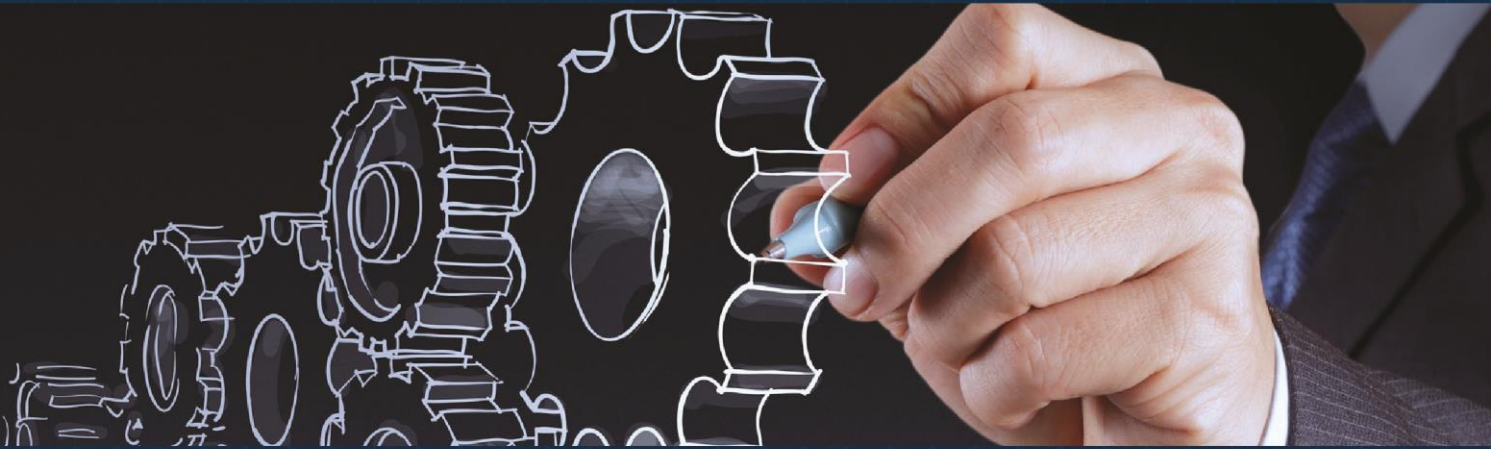




JOURNAL OF INTEGRATED SYSTEM

JIS



Pengembangan Algoritma Ant Colony System Pada Heterogeneous Vehicle Routing Problem with Soft Time Window

85-102 | Sonna Kristina, Ricky Sianturi, Valian Janelven Wijaya

Perancangan dan Pembuatan Meja Kinestetik

103-115 | Natalia Hartono, Laurence, Prayoga Nathan Subandi

Algoritma Penjadwalan Distribusi Barang Berbasis Teknik Backward Scheduling (Studi Kasus: PT Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company Tbk.)

116-135 | Kartika Suhada, David Try Liputra, Vivi Arisandhy, Tomy Jeremy

Kajian Ulang Penggunaan Media Digital Dalam Aktivitas Belajar Mengajar di Program Studi Teknik Industri

136-147 | Elty Sarvia, Andrijanto, Winda Halim, Muhammad Rafi

Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma Dannenbring dan Branch and Bound pada Produksi Atap Galvalum Di PT NS Bluescope Lysaght Indonesia

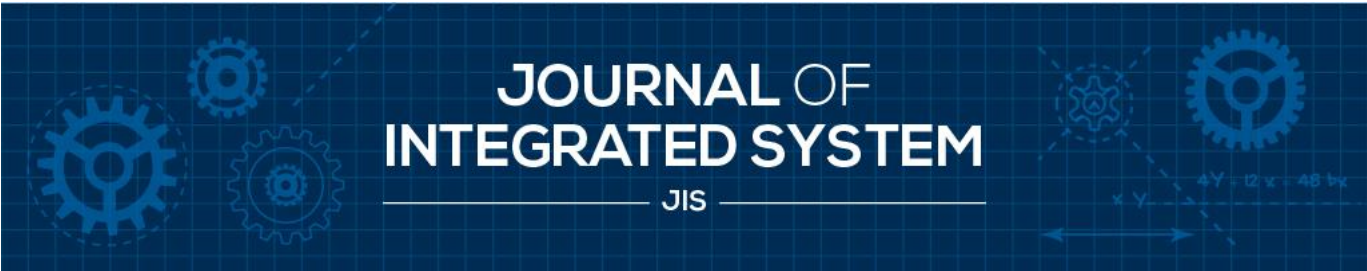
148-160 | Muhammad Irsyad Nuriza, Teguh Oktiarso

Perbaikan Tata Letak Gudang dengan Association Rule Mining dan Dedicated Storage Policy di PD Andika – Indramayu

161-179 | Fani Angelia, Santoso, Kartika Suhada

Penjadwalan Produk Menggunakan Teknik Enumerasi

180-193 | Evi Febianti, Yusraini Muharni, M. Naufal Azhary



JOURNAL OF INTEGRATED SYSTEM

JIS

Volume 3, Nomor 2, Desember 2020

ISSN : 2621 – 7104

- | | |
|---|----------------|
| <p>Pengembangan Algoritma <i>Ant Colony System</i> Pada <i>Heterogeneous Vehicle Routing Problem with Soft Time Window</i>
 <i>Development of Ant Colony System Algorithm in Heterogeneous Vehicle Routing Problem with Soft Time Window</i>
 Sonna Kristina, Ricky Sianturi, Valian Janelven Wijaya</p> | <p>85-102</p> |
| <p>Perancangan dan Pembuatan Meja Kinestetik
 <i>Design and Development of Kinesthetic Table</i>
 Natalia Hartono, Laurence, Prayoga Nathan Subandi</p> | <p>103-115</p> |
| <p>Algoritma Penjadwalan Distribusi Barang Berbasis Teknik <i>Backward Scheduling</i> (Studi Kasus: PT Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company Tbk.)
 <i>Scheduling Algorithm for Distribution of Goods Based on The Backward Scheduling Technique (Case Study: PT. Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company Tbk.)</i>
 Kartika Suhada, David Try Liputra, Vivi Arisandhy, Tomy Jeremy</p> | <p>116-135</p> |
| <p>Kajian Ulang Penggunaan Media Digital Dalam Aktivitas Belajar Mengajar di Program Studi Teknik Industri
 <i>Review of the Use of Digital Media in Teaching and Learning Activities at Bachelor Program in Industrial Engineering</i>
 Elty Sarvia, Andrijanto, Winda Halim, Muhammad Rafi</p> | <p>136-147</p> |
| <p>Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma <i>Dannenbring</i> dan <i>Branch and Bound</i> pada Produksi Atap Galvalum Di PT NS Bluescope Lysaght Indonesia
 <i>Production Scheduling for Galvalum Roof with Dannenbring and Branch and Bound Algorithm at PT NS Bluescope Lysaght Indonesia</i>
 Muhammad Irsyad Nuriza, Teguh Oktiarso</p> | <p>148-160</p> |
| <p>Perbaikan Tata Letak Gudang dengan <i>Association Rule Mining</i> dan <i>Dedicated Storage Policy</i> di PD Andika – Indramayu
 <i>Warehouse Layout Improvement with Association Rule Mining and Dedicated Storage Policy at PD Andika – Indramayu</i>
 Fani Angelia, Santoso, Kartika Suhada</p> | <p>161-179</p> |
| <p>Penjadwalan Produk Menggunakan Teknik Enumerasi
 <i>Product Scheduling Using Enumeration Techniques</i>
 Evi Febianti, Yusraini Muharni, M. Naufal Azhary</p> | <p>180-193</p> |

Algoritma Penjadwalan Distribusi Barang Berbasis Teknik *Backward Scheduling* (Studi Kasus: PT Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company Tbk.)

Scheduling Algorithm for Distribution of Goods Based on The Backward Scheduling Technique (Case Study: PT. Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company Tbk.)

Kartika Suhada, David Try Liputra, Vivi Arisandhy, Tomy Jeremy
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
E-mail: kartika.suhada@eng.maranatha.edu, david.tl@eng.maranatha.edu,
vivi.arisandhy@eng.maranatha.edu, tomy.jeremy18@yahoo.com

Abstrak

Backward scheduling adalah metode penjadwalan yang dilakukan secara urutan terbalik, dimana batas waktu penyelesaian (due date) sebagai titik awal penjadwalan. Penelitian terkait penggunaan metode tersebut telah banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya banyak yang membahas penerapan metode penjadwalan, namun lebih difokuskan pada aktivitas produksi. Penelitian ini membahas penerapan metode backward scheduling untuk aktivitas distribusi. Objek penelitian adalah PT Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company, Tbk. yang menghadapi permasalahan keterlambatan pengiriman barang. Javia dkk. (Javia dkk., 2019) telah berhasil mengembangkan algoritma yang dapat mengurangi jumlah keterlambatan tersebut, tetapi hasilnya belum cukup signifikan. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dirancang suatu algoritma penjadwalan distribusi barang yang dapat meminimasi jumlah keterlambatan dan total biaya keterlambatan yang timbul. Penerapan algoritma usulan dibandingkan algoritma Javia dkk. menghasilkan pengurangan dalam beberapa hal, yaitu: kebutuhan moda sebanyak 6 unit, jumlah kota yang mengalami keterlambatan pengiriman sebanyak 2 kota, jumlah moda yang terlambat sebanyak 3 unit, dan jumlah muatan yang terlambat sebanyak 18 pallet. Selain itu, durasi keterlambatan untuk 3 kota besarnya sama, namun untuk 2 kota lainnya tidak mengalami keterlambatan. Biaya penalty yang timbul pun berkurang sebesar Rp7,104,000,- atau 3.928%.

