

**SKRIPSI**  
**PENERAPAN ALGORITMA SWEEP DAN MIXED INTEGER LINEAR**  
**PROGRAMMING (MILP) UNTUK MENGOPTIMALKAN JADWAL**  
**PERAWATAN MESIN SMART WATER STATION (SWS)**  
**MENGGUNAKAN MODEL MULTI-TRIP VEHICLE ROUTING PROBLEM**  
**(MTVRP)**  
**(Studi Kasus PT XYZ, Kabupaten Bantul)**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun oleh:

Oktav Berla Perdana

19106060010

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**  
**YOGYAKARTA**

**2023**

# LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-660/Un.02/DST/PP.00.9/03/2023

Tugas Akhir dengan judul : Penerapan Algoritma Sweep dan Mixed Integer Linear Programming (MILP) untuk Mengoptimalkan Jadwal Perawatan Mesin Smart Water Station (SWS) Menggunakan Model Multi-Trip Vehicle Routing Problem (MTVRP) (Studi Kasus PT XYZ, Kabupaten Bantul)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : OKTAV BERLA PERDANA  
Nomor Induk Mahasiswa : 19106060010  
Telah diujikan pada : Senin, 27 Februari 2023  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Ir. Dwi Agustina Kurniawati, S.T., M.Eng., Ph.D, IPM, ASEAN  
Eng  
SIGNED

Valid ID: 640a95a526b8f



Penguji I

Ir. Khusna Dwijayanti, ST., M.Eng., Ph.D,  
ASEAN Eng.  
SIGNED

Valid ID: 6405eaf66876d



Penguji II

Dr. Eng. Ir. Cahyono Sigit Pramudyo, S.T.,  
M.T, IPM, ASEAN Eng.  
SIGNED

Valid ID: 6406dd3104bf1



Yogyakarta, 27 Februari 2023  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 640aed8197824

# SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga

di tempat

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Oktav Berla Perdana

NIM : 19106060010

Judul Skripsi : Penerapan Algoritma *Sweep* dan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) untuk Mengoptimalkan Jadwal Perawatan Mesin *Smart Water Station* (SWS) Menggunakan Model *Multi-Trip Vehicle Routing Problem* (MTVRP) (Studi Kasus PT XYZ, Kabupaten Bantul)

sudah dapat diajukan kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Teknik Industri.

Dengan ini kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 20 Februari 2023

Dosen Pembimbing Skripsi,



Ir. Dwi Agustina Kurniawati, S.T.,

M.Eng., Ph.D, IPM, ASEAN Eng

NIP. 19790806 200604 2 001

# SURAT KEASLIAN SKRIPSI

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Oktav Berla Perdana

NIM : 19106060010

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa skripsi saya yang berjudul: "Penerapan Algoritma *Sweep* dan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) Untuk Mengoptimalkan Jadwal Perawatan Mesin *Smart Water Station* (SWS) Menggunakan Model *Multi-Trip Vehicle Routing Problem* (MTVRP) (Studi Kasus PT XYZ, Kabupaten Bantul)" adalah hasil karya pribadi yang tidak mengandung plagiarisme dan berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penulis ambil sebagian dengan tata cara yang dibenarkan secara ilmiah.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 20 Februari 2023

Yang menyatakan,



**Oktav Berla Perdana**  
NIM. 19106060010

## MOTTO

“Jangan menunggu hebat untuk berani memulai, tapi mulailah sampai menjadi hebat. Lawan rasa takutmu, karna bukan kesulitan yang membuatmu takut, melainkan ketakutanlah yang membuatmu sulit.”

(Oktav Berla Perdana)

“Maka sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmu lah kamu berharap.”

(QS. Al-Insyirah: 5-8)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Alhamdulillahirobbil'aalamiin*, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul Penerapan Algoritma *Sweep* dan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) untuk Mengoptimalkan Jadwal Perawatan Mesin *Smart Water Station* (SWS) menggunakan Model *Multi-Trip Vehicle Routing Problem* (MTVRP) (Studi Kasus PT XYZ, Kabupaten Bantul).

Skripsi ini disusun agar dapat menambah wawasan dan pemahaman pembaca untuk mengetahui berbagai analisa permasalahan yang sering dihadapi pada perusahaan dalam mengoptimalkan jadwal operator untuk melakukan perawatan mesin SWS.

