Terapan Matematika*, 6(1), pp. 71-75, 2007.

- [18] E Harahap, "Analisis Isomorfisme Graf Melalui Diagram Alur," *Jurnal Matematika*, vol. 5, no. 1, pp. 17-25, 2006.
- [19] E Harahap, "The Earliest Uses of Pigeonhole Principle," in *Konferensi Internasional Bidang Matematika dan Statistika, dan Implementasinya pada Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, Bandung, 2004.
- [20] Y Ramdani, *et.al.*, "Analysis of student errors in integral concepts based on the indicator of mathematical competency using orthon classification," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1366, no. 1, p. 012084, 2019.
- [21] AS Chaeruddin, E Harahap, FH Badruzzaman, "Aplikasi Konsep Elips Pada Metode Medis ESWL (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy) Pada Penderita Nefrolitiasis," *Jurnal Matematika*, vol. 19, no. 2, pp. 61-66, 2020.
- [22] L Muflihah, Y Ramdani, E Harahap, "Pengaplikasian Teori Graf Pada Analisis Jejaring Sosial dalam Struktur Organisasi UNISBA dibawah Pimpinan Warek 1 Menggunakan Aplikasi Microsoft NodeXL," in *Prosiding Matematika*, 135-142, Bandung, 2016.
- [23] E Harahap, "Pengantar Aplikasi Matematika dengan Microsoft Excel," Bandung, Lab Matematika UNISBA, 2017.
- [24] D Andriyani, E Harahap, FH Badruzzaman, MY Fajar, D Darmawan, "Aplikasi Microsoft Excel Dalam Penyelesaian Masalah Rata-rata Data Berkelompok," *Jurnal Matematika*, vol. 18, no. 1, pp. 41-46, 2019.
- [25] SF Fitria, E Harahap, F Badruzzaman, MY Fajar, D Darmawan, "Aplikasi Rata-rata Data Tunggal," in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika Ahmad Dahlan 6*, Yogyakarta, 2019.
- [26] T Dewi, Y Fajar, F Badruzzaman, D Suhaedi, E Harahap, "Simulasi Kemacetan Lalu Lintas Pada Lokasi Bundaran Baltos Bandung," *Smart Comp*, vol. 9, no. 2, pp. 92-95, 2020.
- [27] E Harahap, FH Badruzzaman, Y Permanasari, MY Fajar, A Kudus, "Traffic engineering simulation of campus area transportation using MATLAB SimEvents," *Journal of Physics: Conference series: Materials Science and Engineering*, vol. 830, p. 022078, 2020.
- [28] IL Nur'aini, E Harahap, FH Badruzzaman, D Darmawan, "Pembelajaran Matematika Geometri Secara Realistis Dengan GeoGebra," *Jurnal Matematika*, vol. 16, no. 2, pp. 1-6, 2017.
- [29] T Asmara, *et.al.*, "Strategi Pembelajaran Pemrograman Linier Menggunakan Metode Grafik Dan Simpleks," *Jurnal Teknologi Pembelajaran Sekolah Pascasarjana IPI Garut*, 3(1), pp. 506-514, 2018.
- [30] E Harahap, D Darmawan, FH Badruzzaman, "Simulation of Traffic T-Junction at Cibiru-Cileunyi Lane Using SimEvents MATLAB," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1613, no. 1, p. 012074, 2020.
- [31] E Harahap, P Purnamasari, N Saefudin, AA Nurrahman, D Darmawan, R Ceha, "A design simulation of traffic light intersection using SimEvents MATLAB," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1375, no. 1, p. 012042, 2019.
- [32] G Utami, F Julian, A Fadilah, E Harahap, F Badruzzaman, D Darmawan, "Pembelajaran Mengenai Penyelesaian Pengolahan Data Statistika Secara Efektif Menggunakan Speq Mathematics," *Jurnal Teknologi Pembelajaran*, vol. 4, no. 1, pp. 846-851, 2019.
- [33] S Zein, *et.al.*, "Pengolahan dan Analisis Data Kuantitatif Menggunakan Aplikasi SPSS," *Jurnal Teknologi Pembelajaran 4 (1)*, vol. 4, no. 1, pp. 839-845, 2019.
- [34] MR Muyassar, E Harahap, "Pembelajaran Aritmatika Menggunakan Aplikasi Wolfram Alpha," *Jurnal Matematika*, vol. 19, no. 2, pp. 25-32, 2020.
- [35] RM Firdy Adi Sarwono, AA Frianti, NP Hartono, E Harahap, "Konversi Sudut Istimewa Menggunakan Aplikasi Lazarus," *Jurnal Matematika*, vol. 19, no. 2, pp. 67-76, 2020.
- [36] E Marlina, E Harahap, "Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Resiliensi Matematik Melalui Pembelajaran Program Linier Berbantuan QM for Windows," *Jurnal Matematika*, 17(2), pp. 59-70, 2018.