Kata kunci: penjadwalan, distribusi barang, backward scheduling

Abstract

Backward scheduling is a scheduling method carried out in reverse order, where the due date is the starting point for scheduling. There are many previous studies related to the application of this method. Those previous studies have discussed the application of scheduling method, but are more focused on production activities. This research discusses the application of the backward scheduling method for distribution activities. The object of this research is PT Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company, Tbk. which encounters the problem of late delivery of goods. Javia et al. (Javia et al., 2019) have succeeded in developing an algorithm that can reduce the number of delays, but the overall result is not significant enough. Therefore, this research will design an algorithm for scheduling the distribution of goods that can minimize the number and total cost of delays. The application of the proposed algorithm compared to the algorithm of Javia et al. resulted in a reduction in several things, i.e.: 6 units of vehicle requirement, 2 cities that experienced delays in delivery, 3 units of late vehicle, and 18 pallets of late cargo. In addition, the duration of the delays are the same for 3 cities, but there are no delays for the other 2 cities. The incurred penalty cost is reduced by Rp7,104,000, - or 3.928%.

Keywords: scheduling, distribution of goods, backward scheduling

1. Pendahuluan

Kegiatan distribusi barang ke konsumen merupakan salah satu aktivitas yang harus dilakukan oleh perusahaan dalam upaya memberikan pelayanan yang memuaskan kepada konsumen. Oleh karena itu, barang yang didistribusikan harus sampai ke tangan konsumen dengan tepat waktu. Jika terjadi keterlambatan, maka akan berdampak pada menurunnya kredibilitas perusahaan di mata konsumen serta kerugian yang bersifat finansial. Untuk menjalankan kegiatan distribusi barang, terlebih dahulu harus dilakukan perencanaan, berupa penjadwalan distribusi barang. Secara umum penjadwalan (*scheduling*) adalah proses pengalokasian sumber daya dari waktu ke waktu untuk melakukan sejumlah pekerjaan/*tasks* (Baker dan Trietsch, 2009). Menurut Heizer dan Render (Heizer dan Render, 2011), terdapat dua teknik atau metode penjadwalan yang dapat digunakan, yaitu: (1) *forward scheduling* dan (2) *backward scheduling*. Penelitian ini akan membahas penerapan metode *backward scheduling* di sebuah industri minuman untuk penjadwalan distribusi barangnya ke berbagai wilayah penjualan. *Backward scheduling* adalah metode penjadwalan yang dilakukan secara urutan terbalik, yaitu operasi terakhir yang terlebih dahulu dijadwalkan kemudian diikuti oleh operasi-operasi lainnya, dimana batas waktu penyelesaian (*due date*) sebagai titik awal penjadwalan (Heizer dan Render, 2011).

Penelitian-penelitian sebelumnya terkait penggunaan metode *backward scheduling* telah banyak dilakukan, diantaranya: Kim (Kim, 1995), Jain dan Chan (Jain dan Chan, 1997), Kawtummachai dkk. (Kawtummachai dkk., 1997), dan Kim dan Choi (Kim dan Choi, 2014). Penelitian sebelumnya juga banyak yang telah membahas penerapan metode penjadwalan di berbagai industri, seperti: Dori dkk. (Dori dkk., 2012) di industri perakitan pesawat terbang dengan metode kombinasi *forward- backward scheduling* serta Scholl dkk. (Scholl dkk., 2014) di industri semikonduktor dan Liputra dkk. (Liputra dkk., 2017) di industri makanan, yang keduanya menggunakan metode *backward scheduling*. Jika pada penelitian-penelitian sebelumnya terkait penjadwalan (*scheduling*) lebih difokuskan pada aktivitas produksi, maka dalam penelitian ini dibahas penerapan metode *backward scheduling* pada aktivitas distribusi. Objek penelitian ini adalah PT Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company, Tbk. yang menghadapi permasalahan keterlambatan pengiriman barang. Javia dkk. (2019) telah berhasil mengembangkan algoritma yang dapat mengurangi jumlah keterlambatan tersebut, tetapi hasil penelitian yang diperoleh masih belum cukup signifikan. Oleh karena itu penelitian ini akan mengembangkan algoritma tersebut, sehingga hasilnya lebih signifikan dalam mengurangi jumlah keterlambatan yang terjadi. Selain itu, penelitian ini juga telah mempertimbangkan besar *penalty* akibat terjadinya keterlambatan pengiriman barang, yang belum ada pada penelitian sebelumnya.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian “Usulan Algoritma Penjadwalan Pengiriman Produk di PT Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company Tbk”

Penelitian “Usulan Algoritma Penjadwalan Pengiriman Produk di PT Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company Tbk” telah dilakukan oleh Javia dkk. (Javia dkk., 2019). Dalam penelitian tersebut, metode penjadwalan yang diusulkan adalah algoritma penjadwalan dengan menerapkan teknik *backward scheduling*. Algoritma tersebut telah mempertimbangkan faktor *due date*, waktu tempuh pengiriman serta jarak pengiriman. Algoritma penjadwalan pengiriman yang diusulkan akan memprioritaskan pengiriman ke kota terjauh dengan *due date* yang tercepat dengan menggunakan moda transportasi yang tersedia untuk kota tersebut.

Manfaat dari penerapan metode penjadwalan usulan terhadap 5 hari pengiriman adalah berkurangnya jumlah keterlambatan. Manfaat lainnya adalah terjadinya pengurangan jumlah moda transportasi yang dibutuhkan.

Penelitian ini menggunakan Teori Penjadwalan dan *Gantt Chart* dalam pemecahan masalahnya. Penelitian ini memberikan manfaat berkurangnya jumlah keterlambatan pengiriman. Selain itu, jumlah moda transportasi yang dibutuhkan juga berkurang.

2.2 Teori Distribusi

Pendistribusian dapat diartikan sebagai kegiatan pemasaran yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian barang dan jasa dari produsen kepada konsumen, sehingga penggunaannya sesuai dengan yang diperlukan (jenis, jumlah, harga, tempat, dan saat dibutuhkan).

Menurut Kotler dan Keller (Kotler dan Keller, 2010), saluran distribusi adalah organisasi-organisasi yang saling tergantung yang tercakup dalam proses yang membuat produk atau jasa menjadi tersedia untuk digunakan atau dikonsumsi.

2.3 Teori Penjadwalan

Penjadwalan dapat diartikan sebagai pengalokasian sejumlah sumber daya (*resource*) untuk melakukan sejumlah tugas atau operasi dalam jangka waktu tertentu dan merupakan proses pengambilan keputusan yang peranannya sangat penting dalam industri manufaktur dan jasa yaitu mengalokasikan sumber-sumber daya yang ada agar tujuan dan sasaran perusahaan lebih optimal (Baker dan Trietsch, 2009).

Penjadwalan dapat dimulai secara *forward* ataupun *backward*. Penjadwalan secara *forward* dapat dimulai ketika persyaratan pekerjaan diketahui. *Forward Scheduling* biasa digunakan di organisasi seperti rumah sakit, klinik, restoran, dan produsen alat mesin. Pada metode *forward scheduling* pekerjaan dilakukan sesuai pesanan customer, dan pengiriman biasanya dijadwalkan pada tanggal yang sedini mungkin.

Backward Scheduling dimulai pada batas waktu pengiriman (*due date*) dan dijadwalkan operasi yang terakhir terlebih dahulu. Langkah tersebut kemudian akan dijadwalkan, satu persatu, dengan urutan yang terbalik.

2.4 Sistem Transportasi

Transportasi adalah perpindahan orang atau barang dengan menggunakan alat atau kendaraan dari dan ke tempat-tempat yang terpisah secara geografis (Steenbrink, 1974). Menurut Miro (Miro, 2002), transportasi merupakan usaha memindahkan, menggerakkan, mengangkut, atau mengalihkan suatu obyek dari suatu tempat ke tempat lain, dimana di tempat lain ini obyek tersebut lebih bermanfaat atau dapat berguna untuk tujuan-tujuan tertentu. Sistem transportasi dapat diartikan sebagai suatu kesatuan komponen (sarana dan prasarana) yang dapat memindahkan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan, dimana jika salah satu komponen tidak ada, maka sistem transportasi tersebut tidak bisa berjalan dengan baik.

Menurut Khisty dan Lall (Khisty dan Lall, 2003), secara umum sistem transportasi tersusun atas empat elemen dasar, yaitu:

1. Jalur perhubungan (*link*): jalan raya atau jalur yang menghubungkan dua titik atau lebih. Pipa, jalur ban berjalan, jalur laut, dan jalur penerbangan juga dikategorikan sebagai jalur perhubungan.
2. Kendaraan (*mode*): alat yang memindahkan orang atau barang dari satu titik ke titik lainnya di sepanjang jalur perhubungan, misalnya mobil, bus, kapal, pesawat terbang, ban berjalan, dan kabel.
3. Terminal (*node*): titik-titik dimana perjalanan orang atau barang dimulai atau berakhir, contohnya: garasi mobil, lapangan parkir, gudang bongkar-muat, terminal bus, dan bandar udara.
4. Manajemen dan tenaga kerja: orang-orang yang membuat, mengoperasikan, mengatur, dan memelihara jalur perhubungan, kendaraan, dan terminal.