Selama penyusunan ini, penulis mengalami banyak kesulitan dan kendala. Namun, dengan adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan maksimal. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan baik moral maupun materi, serta do'a yang tidak ada batasnya.
2. Ibu Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga beserta seluruh jajarannya yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan permasalahan dan keperluan di kampus.

3. Bapak Dr. Eng. Ir. Cahyono Sigit Pramudyo, S.T., M.T, IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Ir. Dwi Agustina Kurniawati, S.T.,M.Eng.,Ph.D, IPM, ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik (DPA) dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, nasihat, serta motivasinya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu dan memberi ilmu, bimbingan, serta pelayanan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh pimpinan, karyawan, dan pemangku jabatan lainnya di PT XYZ yang telah membantu penulis selama penelitian di PT XYZ.
7. *My partner in good*, Herlian Awaliya Setiadi yang selalu memberikan dorongan semangat dan pembelajaran kepada penulis.
8. Serta pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Semoga segala kebaikan dan pertolongan dari berbagai pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini dapat dibalas dengan 1000 kebaikan oleh Allah SWT, *aamiin*.

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbil'aalamiin*, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul Penerapan Algoritma *Sweep* dan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) untuk Mengoptimalkan Jadwal Perawatan Mesin *Smart Water Station* (SWS) Menggunakan Model *Multi-Trip Vehicle Routing Problem* (MTVRP) (Studi Kasus PT XYZ, Kabupaten Bantul).

Skripsi ini disusun agar dapat menambah wawasan dan pemahaman pembaca untuk mengetahui berbagai analisa permasalahan yang sering dihadapi pada perusahaan dalam mengoptimalkan jadwal operator untuk melakukan perawatan mesin SWS. Skripsi ini juga diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Selama penyusunan ini, penulis mengalami banyak kesulitan dan kendala, namun dengan adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan maksimal. Semoga segala kebaikan dari berbagai pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini dapat dibalas oleh Allah SWT, *aamiin*. Untuk perbaikan selanjutnya, baik penulis maupun pembaca, dengan kerendahan hati mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak.

Yogyakarta, 20 Februari 2023

Penulis,

Oktav Berla Perdana  
NIM. 19106060010



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN .....	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI .....	ii
SURAT KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
MOTTO .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Batasan Penelitian .....	6
1.6. Asumsi Penelitian.....	7
1.7. Sistematika Penulisan.....	7
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1. Penelitian Terdahulu.....	9

2.2.	Landasan Teori .....	16
2.2.1.	<i>Vehicle Routing Problem</i> .....	16
2.2.2.	<i>Multi-Trip Vehicle Routing Problem</i> .....	18
2.2.3.	<i>Algoritma Sweep</i> .....	25
2.2.4.	<i>Linear Programming</i> .....	26
2.2.5.	<i>Mixed Integer Linear Programming</i> .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....		29
3.1.	Objek Penelitian .....	29
3.2.	Metode Pengumpulan Data .....	29
3.3.	Pengumpulan Data .....	31
3.4.	Validitas Penelitian.....	34
3.5.	Variabel Penelitian .....	35
3.6.	Model Analisis .....	35
3.7.	Diagram Alir Penelitian.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		39
4.1.	Gambaran Umum Perusahaan.....	39
4.2.	Hasil Analisis .....	40
4.2.1.	Pengelompokan Pelanggan dengan <i>Algoritma Sweep</i> .....	41
4.2.2.	Formulasi Model MTRVP .....	45
4.2.3.	Penentuan Rute Menggunakan CPLEX Studio IDE 22.1.0.....	49
4.2.4.	Jadwal Usulan .....	64
4.3.	Pembahasan .....	67
4.4.	Implikasi Manajerial.....	71