Menurut Crainic dan Laporte (Crainic dan Laporte, 1997), level perencanaan transportasi dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu sebagai berikut:

1. Level strategis
Perencanaan ini bersifat jangka panjang, yang melibatkan tingkatan tertinggi dari pihak manajemen dan membutuhkan investasi modal yang besar.

2. Level taktis
Perencanaan ini bersifat jangka menengah, yang bertujuan untuk memastikan alokasi dan penggunaan sumber daya yang efisien dan rasional dalam rangka meningkatkan kinerja dari keseluruhan sistem.
3. Level operasional
Perencanaan ini bersifat jangka pendek, yang dilakukan oleh pihak manajemen lokal dalam lingkungan yang sangat dinamis, dimana faktor waktu memegang peranan penting dan perincian dari kendaraan, fasilitas, dan aktivitas sangat diperlukan.

2.5 Gantt Chart

Gantt Chart merupakan diagram perencanaan yang digunakan untuk penjadwalan sumber daya dan alokasi waktu. *Gantt Chart* dapat membantu penggunaannya untuk memastikan bahwa: (Heizer dan Render, 2011)

- a. Semua kegiatan telah direncanakan
- b. Urutan kinerja telah diperhitungkan
- c. Perkiraan waktu kegiatan telah tercatat, dan
- d. Keseluruhan waktu proyek telah dibuat

3. Pembahasan

3.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dirancang suatu algoritma yang dapat mengurangi jumlah keterlambatan yang terjadi serta mempertimbangkan besar *penalty* yang harus ditanggung perusahaan jika terjadi keterlambatan tibanya barang di tangan konsumen. Perancangan algoritma penjadwalan usulan menggunakan Teknik penjadwalan dan *Gantt Chart*.

Data-data yang dikumpulkan adalah data permintaan dari konsumen serta target pengiriman setiap periodenya, data *due date* pengiriman kepada setiap konsumen, data ketersediaan armada pengiriman, data jarak pengiriman, data harga jual barang dan data *Gantt Chart* algoritma penjadwalan terdahulu.

Tahapan awal dalam membandingkan algoritma penjadwalan usulan dengan algoritma penjadwalan terdahulu adalah dengan membuat *Gantt Chart* usulan. Selanjutnya akan dibandingkan jumlah keterlambatan pengiriman antara algoritma awal dan algoritma usulan serta dihitung besar biaya *penalty* untuk kedua algoritma dengan berdasarkan jumlah barang (*pallet*). Apabila diperlukan, maka akan dilakukan penyesuaian algoritma. Hasil penerapan algoritma usulan dihitung dengan menggunakan *Microsoft Excel*.

3.2 Rancangan Algoritma Penjadwalan Distribusi Barang

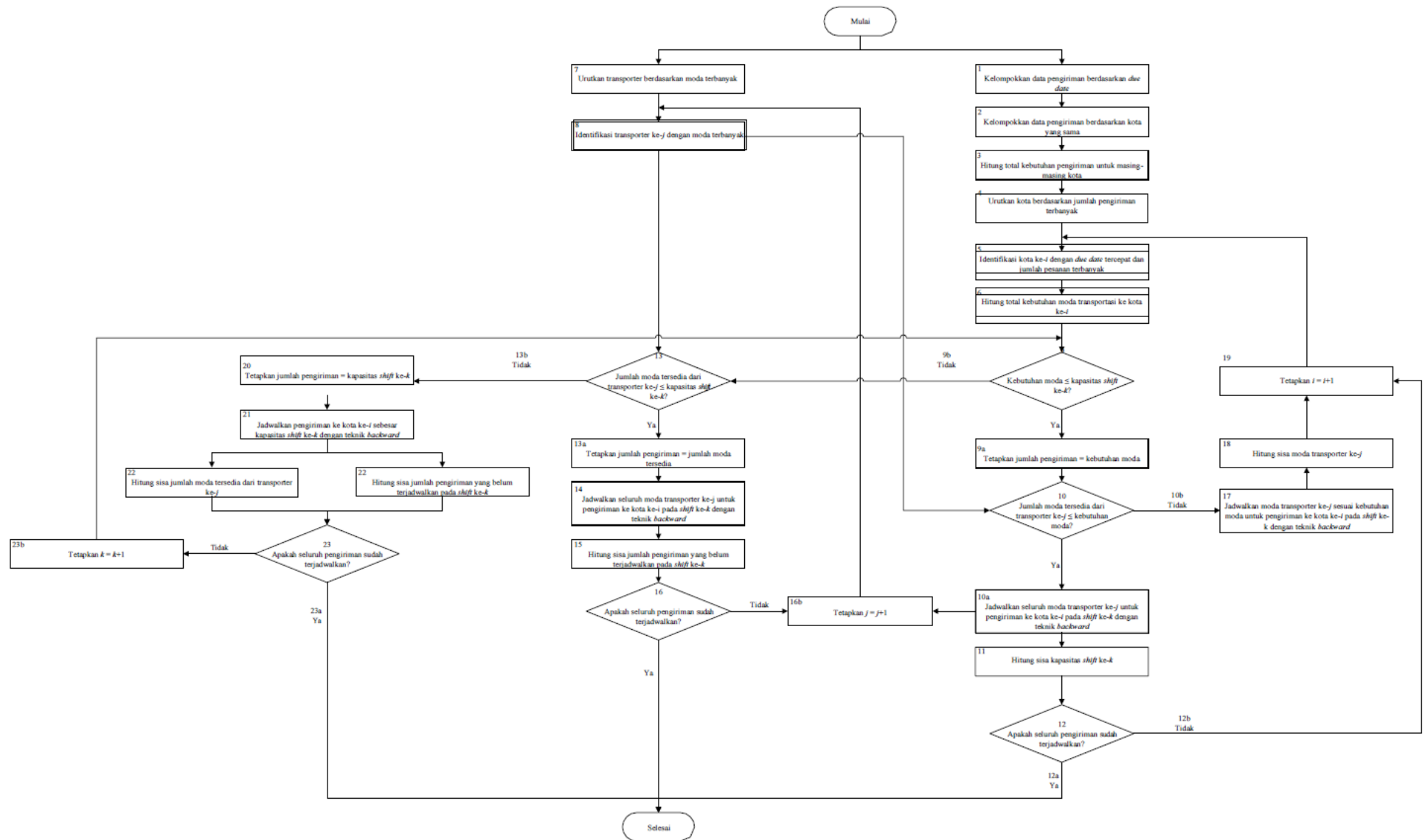
Hasil yang telah diperoleh dalam penelitian ini adalah Rancangan Algoritma Penjadwalan Distribusi Barang. *Flowchart* algoritma tersebut ditunjukkan pada Gambar 1. Berikut adalah uraian algoritma yang dirancang:

1. Kelompokkan data pengiriman barang berdasarkan *due date* yang sama.
2. Kelompokkan data pengiriman barang berdasarkan kota yang sama.
3. Hitung total pengiriman barang untuk masing-masing kota.
4. Urutkan kota berdasarkan total pengiriman barang terbanyak.
5. Identifikasi kota ke-*i* dengan *due date* tercepat dan total pengiriman barang terbanyak.
6. Hitung total kebutuhan moda transportasi ke kota ke-*i*.
7. Urutkan transporter berdasarkan moda transportasi terbanyak.
8. Identifikasi transporter ke-*j* dengan moda transportasi terbanyak.
9. Periksa apakah total kebutuhan moda transportasi lebih kecil atau sama dengan kapasitas *loading shift* ke-*k*?
 - a. Jika ya, tetapkan jumlah pengiriman barang sama dengan total kebutuhan moda transportasi. Lanjutkan ke langkah 10.
 - b. Jika tidak, lanjutkan ke langkah 13.
10. Periksa apakah moda transportasi yang tersedia dari transporter ke-*j* lebih kecil atau sama

- dengan total kebutuhan moda transportasi ke kota ke- i .
- a. Jika ya, jadwalkan seluruh moda transportasi transporter ke- j untuk pengiriman ke kota ke- i pada *shift* ke- k dengan teknik *backward*. Lanjutkan ke langkah 11.
 - b. Jika tidak, lanjutkan ke langkah 17.
11. Hitung sisa kapasitas *loading shift* ke- k serta tetapkan $j = j+1$ dan kembali ke langkah 8.
 12. Periksa apakah seluruh pengiriman sudah terjadwalkan.
 - a. Jika ya, perhitungan selesai.
 - b. Jika tidak, lanjutkan ke langkah 19.
 13. Periksa apakah moda transportasi yang tersedia dari transporter ke- j lebih kecil atau sama dengan kapasitas *loading shift* ke- k .
 - a. Jika ya, tetapkan jumlah pengiriman barang sama dengan jumlah moda tersedia dari transporter ke- j . Lanjutkan ke langkah 14.
 - b. Jika tidak, lanjutkan ke langkah 20.
 14. Jadwalkan seluruh moda transportasi transporter ke- j untuk pengiriman ke kota ke- i pada *shift* ke- k dengan teknik *backward*.
 15. Hitung sisa jumlah pengiriman yang belum terjadwalkan pada *shift* ke- k .
 16. Periksa apakah seluruh pengiriman sudah terjadwalkan.
 - a. Jika ya, perhitungan selesai.
 - b. Jika tidak, tetapkan $j = j+1$ dan kembali ke langkah 8.
 17. Jadwalkan moda transportasi transporter ke- j sesuai total kebutuhan moda transportasi untuk pengiriman barang ke kota ke- i pada *shift* ke- k dengan teknik *backward*.
 18. Hitung sisa moda transportasi transporter ke- j .
 19. Tetapkan $i = i+1$ dan kembali ke langkah 5.
 20. Tetapkan jumlah pengiriman barang sama dengan kapasitas *loading shift* ke- k .
 21. Jadwalkan pengiriman barang ke kota ke- i sebesar kapasitas *loading shift* ke- k dengan teknik *backward*.
 22. Hitung sisa jumlah moda transportasi yang tersedia dari transporter ke- j dan hitung sisa jumlah pengiriman barang yang belum terjadwalkan pada *shift* ke- k .
 23. Periksa apakah seluruh pengiriman sudah terjadwalkan.
 - a. Jika ya, perhitungan selesai.
 - b. Jika tidak, tetapkan $k = k+1$ dan kembali ke langkah 9.

Selanjutnya dilakukan pengujian algoritma tersebut dengan menerapkannya pada kasus distribusi produk di PT Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company Tbk yang ada dalam penelitian Javia dkk. (Javia dkk., 2019).

ALGORITMA PENJADWALAN DISTRIBUSI BARANG (Kartika S., dkk.)



Gambar 1. Rancangan Algoritma Penjadwalan Distribusi Barang

3.3 Penjadwalan Pengiriman Barang dengan Metode Usulan

Penjadwalan pengiriman barang yang diusulkan menggunakan algoritma penjadwalan yang menerapkan metode *backward scheduling*, dimana penjadwalan dimulai dari batas waktu pengiriman produk tiba di kota tujuan (*due date*). Dengan demikian jumlah keterlambatan yang terjadi dapat diminimasi. Berikut adalah contoh penerapan algoritma usulan untuk pengiriman produk tanggal 9 Mei 2018:

B.1 Iterasi 1

Berikut adalah iterasi 1 dalam penerapan algoritma usulan:

- Langkah 1: Kelompokkan data pengiriman barang berdasarkan *due date* yang sama. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengelompokkan Berdasarkan Kesamaan Due Date

No	Rencana Pengiriman (Konsumen) Periode 9 Mei 2018	Batas Waktu Penerimaan (Due Date)	No	Rencana Pengiriman (Konsumen) Periode 9 Mei 2018	Batas Waktu Penerimaan (Due Date)
1	210-KP BANDUNG	9 Mei pk: 18.00	42	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
2	210-KP BANDUNG	9 Mei pk: 18.00	43	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
3	210-KP BANDUNG	9 Mei pk: 18.00	44	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
4	210-KP BANDUNG	9 Mei pk: 18.00	45	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
5	250-KP CIBIRU	9 Mei pk: 18.00	46	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
6	250-KP CIBIRU	9 Mei pk: 18.00	47	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
7	SAT DC PARUNG	10 Mei pk: 12.00	48	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
8	UNILEVER INDONESIA TBK PT	10 Mei pk: 12.00	49	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
9	INDOGROSIR BOGOR	10 Mei pk: 12.00	50	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
10	SAT DC PARUNG	10 Mei pk: 12.00	51	SAT DC BOGOR	10 Mei pk: 20.00
11	INDOGROSIR BOGOR	10 Mei pk: 12.00	52	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
12	INDOMARCO - ANCOL	10 Mei pk: 12.00	53	340-KP SERANG	10 Mei pk: 20.00
13	YOGYA DC CENTER	10 Mei pk: 12.00	54	DC ALFAMIDI BITUNG	10 Mei pk: 20.00
14	MATAHARI BALARAJA	10 Mei pk: 12.00	55	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
15	GUDANG INDOMARET BOGOR 2	10 Mei pk: 12.00	56	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
16	SAT DC BOGOR	10 Mei pk: 12.00	57	SAT-CILEUNGSI 2 (BABAKAN)	10 Mei pk: 20.00
17	INDOMARET - SENTUL	10 Mei pk: 12.00	58	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
18	UNILEVER INDONESIA TBK PT	10 Mei pk: 12.00	59	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
19	MATAHARI BALARAJA	10 Mei pk: 12.00	60	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
20	240-KP CIREBON	10 Mei pk: 18.00	61	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
21	360-KP BOGOR	10 Mei pk: 18.00	62	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
22	240-KP CIREBON	10 Mei pk: 18.00	63	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
23	INDOMARCO-PURWAKARTA	10 Mei pk: 18.00	64	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
24	810-UJ JKT MODERN	10 Mei pk: 18.00	65	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
25	360-KP BOGOR	10 Mei pk: 18.00	66	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
26	330-KP JKT CIBITUNG	10 Mei pk: 18.00	67	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
27	330-KP JKT CIBITUNG	10 Mei pk: 18.00	68	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
28	INDOMARCO - PARUNG	10 Mei pk: 18.00	69	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
29	INDOMARET ANCOL 2	10 Mei pk: 18.00	70	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
30	350-KP JKT CIJANTUNG	10 Mei pk: 18.00	71	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
31	310-KP JKT PULO GADUNG	10 Mei pk: 18.00	72	GUDANG MM2100 (FG)	10 Mei pk: 20.00
32	360-KP BOGOR	10 Mei pk: 18.00	73	230-KP TASIKMALAYA	10 Mei pk: 20.00
33	320-KP JKT CIPONDOH	10 Mei pk: 18.00	74	440-KP PURWOKERTO	11 Mei pk: 18.00
34	350-KP JKT CIJANTUNG	10 Mei pk: 18.00	75	410-KP SEMARANG	11 Mei pk: 18.00
35	330-KP JKT CIBITUNG	10 Mei pk: 18.00	76	410-KP SEMARANG	11 Mei pk: 18.00
36	310-KP JKT PULO GADUNG	10 Mei pk: 18.00	77	460-KP PA TI	11 Mei pk: 18.00
37	320-KP JKT CIPONDOH	10 Mei pk: 18.00	78	MATAHARI MARGOMULYO	11 Mei pk: 18.00
38	320-KP JKT CIPONDOH	10 Mei pk: 18.00	79	XDC20 MATAHARI SURABAYA	11 Mei pk: 18.00
39	350-KP JKT CIJANTUNG	10 Mei pk: 18.00	80	510-KP SURABAYA	11 Mei pk: 18.00
40	310-KP JKT PULO GADUNG	10 Mei pk: 18.00	81	510-KP SURABAYA	11 Mei pk: 18.00
41	310-KP JKT PULO GADUNG	10 Mei pk: 18.00	82	MATAHARI MARGOMULYO	11 Mei pk: 18.00
			83	530-KP MALANG	11 Mei pk: 18.00
			84	540-KP JEMBER	11 Mei pk: 18.00
			85	510-KP SURABAYA	11 Mei pk: 18.00
			86	510-KP SURABAYA	11 Mei pk: 18.00
			87	510-KP SURABAYA	11 Mei pk: 18.00

ALGORITMA PENJADWALAN DISTRIBUSI BARANG (Kartika S., dkk.)

- Langkah 2: Kelompokkan data pengiriman barang berdasarkan kota yang sama. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengelompokkan Berdasarkan Kesamaan Kota