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	72
5.1. Kesimpulan.....	72
5.2. Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi VRP .....	16
Gambar 2.2 Ilustrasi MTRP .....	19
Gambar 2.3 Metode Penyelesaian VRP .....	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	37
Gambar 4.1 Koordinat Lokasi Depot dan Pelanggan.....	41
Gambar 4.2 Sudut Polar Depot dan Pelanggan.....	42
Gambar 4.3 Rute 1 Klaster 1 .....	55
Gambar 4.4 Rute 2 Klaster 1 .....	56
Gambar 4.5 Rute 3 Klaster 1 .....	57
Gambar 4.6 Rute 1 Klaster 2 .....	62
Gambar 4.7 Rute 2 Klaster 2 .....	62
Gambar 4.8 Rute 3 Klaster 2 .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	13
Tabel 3.1 Data Lokasi Depot dan Pelanggan .....	31
Tabel 3.2 Data Jumlah Mesin SWS di Setiap Pelanggan.....	32
Tabel 3.3 Data Waktu Perawatan Ringan Mesin SWS .....	33
Tabel 4.1 Koordinat Lokasi Depot dan Pelanggan .....	41
Tabel 4.2 Sudut Polar Pelanggan .....	43
Tabel 4.3 Hasil Pengelompokkan Pelanggan.....	44
Tabel 4.4 Jadwal Usulan Operator 1 .....	64
Tabel 4.5 Jadwal Usulan Operator 2 .....	66
Tabel 4.6 Perbandingan Jadwal Perusahaan dan Jadwal Usulan .....	70



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Jarak Antar Lokasi .....	L-1
Lampiran 2. Data Waktu Antar Lokasi .....	L-5
Lampiran 3. Data Jadwal Perusahaan .....	L-9
Lampiran 4. Data Klaster 1 .....	L-15
Lampiran 5. Data Klaster 2 .....	L-16
Lampiran 6. Hasil Wawancara .....	L-17





## ABSTRAK

Penerapan Algoritma *Sweep* dan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) Untuk Mengoptimalkan Jadwal Perawatan Mesin *Smart Water Station* (SWS) Menggunakan Model *Multi-Trip Vehicle Routing Problem* (MTVRP) (Studi Kasus PT XYZ, Kabupaten Bantul)

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang menyediakan mesin SWS untuk instansi pendidikan dan kesehatan di Daerah Istimewa Yogyakarta. Dalam menjalankan bisnisnya, perusahaan ini memiliki dua operator yang bertugas untuk melakukan perawatan mesin SWS pada setiap pelanggan. Jadwal dan rute operator yang dibuat perusahaan untuk melakukan perawatan ringan mesin SWS hanya berdasarkan perkiraan jarak terdekat antar pelanggan melalui Google Maps. Penentuan jadwal dengan cara tersebut belum menjamin bahwa jadwal yang dilaksanakan operator optimal. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan metode algoritma *sweep* dan MILP dengan model MTVRP untuk menghasilkan jadwal dan rute operator yang optimal. Model MTVRP digunakan karena satu operator dapat menjalankan lebih dari satu rute selama berada dalam batasan waktu kerja operator. Kemudian, metode algoritma *sweep* digunakan untuk mengelompokkan pelanggan berdasarkan jarak terdekat dan MILP untuk menentukan rute operator pada masing-masing kelompok pelanggan. Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk menentukan model MTVRP yang sesuai dengan pengoptimalan jadwal perawatan ringan mesin SWS, menentukan jadwal dan rute yang optimal untuk melakukan perawatan ringan mesin SWS berdasarkan penerapan algoritma *sweep* dan MILP, serta menentukan penghematan total waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan ringan mesin SWS dari jadwal yang diusulkan jika dibandingkan dengan jadwal perusahaan saat ini. Berdasarkan hasil pengelompokkan menggunakan algoritma *sweep*, pelanggan terbagi menjadi 2 klaster dan berdasarkan MILP dihasilkan rute dengan total waktu yang dibutuhkan operator 1 dan 2 untuk melakukan perawatan ringan berturut-turut selama 1035,6 menit dan 1173,8 menit. Secara keseluruhan, jadwal usulan yang dibuat mampu menurunkan total waktu tempuh sebesar 28,64% dan total waktu yang dibutuhkan untuk perawatan ringan sebesar 3,67%.

Kata kunci: Perawatan ringan, SWS, MTVRP, Algoritma *sweep*, MILP.