No	Rencana Pengiriman (Konsumen) Periode 9 Mei 2018	Kota Tujuan	Batas Waktu Penerimaan (Due Date)	No	Rencana Pengiriman (Konsumen) Periode 9 Mei 2018	Kota Tujuan	Batas Waktu Penerimaan (Due Date)
1	210-KP BANDUNG	Bandung	9 Mei pk: 18.00	50	240-KP CIREBON	Cirebon	10 Mei pk: 18.00
2	210-KP BANDUNG		9 Mei pk: 18.00	51	240-KP CIREBON		10 Mei pk: 18.00
3	210-KP BANDUNG		9 Mei pk: 18.00	52	INDOMARCO - ANCOL	Jakarta 1	10 Mei pk: 12.00
4	210-KP BANDUNG		9 Mei pk: 18.00	53	YOGYA DC CENTER		10 Mei pk: 12.00
5	250-KP CIBIRU		9 Mei pk: 18.00	54	810-UJ JKT MODERN	Jakarta 2	10 Mei pk: 18.00
6	250-KP CIBIRU		9 Mei pk: 18.00	55	INDOMARET ANCOL 2		10 Mei pk: 18.00
7	330-KP JKT CIBITUNG	Bekasi 1	10 Mei pk: 18.00	56	350-KP JKT CIJANTUNG		10 Mei pk: 18.00
8	330-KP JKT CIBITUNG		10 Mei pk: 18.00	57	310-KP JKT PULO GADUNG		10 Mei pk: 18.00
9	330-KP JKT CIBITUNG		10 Mei pk: 18.00	58	320-KP JKT CIPONDOH		10 Mei pk: 18.00
10	GUDANG MM2100 (FG)	Bekasi 2	10 Mei pk: 20.00	59	350-KP JKT CIJANTUNG		10 Mei pk: 18.00
11	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	60	310-KP JKT PULO GADUNG		10 Mei pk: 18.00
12	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	61	350-KP JKT CIJANTUNG		10 Mei pk: 18.00
13	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	62	310-KP JKT PULO GADUNG		10 Mei pk: 18.00
14	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	63	310-KP JKT PULO GADUNG		10 Mei pk: 18.00
15	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	64	DC ALFAMIDI BITUNG	Jakarta 3	10 Mei pk: 20.00
16	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	65	540-KP JEMBER	Jember	11 Mei pk: 18.00
17	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	66	530-KP MALANG	Malang	11 Mei pk: 18.00
18	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	67	460-KP PA TI	Pati	11 Mei pk: 18.00
19	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	68	INDOMARCO-PURWAKARTA	Purwakarta	10 Mei pk: 18.00
20	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	69	440-KP PURWOKERTO	Purwokerto	11 Mei pk: 18.00
21	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	70	410-KP SEMARANG	Semarang	11 Mei pk: 18.00
22	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	71	410-KP SEMARANG		11 Mei pk: 18.00
23	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	72	340-KP SERANG	Serang	10 Mei pk: 20.00
24	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	73	MATAHARI MARGOMULYO	Surabaya	11 Mei pk: 18.00
25	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	74	XDC20 MATAHARI SURABAYA		11 Mei pk: 18.00
26	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	75	510-KP SURABAYA		11 Mei pk: 18.00
27	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	76	510-KP SURABAYA		11 Mei pk: 18.00
28	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	77	MATAHARI MARGOMULYO		11 Mei pk: 18.00
29	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	78	510-KP SURABAYA		11 Mei pk: 18.00
30	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	79	510-KP SURABAYA		11 Mei pk: 18.00
31	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	80	510-KP SURABAYA		11 Mei pk: 18.00
32	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	81	UNILEVER INDONESIA TBK PT	Tangerang 1	10 Mei pk: 12.00
33	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	82	MATAHARI BALARAJA		10 Mei pk: 12.00
34	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	83	UNILEVER INDONESIA TBK PT		10 Mei pk: 12.00
35	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	84	MATAHARI BALARAJA		10 Mei pk: 12.00
36	GUDANG MM2100 (FG)		10 Mei pk: 20.00	85	320-KP JKT CIPONDOH	Tangerang 2	10 Mei pk: 18.00
37	SAT DC PARUNG		10 Mei pk: 12.00	86	320-KP JKT CIPONDOH		10 Mei pk: 18.00
38	INDOGROSIR BOGOR	Bogor 1	10 Mei pk: 12.00	87	230-KP TASEK MALAYA	Tasikmalaya	10 Mei pk: 20.00
39	SAT DC PARUNG		10 Mei pk: 12.00				
40	INDOGROSIR BOGOR		10 Mei pk: 12.00				
41	GUDANG INDOMARET BOGOR 2		10 Mei pk: 12.00				
42	SAT DC BOGOR		10 Mei pk: 12.00				
43	INDOMARET - SENTUL		10 Mei pk: 12.00				
44	360-KP BOGOR	Bogor 2	10 Mei pk: 18.00				
45	360-KP BOGOR		10 Mei pk: 18.00				
46	INDOMARCO - PARUNG		10 Mei pk: 18.00				
47	360-KP BOGOR		10 Mei pk: 18.00				
48	SAT DC BOGOR	Bogor 3	10 Mei pk: 20.00				
49	SAT-CILEUNGSI 2 (BABAKAN)		10 Mei pk: 20.00				

- Langkah 3: Hitung total kebutuhan pengiriman barang untuk masing-masing kota. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Total Kebutuhan Pengiriman untuk Masing-masing Kota

No	Kota Tujuan	Total Kebutuhan Pengiriman (Pallet)
1	Bandung	96
2	Bekasi 1	54
3	Bekasi 2	466
4	Bogor 1	122
5	Bogor 2	68

Tabel 3. Total Kebutuhan Pengiriman untuk Masing-masing Kota (Lanjutan)

No	Kota Tujuan	Total Kebutuhan Pengiriman (<i>Pallet</i>)
6	Bogor 3	37
7	Cirebon	24
8	Jakarta 1	33
9	Jakarta 2	174
10	Jakarta 3	17
11	Jember	20
12	Malang	18
13	Pati	18
14	Purwakarta	17
15	Purwokerto	18
16	Semarang	36
17	Serang	16
18	Surabaya	143
19	Tangerang 1	74
20	Tangerang 2	36
21	Tasikmalaya	19

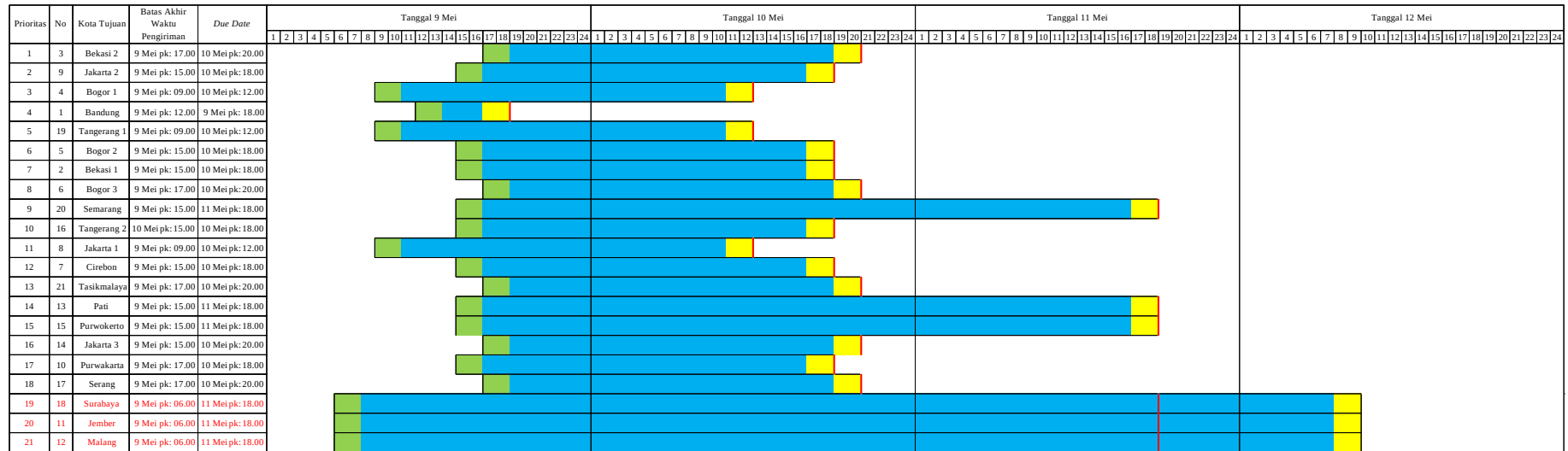
- Langkah 4: Urutkan kota berdasarkan total kebutuhan pengiriman barang terbanyak. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengurutan Berdasarkan Total Kebutuhan Pengiriman Terbanyak

Prioritas	No	Kota Tujuan	Total Kebutuhan Pengiriman (<i>Pallet</i>)
1	3	Bekasi 2	466
2	9	Jakarta 2	174
3	18	Surabaya	143
4	4	Bogor 1	122
5	1	Bandung	96
6	19	Tangerang 1	74
7	5	Bogor 2	68
8	2	Bekasi 1	54
9	6	Bogor 3	37
10	16	Semarang	36
11	20	Tangerang 2	36
12	8	Jakarta 1	33
13	7	Cirebon	24
14	11	Jember	20
15	21	Tasikmalaya	19
16	12	Malang	18
17	13	Pati	18
18	15	Purwokerto	18
19	10	Jakarta 3	17
20	14	Purwakarta	17
21	17	Serang	16

- Langkah 5: Identifikasi *shift* pengiriman untuk masing-masing kota dengan teknik *backward*. Untuk mempermudah pengidentifikasian *shift*, terlebih dahulu dibuat *Gantt Chart* yang ditunjukkan dalam Gambar 2, sedangkan hasil penentuan *shift* pengiriman ditunjukkan dalam Tabel 5.

ALGORITMA PENJADWALAN DISTRIBUSI BARANG (Kartika S., dkk.)



Gambar 2. Gantt Chart untuk Penentuan Shift Pengiriman ke Masing-masing Kota

Tabel 5. Penentuan *Shift* Pengiriman untuk Masing-Masing Kota

Prioritas	No	Kota Tujuan	<i>Due Date</i>	Durasi Waktu Kedatangan dan Loading Barang (Jam)	Durasi Waktu Perjalanan (Jam)	Durasi Waktu Unloading Barang (Jam)	Batas Akhir Waktu Pengiriman	<i>Shift</i> ke-
1	3	Bekasi 2	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 17.00	4
2	9	Jakarta 2	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 15.00	4
3	4	Bogor 1	10 Mei pk: 12.00	2	24	2	9 Mei pk: 09.00	1
4	1	Bandung	9 Mei pk: 18.00	2	3	2	9 Mei pk: 12.00	2
5	19	Tangerang 1	10 Mei pk: 12.00	2	24	2	9 Mei pk: 09.00	1
6	5	Bogor 2	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 15.00	4
7	2	Bekasi 1	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 15.00	4
8	6	Bogor 3	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 17.00	4
9	20	Semarang	11 Mei pk: 18.00	2	48	2	9 Mei pk: 15.00	4
10	16	Tangerang 2	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	10 Mei pk: 15.00	4
11	8	Jakarta 1	10 Mei pk: 12.00	2	24	2	9 Mei pk: 09.00	1
12	7	Cirebon	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 15.00	4
13	21	Tasikmalaya	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 17.00	4
14	13	Pati	11 Mei pk: 18.00	2	48	2	9 Mei pk: 15.00	4
15	15	Purwokerto	11 Mei pk: 18.00	2	48	2	9 Mei pk: 15.00	4
16	14	Jakarta 3	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 15.00	4
17	10	Purwakarta	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 17.00	4
18	17	Serang	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 17.00	4
19	18	Surabaya	11 Mei pk: 18.00	2	72	2	9 Mei pk: 06.00	1
20	11	Jember	11 Mei pk: 18.00	2	72	2	9 Mei pk: 06.00	1
21	12	Malang	11 Mei pk: 18.00	2	72	2	9 Mei pk: 06.00	1

- Langkah 6: Identifikasi kota ke-*i* yang memiliki total kebutuhan pengiriman barang terbanyak dengan *due date* tercepat pada *shift* ke-*k*.

Hasil pengurutan kota berdasarkan total kebutuhan pengiriman barang terbanyak dengan *due date* tercepat pada *shift* ke-*k* ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Urutan Kota dengan Total Kebutuhan Pengiriman Terbanyak dan *Due Date* Tercepat pada *Shift* ke-*k*

Prioritas	No	Kota Tujuan	Total Kebutuhan Pengiriman	Batas Waktu Penerimaan (<i>Due Date</i>)	<i>Shift</i> ke-
1	3	Bekasi 2	466	10 Mei pk: 20.00	4
2	9	Jakarta 2	174	10 Mei pk: 18.00	4
3	4	Bogor 1	122	10 Mei pk: 12.00	1
4	1	Bandung	96	9 Mei pk: 18.00	2
5	19	Tangerang 1	74	10 Mei pk: 12.00	1
6	5	Bogor 2	68	10 Mei pk: 18.00	4
7	2	Bekasi 1	54	10 Mei pk: 18.00	4
8	6	Bogor 3	37	10 Mei pk: 20.00	4
9	16	Semarang	36	11 Mei pk: 18.00	4
10	20	Tangerang 2	36	10 Mei pk: 18.00	4
11	8	Jakarta 1	33	10 Mei pk: 12.00	1
12	7	Cirebon	24	10 Mei pk: 18.00	4
13	21	Tasikmalaya	19	10 Mei pk: 20.00	4
14	13	Pati	18	11 Mei pk: 18.00	4
15	15	Purwokerto	18	11 Mei pk: 18.00	4
16	14	Purwakarta	17	10 Mei pk: 18.00	4
17	10	Jakarta 3	17	10 Mei pk: 20.00	4
18	17	Serang	16	10 Mei pk: 20.00	4
19	18	Surabaya	143	11 Mei pk: 18.00	1
20	11	Jember	20	11 Mei pk: 18.00	1
21	12	Malang	18	11 Mei pk: 18.00	1

ALGORITMA PENJADWALAN DISTRIBUSI BARANG (Kartika S., dkk.)

Dari Tabel 7 nampak bahwa kota yang memiliki total pengiriman barang terbanyak dengan *due date* tercepat adalah Bekasi 2.

- Langkah 7: Hitung total kebutuhan moda transportasi ke kota ke-*i*. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh total kebutuhan moda transportasi ke Bekasi 2 sebanyak 26 unit.
- Langkah 8: Urutkan transporter berdasarkan moda transportasi terbanyak. Hasil pengurutan disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Jumlah Moda Transportasi Berdasarkan Transporter

Nama Transporter	Jumlah Moda
PT MAJUMAKMUR SEMPURNA	30
PT ARK LOGISTIC & TRANSPORT	20
PT TOLL INDONESIA	10
BOROBUDUR INDAH, PA	5
CV. SENTOSA ABADI	5
PA. SARI BUMI RAYA LESTARI	5
PT KARGO LOGISTIK INDONESIA	4
CV. TIGA TELAGA BHUANA	3
CV. TRANS LOGISTIK	3
PT NAGA KENCANA JAYA	3
PA. K WT	3
USAHA DJAJA, PA	2
CV. CIPTA PRATAMA MANDIRI	2
SURYA, PA	1
WIBAWASARI, PA	1
CV. JAYA TRANS	1

- Langkah 9: Identifikasi transporter ke-*j* dengan moda transportasi terbanyak. Transporter yang memiliki moda transportasi terbanyak adalah PT MAJUMAKMUR SEMPURNA.
- Langkah 10: Periksa, apakah total kebutuhan moda transportasi lebih kecil atau sama dengan kapasitas *loading shift* ke-*k*?
Total kebutuhan moda transportasi untuk Kota Bekasi 2 adalah sebanyak 26 truk, sedangkan kapasitas *loading* untuk *shift* ke-4 sebanyak 15 truk. Jadi, total kebutuhan moda transportasi lebih besar dibandingkan dengan kapasitas *loading shift* keempat dan selanjutnya ke langkah 15.
- Langkah 15: Pilih *shift* sebelum *shift* ke-*k* yang kapasitasnya mencukupi kebutuhan moda transportasi (*shift* ke-*k**).
Shift yang kapasitasnya mencukupi kebutuhan moda untuk pengiriman barang ke Kota Bekasi 2 (*shift k**) adalah *shift* ke-1, dengan kapasitas sebanyak 35 truk.
- Langkah 16: Periksa, apakah jumlah moda transportasi yang tersedia dari transporter ke-*j* lebih kecil atau sama dengan kapasitas *shift* ke-*k**?
Jumlah moda tersedia dari transporter PT MAJUMAKMUR SEMPURNA sebanyak 30 truk, sedangkan kapasitas *shift* ke-1 sebanyak 35 truk. Jadi, jumlah moda tersedia dari transporter lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas *shift* ke-1 dan selanjutnya ke langkah 17.
- Langkah 17: Periksa, apakah jumlah moda transportasi yang tersedia dari transporter ke-*j* lebih kecil atau sama dengan total kebutuhan moda transportasi?
Jumlah moda tersedia dari transporter PT MAJUMAKMUR SEMPURNA sebanyak 30 truk, sedangkan kebutuhan moda ke Kota Bekasi 2 sebanyak 26 truk. Jadi, jumlah moda tersedia

dari transporter lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan moda dan selanjutnya ke langkah 24.

- Langkah 24: Tetapkan jumlah pengiriman sama dengan total kebutuhan moda transportasi. Jumlah pengiriman ke Kota Bekasi 2 sama dengan kebutuhan moda, yaitu 26 truk.
- Langkah 25: Jadwalkan pengiriman ke kota ke- i sesuai dengan kebutuhan moda transportasi pada *shift* ke- k dengan teknik *backward*. Hasilnya disajikan dalam Gambar 3.

[illegible]

Gambar 3. *Gantt Chart* Kota Bekasi 2

- Langkah 26: Hitung sisa jumlah moda transportasi yang tersedia dari transporter ke- j dan hitung sisa kapasitas *shift* ke- k^* .
Sisa jumlah moda yang tersedia dari transporter MAJUMAKMUR SEMPURNA adalah sebesar 4 truk dan sisa kapasitas *shift* ke-1 sebesar 9 truk.
- Langkah 27: Periksa, apakah seluruh pengiriman sudah terjadwalkan? Belum seluruh pengiriman terjadwalkan dan lanjut ke langkah 27b.

B.2 Iterasi 2

Berikut adalah iterasi ke 2 dalam penerapan algoritma usulan:

- Langkah 27b: Tetapkan $i = i+1$
Menetapkan kota selanjutnya yang akan dijadwalkan, yaitu kota Jakarta 2. Selanjutnya, kembali ke langkah 10.
- Langkah 10: Periksa, apakah total kebutuhan moda transportasi lebih kecil atau sama dengan kapasitas *loading shift* ke- k ?
Total kebutuhan moda transportasi untuk Kota Jakarta 2 adalah sebanyak 10 truk, sedangkan kapasitas *loading* untuk *shift* keempat sebanyak 15 truk. Jadi, total kebutuhan moda transportasi lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas *loading shift* ke-4 dan selanjutnya ke langkah 10a.
- Langkah 10a: Jika ya, tetapkan jumlah pengiriman barang sama dengan total kebutuhan moda transportasi. Lanjutkan ke langkah 11.
Jumlah pengiriman barang ke Kota Jakarta 2 adalah sebanyak 10 truk.
- Langkah 11: Periksa apakah moda transportasi yang tersedia dari transporter ke- j lebih kecil atau sama dengan total kebutuhan moda transportasi ke kota ke- i .
Moda transportasi yang tersedia dari PT MAJUMAKMUR SEMPURNA adalah sebanyak 4 truk, sedangkan total kebutuhan moda transportasi untuk Kota Bekasi 2 adalah sebanyak 10 truk. Jadi, moda transportasi yang tersedia lebih kecil dibandingkan dengan total kebutuhan moda transportasi dan selanjutnya ke langkah 11a.
- Langkah 11a: Jadwalkan seluruh moda transporter ke- j untuk pengiriman ke kota ke- i pada *shift* ke- k dengan teknik *backward*. Hasilnya disajikan dalam Gambar 4.

[illegible]

Gambar 4. *Gantt Chart* Kota Jakarta 2

ALGORITMA PENJADWALAN DISTRIBUSI BARANG (Kartika S., dkk.)