## ABSTRACT

*Application of Sweep Algorithms and Mixed Integer Linear Programming (MILP) to Optimize Smart Water Station (SWS) Machine Maintenance Schedules Using the Multi-Trip Vehicle Routing Problem (MTVRP) Model (Case Study of PT XYZ, Bantul Regency)*

*PT XYZ is one of the companies that provides SWS machines for educational and health institutions in the Special Region of Yogyakarta. In carrying out its business, this company has two operators whose job is to carry out SWS machine maintenance for each customer. Operator schedules and routes made by the company to carry out light maintenance on SWS machines are only based on the estimated shortest distance between customers via Google Maps. Determining the schedule in this way does not guarantee that the schedule implemented by the operator is optimal. Therefore, in this study the sweep and MILP algorithm methods were used with the MTVRP model to produce optimal operator schedules and routes. The MTVRP model is used because one operator can run more than one route as long as it is within the operator's working time constraints. Then, the sweep algorithm method is used to group customers based on the shortest distance and MILP to determine operator routes for each customer group. The purpose of this study, namely to determine the appropriate MTVRP model for optimizing the SWS engine light maintenance schedule, determine the optimal schedule and route to carry out SWS engine light maintenance based on the application of sweep and MILP algorithms, and determine the total time savings needed to carry out light maintenance. SWS machines from the proposed schedule when compared to the company's current schedule. Based on the grouping results using the sweep algorithm, customers are divided into 2 clusters and based on the MILP, routes are generated with the total time required for operators 1 and 2 to carry out light maintenance, respectively for 1035.6 minutes and 1173.8 minutes. Overall, the proposed schedule can reduce the total travel time by 28.64% and the total time needed for light maintenance by 3.67%.*

*Keywords: Light maintenance, SWS, MTVRP, Sweep Algorithm, MILP.*

SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Jumlah penduduk di Indonesia yang semakin bertambah dan berkembangnya kegiatan industri menyebabkan kebutuhan terhadap air di Indonesia semakin meningkat (Chandra, 2007). Berdasarkan data Dirjen Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2022 menunjukkan bahwa di Indonesia jumlah total kebutuhan airnya mencapai 2,78 triliun m<sup>3</sup>/tahun. Air bersih khususnya air minum menjadi kebutuhan air yang utama pada kehidupan manusia (Alamsyah, 2006).

Air minum merupakan air yang didapatkan dari proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang telah memenuhi syarat kesehatan untuk dapat langsung dikonsumsi oleh masyarakat (Apriliana *et al.*, 2014). Air kemasan, air minum yang didistribusikan melalui tangki air dan pipa untuk kebutuhan rumah tangga merupakan sumber air minum yang dapat kita peroleh (Wiyono *et al.*, 2017). Proses pengolahan sumber air minum menjadi air yang layak dikonsumsi dapat dilakukan dengan beragam cara, salah satunya menggunakan mesin *Smart Water Station* (SWS).

SWS merupakan mesin pintar pengelola air tanah menjadi air mineral layak konsumsi melalui proses penyaringan. Proses penyaringan pada SWS disebut juga *Reverse Osmosis* (RO) (Pasaribu *et al.*, 2019). RO merupakan sistem penyaringan air menggunakan daya saring tinggi sehingga dapat menghasilkan air yang aman untuk dikonsumsi (Alamsyah, 2006).

PT XYZ menjadi salah satu perusahaan yang menyediakan mesin SWS untuk instansi pendidikan dan kesehatan di Daerah Istimewa Yogyakarta. PT XYZ merupakan perusahaan jasa yang bergerak dalam bidang edukasi dan teknologi untuk lingkungan. Mesin SWS yang dikembangkan oleh PT XYZ dapat menghasilkan air biasa, air dingin, dan air panas yang bisa langsung dikonsumsi. PT XYZ menyewakan mesin SWS kepada pelanggan dalam jangka waktu tertentu dan operator dari perusahaan akan melakukan perawatan mesin secara berkala pada mesin SWS tersebut.

Proses perawatan yang dilakukan terbagi menjadi tiga jenis, yaitu perawatan ringan, perawatan sedang, dan perawatan tambahan. Perawatan ringan dilakukan setiap satu minggu sekali pada setiap mesin untuk membersihkan *filter* PP, mengecek *water flow*, menangani *troubleshoot*, dan mengganti *sparepart* jika dibutuhkan. Perawatan sedang dilakukan setiap tiga sampai enam bulan sekali pada setiap mesin untuk membersihkan *filter* GAC, *filter* CTO, RO *membrane*, dan mengganti *sparepart* jika dibutuhkan. Perawatan tambahan dilakukan sesuai instruksi apabila dibutuhkan.