- Langkah 12: Hitung sisa jumlah pengiriman yang belum terjadwalkan pada *shift* ke- k dan hitung sisa kapasitas *shift* ke- k .
Sisa jumlah pengiriman yang belum terjadwalkan pada *shift* ke-4 sebanyak 6 truk dan sisa kapasitas *shift* ke- k adalah 11 truk. Lanjutkan ke langkah 20b.
- Langkah 20b: Tetapkan $j = j+1$
Menetapkan transporter selanjutnya yang akan digunakan, kembali ke langkah 9.
- Langkah 9: Identifikasi transporter ke- j dengan moda transportasi terbanyak.
Transporter yang memiliki moda transportasi terbanyak selanjutnya adalah PT ARK LOGISTIC & TRANSPORT.
- Langkah 13: Hitung sisa kapasitas *shift* ke- k . Sisa kapasitas pada *shift* ke-4 sebanyak 5 truk.
- Langkah 14: Periksa, apakah seluruh pengiriman sudah terjadwalkan? Seluruh pengiriman belum terjadwalkan dan lanjut ke langkah 14b.
- Langkah 14b: Jika tidak, lanjutkan ke langkah 23.
- Langkah 23: Tetapkan $i = i+1$
Menetapkan kota selanjutnya yang akan dijadwalkan, yaitu kota Bogor 1. Selanjutnya, kembali ke langkah 6.
Iterasi dilanjutkan hingga seluruh pengiriman sudah terjadwalkan.

Hasil penjadwalan pengiriman untuk semua kota disajikan dalam Tabel 8, sedangkan dalam bentuk *Gantt Chart* diperlihatkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. *Gantt Chart* Pengiriman Barang Tanggal 9 Mei 2018

Tabel 8. Usulan Penjadwalan Pengiriman Barang Tanggal 9 Mei 2018

Prioritas	No	Kota Tujuan	Due Date	Durasi Waktu Kedatangan dan Loading Barang	Durasi Waktu Perjalanan (Jam)	Durasi Waktu Unloading Barang (Jam)	Batas Akhir Waktu Pengiriman	Shift ke-
1	3	Bekasi 2 (21 Unit)	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 06.00	1
1	3	Bekasi 2 (3 unit)	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 11.00	2
1	3	Bekasi 2 (2 unit)	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 13.00	3
2	9	Jakarta 2	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 15.00	4
3	4	Bogor 1	10 Mei pk: 12.00	2	24	2	9 Mei pk: 06.00	1
4	1	Bandung	9 Mei pk: 18.00	2	3	2	9 Mei pk: 11.00	2
5	19	Tangerang 1	10 Mei pk: 12.00	2	24	2	9 Mei pk: 11.00	2
6	5	Bogor 2	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 15.00	4
7	2	Bekasi 1	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 13.00	3
8	6	Bogor 3	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 13.00	3
9	20	Semarang	11 Mei pk: 18.00	2	48	2	9 Mei pk: 13.00	3
10	16	Tangerang 2	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 13.00	3
11	8	Jakarta 1	10 Mei pk: 12.00	2	24	2	9 Mei pk: 06.00	1
12	7	Cirebon	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 13.00	3
13	21	Tasikmalaya	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 13.00	3
14	13	Pati	11 Mei pk: 18.00	2	48	2	9 Mei pk: 15.00	4
15	15	Purwokerto	11 Mei pk: 18.00	2	48	2	9 Mei pk: 13.00	3
16	14	Jakarta 3	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 13.00	3
17	10	Purwakarta	10 Mei pk: 18.00	2	24	2	9 Mei pk: 13.00	3
18	17	Serang	10 Mei pk: 20.00	2	24	2	9 Mei pk: 13.00	3
19	18	Surabaya	11 Mei pk: 18.00	2	72	2	9 Mei pk: 11.00	2
20	11	Jember	11 Mei pk: 18.00	2	72	2	9 Mei pk: 11.00	2
21	12	Malang	11 Mei pk: 18.00	2	72	2	9 Mei pk: 11.00	2

3.4 Perbandingan Kebutuhan Moda

Perbandingan kebutuhan moda transportasi antara algoritma Javia dan algoritma usulan disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Kebutuhan Moda

No	Kota Tujuan	Kebutuhan Moda (unit)		Selisih
		Algoritma Javia (2018)	Algoritma Usulan (2019)	
1	Bandung	6	6	0
2	Serang	1	1	0
3	Cirebon	2	2	0
4	Bogor 1	8	7	-1
5	Bogor 2	4	4	0
6	Bogor 3	3	3	0
7	Tangerang 1	5	5	0
8	Tangerang 2	2	2	0
9	Jakarta 1	2	2	0
10	Jakarta 2	12	10	-2
11	Jakarta 3	1	1	0
12	Bekasi 1	3	3	0
13	Bekasi 2	27	26	-1
14	Tasikmalaya	2	2	0
15	Purwakarta	1	1	0
16	Jember	2	2	0
17	Malang	1	1	0
18	Surabaya	10	8	-2
19	Pati	1	1	0
20	Semarang	2	2	0
21	Purwokerto	1	1	0
Total		96	90	-6

Tabel 9 memperlihatkan bahwa terjadi penurunan kebutuhan moda sebanyak 6 unit yang diperoleh dari pengiriman ke kota Bogor 1, Jakarta 2, Bekasi 2 dan Surabaya. Hal tersebut dikarenakan pada algoritma usulan, pengiriman ke kota yang sama dilakukan secara bersamaan (kolektif).

3.5 Perbandingan Jumlah Kota Yang Terlambat

Penentuan jumlah kota yang terlambat berdasarkan penerapan algoritma Javia ditunjukkan dalam Tabel 10, sedangkan untuk algoritma usulan disajikan dalam Tabel 11.

Tabel 10. Jumlah Kota yang Terlambat Berdasarkan Algoritma Javia (2019)

No	Kota Tujuan	Algoritma Javia (2019)		Kesimpulan
		<i>Due Date</i>	Waktu Kedatangan	
1	Bandung	9 Mei pk: 18.00	9 Mei pk: 17.00	Tidak Terlambat
2	Serang	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 18.00	Tidak Terlambat
3	Cirebon	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 18.00	Tidak Terlambat
4	Bogor 1	10 Mei pk: 12.00	10 Mei pk: 09.00	Tidak Terlambat
5	Bogor 2	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 18.00	Tidak Terlambat
6	Bogor 3	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 18.00	Tidak Terlambat
7	Tangerang 1	10 Mei pk: 12.00	10 Mei pk: 09.00	Tidak Terlambat
8	Tangerang 2	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 18.00	Tidak Terlambat
9	Jakarta 1	10 Mei pk: 12.00	10 Mei pk: 09.00	Tidak Terlambat
10	Jakarta 2	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
11	Jakarta 3	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 18.00	Tidak Terlambat
12	Bekasi 1	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
13	Bekasi 2 (20 unit)	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 09.00	Tidak Terlambat
13	Bekasi 2 (7 unit)	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 14.00	Tidak Terlambat
14	Tasikmalaya	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 18.00	Tidak Terlambat
15	Purwakarta	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 14.00	Tidak Terlambat
16	Jember	11 Mei pk: 18.00	12 Mei pk: 14.00	Terlambat
17	Malang	11 Mei pk: 18.00	12 Mei pk: 14.00	Terlambat
18	Surabaya (8 unit)	11 Mei pk: 18.00	12 Mei pk: 14.00	Terlambat
18	Surabaya (2 unit)	11 Mei pk: 18.00	12 Mei pk: 16.00	Terlambat
18	Pati	11 Mei pk: 18.00	11 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
20	Semarang	11 Mei pk: 18.00	11 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
21	Purwokerto	11 Mei pk: 18.00	11 Mei pk: 24.00	Terlambat
Total Pengiriman Barang yang Terlambat				5

Tabel 11. Jumlah Kota yang Terlambat Berdasarkan Algoritma Usulan (2019)

No	Kota Tujuan	Algoritma Usulan (2019)		Kesimpulan
		<i>Due Date</i>	Waktu Kedatangan	
1	Bekasi 2 (21 Unit)	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 09.00	Tidak Terlambat
1	Bekasi 2 (3 unit)	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 14.00	Tidak Terlambat
1	Bekasi 2 (2 unit)	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
2	Jakarta 2	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 18.00	Tidak Terlambat
3	Bogor 1	10 Mei pk: 12.00	10 Mei pk: 09.00	Tidak Terlambat
4	Bandung	9 Mei pk: 18.00	9 Mei pk: 17.00	Tidak Terlambat
5	Tangerang 1	10 Mei pk: 12.00	10 Mei pk: 09.00	Tidak Terlambat
6	Bogor 2	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 18.00	Tidak Terlambat
7	Bekasi 1	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
8	Bogor 3	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
9	Semarang	11 Mei pk: 18.00	11 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
10	Tangerang 2	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
11	Jakarta 1	10 Mei pk: 12.00	10 Mei pk: 09.00	Tidak Terlambat
12	Cirebon	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
13	Tasikmalaya	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
14	Pati	11 Mei pk: 18.00	11 Mei pk: 18.00	Tidak Terlambat
15	Purwokerto	11 Mei pk: 18.00	11 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
16	Jakarta 3	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
17	Purwakarta	10 Mei pk: 18.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
18	Serang	10 Mei pk: 20.00	10 Mei pk: 16.00	Tidak Terlambat
19	Surabaya	11 Mei pk: 18.00	12 Mei pk: 14.00	Terlambat
20	Jember	11 Mei pk: 18.00	12 Mei pk: 14.00	Terlambat
21	Malang	11 Mei pk: 18.00	12 Mei pk: 14.00	Terlambat
Total Pengiriman Barang yang Terlambat				3

Berdasarkan perbandingan Tabel 10 dan Tabel 11 terlihat bahwa terjadi penurunan jumlah kota yang mengalami keterlambatan pengiriman barang, yaitu sebanyak 2 kota.

3.6 Perbandingan Jumlah Moda dan Jumlah Muatan Yang Terlambat

Perbandingan jumlah moda dan jumlah muatan yang mengalami keterlambatan sampai di kota tujuan antara algoritma Javia dan algoritma usulan diperlihatkan dalam Tabel 12.

Tabel 12. Perbandingan Jumlah Moda dan Jumlah Muatan yang Terlambat

No	Kota Tujuan	Jumlah Moda yang Terlambat (unit)		Jumlah Muatan yang Terlambat (<i>pallet</i>)	
		Algoritma Javia (2019)	Algoritma Usulan (2019)	Algoritma Javia (2019)	Algoritma Usulan (2019)
1	Jember	2	2	20	20
2	Malang	1	1	18	18
3	Surabaya	10	8	143	143
4	Purwokerto	1	-	18	-
Total		14	11	199	181

Dari Tabel 12 terlihat bahwa perbedaan jumlah moda yang terlambat antara algoritma Javia dan algoritma usulan adalah sebesar 3 moda transportasi, dimana perbedaan tersebut diperoleh dari 2 moda ke Surabaya dan 1 moda ke Purwokerto. Dari sisi jumlah muatan yang terlambat terdapat perbedaan sebesar 18 *pallet* untuk tujuan Purwokerto, dimana pada algoritma usulan pengiriman ke kota tersebut tidak mengalami keterlambatan.

3.7 Perbandingan Durasi Keterlambatan

Perbandingan durasi keterlambatan antara penerapan algoritma Javia dan algoritma Usulan ditunjukkan dalam Tabel 13.

Tabel 13. Perbandingan Durasi Keterlambatan

No	Kota Tujuan	Durasi Keterlambatan (jam)	
		Algoritma Javia (2019)	Algoritma Usulan (2019)
1	Jember	20	20
2	Malang	20	20
3	Surabaya (8 unit)	20	20
3	Surabaya (2 unit)	22	-
4	Purwokerto	6	-

Dari Tabel 13 terlihat bahwa durasi keterlambatan untuk Jember, Malang dan 8 unit moda ke Surabaya untuk kedua algoritma usulan adalah sama, yaitu 20 jam. Kedatangan moda ke Surabaya (sebanyak 2 unit) dan ke Purwokerto untuk algoritma Javia mengalami keterlambatan masing-masing 22 jam dan 6 jam, sedangkan pada algoritma usulan tidak mengalami keterlambatan.

3.8 Perbandingan Biaya *Penalty*

Perbandingan biaya *penalty* antara algoritma Javia dan algoritma usulan diperlihatkan dalam Tabel 14.

Tabel 14. Perbandingan Biaya *Penalty*

No	Kota Tujuan	Jumlah Muatan yang Terlambat (<i>pallet</i>)		Durasi Keterlambatan (jam)		Besar Biaya <i>Penalti</i> (Rupiah)		Selisih Biaya <i>Penalti</i> (Rupiah)
		Algoritma Javia (2019)	Algoritma Usulan (2019)	Algoritma Javia (2019)	Algoritma Usulan (2019)	Algoritma Javia (2019)	Algoritma Usulan (2019)	
1	Jember	20	20	20	20	Rp 19,200,000	Rp 19,200,000	Rp -
2	Malang	18	18	20	20	Rp 17,280,000	Rp 17,280,000	Rp -
3	Surabaya (8 unit)	123	143	20	20	Rp 118,080,000	Rp 137,280,000	Rp 19,200,000
3	Surabaya (2 unit)	20	-	22	-	Rp 21,120,000	Rp -	-Rp 21,120,000
4	Purwokerto	18	-	6	-	Rp 5,184,000	Rp -	-Rp 5,184,000
Total Biaya <i>Penalti</i>						Rp 180,864,000	Rp 173,760,000	-Rp 7,104,000

Dari Tabel 14 terlihat bahwa biaya *penalty* yang timbul dari penerapan algoritma usulan lebih kecil dibandingkan dengan hasil algoritma Javia, dengan selisih sebesar Rp 7,104,000,- atau 3.928%.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian Javia dkk. (Javia dkk., 2019) telah dikembangkan algoritma yang dapat mengurangi jumlah keterlambatan yang cukup signifikan, dimana untuk 5 hari pengiriman yang diteliti masih terjadi keterlambatan sebesar 25.42%. Namun perlu dirancang suatu algoritma lain yang dapat mengurangi lagi keterlambatan yang terjadi serta perlu dipertimbangkan pula besar *penalty* yang harus ditanggung perusahaan jika terjadi keterlambatan tibanya barang di tangan konsumen.

Algoritma penjadwalan yang diusulkan memiliki kelebihan yaitu kebutuhan moda transportasi dengan menggunakan algoritma usulan berkurang sebanyak 6 unit yang diperoleh dari pengiriman ke kota Bogor 1, Jakarta 2, Bekasi 2 dan Surabaya. Hal tersebut dikarenakan pada algoritma usulan, pengiriman ke kota yang sama dilakukan secara bersamaan (kolektif). Selain itu, jumlah kota yang mengalami keterlambatan pengiriman barang berkurang sebanyak 2 kota. Perbedaan jumlah moda yang terlambat antara algoritma Javia dan algoritma usulan adalah sebesar 3 moda transportasi, dimana perbedaan tersebut diperoleh dari 2 moda ke Surabaya dan 1 moda ke Purwokerto. Dari sisi jumlah muatan yang terlambat terdapat perbedaan sebesar 18 pallet untuk tujuan Purwokerto, dimana pada algoritma usulan pengiriman ke kota tersebut tidak mengalami keterlambatan. Durasi keterlambatan untuk Jember, Malang dan 8 unit moda ke Surabaya untuk kedua algoritma usulan adalah sama, yaitu 20 jam. Kedatangan moda ke Surabaya (sebanyak 2 unit) dan ke Purwokerto untuk algoritma Javia mengalami keterlambatan masing-masing 22 jam dan 6 jam, sedangkan pada algoritma usulan tidak mengalami keterlambatan. Biaya *penalty* yang timbul dari penerapan algoritma usulan lebih kecil dibandingkan dengan hasil algoritma Javia, dengan selisih sebesar Rp 7,104,000,- atau 3.928%.

Daftar Pustaka

- Baker, K. R. dan Trietsch, D. (2009), *Principles of Sequencing and Scheduling*, Edisi Pertama, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA.
- Crainic, T. G. dan Laporte, G. (1997), *Planning Models for Freight Transportation*, European Journal of Operational Research, 97(3), 409–438.
- Dori, G., Borrmann, A., Szczesny, K., Hamm, M., dan Konig, M. (2012), *Combining Forward and Backward Process Simulation for Generating and Analyzing Construction Schedules*, Proceedings of the 14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE2012), Moscow, Russia.
- Heizer, J. dan Render, B. (2011), *Operations Management*, Edisi Kesepuluh, Pearson Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Jain, S. dan Chan, S. (1997), *Experiences with Backward Simulation based Approach for Lot Release Planning*, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, Atlanta, USA, 773-780.
- Javia, J. G., Suhada, K., dan Liputra, D. T. (2019), *Usulan Algoritma Penjadwalan Pengiriman Produk di PT Ultra Jaya Milk Industry & Trading Company, Tbk*, Journal of Integrated System, 2 (1), 1-20.
- Kawtummachai, R., Yanagawa Y., Ohashi, K., dan Miyazaki, S. (1997), *Scheduling in an Automated Flow Shop to Minimize Sost: Backward-Meta Scheduling Method*, International Journal of Production Economics, 49, 225-235.
- Khisty, C. J. dan Lall, B. K. (2003), *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*, Jilid 1, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta, Indonesia.
- Kim, T. dan Choi, B. K. (2014), *Production System-based Simulation for Backward On-Line Job Change Scheduling*, Simulation Modelling Practice and Theory, 40, 12-27.

Kim, Y. D. (1995), *A Backward Approach in List Scheduling Algorithms for Multi-Machine Tardiness Problems*, Computers & Operations Research, 22 (3), 307-319.

Kotler, P. dan Keller, K.I. (2010), *Marketing Management*, 12th Edition, Dorling Kindersley Pvt. Ltd., New Delhi.

Liputra, D. T., Suhada, K., dan Novarie, N. P. (2017), *Penerapan Metode Backward Scheduling untuk Produk Roti*, Prosiding Seminar Nasional ISLI 2017, 136-140, Gowa, Makassar.

Miro, F. (2002), *Perencanaan Transportasi untuk Mahasiswa, Perencana, dan Praktisi*, Erlangga, Jakarta, Indonesia.

Scholl, W., Laroque, C., dan Weigert, G. (2014), *Evaluations on Scheduling in Semiconductor Manufacturing by Backward Simulation*, Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference, Savannah, USA, 2552-2560.

Steenbrink, P. A. (1974), *Optimization of Transport Network*, Wiley & Sons, New York, USA.