Saat ini perusahaan memiliki dua operator yang bertugas untuk melakukan perawatan mesin SWS pada setiap pelanggan. Masing-masing operator sudah memiliki jadwal dan rute sendiri yang dibuat perusahaan untuk melakukan perawatan, khususnya perawatan ringan karena dilakukan secara rutin pada setiap minggunya. Namun, jadwal tersebut belum optimal dikarenakan masih sering terjadi kelonggaran waktu dari operator dalam melakukan perawatan ringan. Hal tersebut dikarenakan dalam membuat jadwal perawatan, perusahaan hanya melakukan penentuan lokasi pelanggan berdasarkan perkiraan jarak terdekat

melalui Google Maps. Penentuan jadwal dengan cara tersebut belum mampu membuktikan bahwa jadwal yang dilaksanakan operator saat ini merupakan jadwal yang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menentukan jadwal perawatan ringan mesin SWS menggunakan metode optimasi yang tepat agar jadwal yang dibuat dapat optimal.

Penelitian ini difokuskan pada perawatan ringan, karena perawatan ringan menjadi kegiatan rutin dan utama dalam menjalankan kegiatan operasional perusahaan. Dengan demikian, jika jadwal perawatan ringan yang dibuat dapat optimal, maka kegiatan operasional di perusahaan juga menjadi optimal karena operator bekerja dengan efektif dan efisien.

Permasalahan terkait jadwal perawatan yang belum optimal dapat dikategorikan sebagai masalah penentuan rute atau *Vehicle Routing Problem* (VRP). Hal tersebut dikarenakan dalam melakukan perawatan mesin SWS di setiap pelanggan, operator memerlukan rute yang optimal untuk menjangkau seluruh pelanggan agar perawatan yang dilakukan dapat berjalan efektif dan efisien. *Multi-Trip Vehicle Routing Problem* (MTVRP) merupakan model yang dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah terkait penentuan rute yang memungkinkan kendaraan untuk melakukan perjalanan kembali setelah kembali ke depot (Cattaruzza *et al.*, 2016). Pada penelitian ini menggunakan model MTVRP karena satu operator dapat menjalankan lebih dari satu rute selama berada dalam batasan waktu kerja operator.

Penyelesaian permasalahan MTVRP dapat dilakukan menggunakan pendekatan secara metaheuristik maupun heuristik, atau metode eksak maupun *approximate*. Ciri dari metode eksak yaitu dapat menghasilkan penyelesaian yang



optimal berdasarkan analisis dari model matematika persoalan. Sedangkan metode heuristik dapat menyelesaikan persoalan dengan hasil mendekati optimal dan waktu komputasi yang cepat (Gouveia, 1995).

Algoritma *Sweep* merupakan metode heuristik yang bertujuan untuk mengurangi kompleksitas permasalahan dengan pengelompokan pelanggan. Sedangkan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) merupakan model optimasi untuk penyelesaian berbagai masalah yang memiliki kelebihan pada variabel keputusannya tidak hanya berupa *integer*, tetapi juga dapat berupa *boolean* dan pecahan yang dapat dimasukkan ke dalam satu model. Akan tetapi, model MILP ini memiliki kelemahan berupa waktu kalkulasi yang cukup lama dalam menyelesaikan suatu permasalahan (Kamal *et al.*, 2012).

Penelitian ini menggunakan metode algoritma *sweep* dan MILP untuk menyelesaikan permasalahan MTRVP pada perusahaan. Algoritma *sweep* bertujuan mengelompokkan pelanggan agar permasalahan menjadi lebih sederhana, sehingga waktu komputasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan dapat lebih singkat. Kemudian model matematis MILP diformulasikan untuk menyelesaikan kasus pada setiap kelompok yang dibentuk dari penggunaan algoritma *sweep*. Penyelesaian model MILP dilakukan dengan *software* optimasi CPLEX Studio IDE 22.1.0 untuk menghasilkan jadwal perawatan ringan mesin SWS yang mampu meminimalkan total waktu yang dibutuhkan operator.

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat membantu perusahaan dalam menentukan jadwal perawatan ringan mesin SWS yang optimal dan dapat melakukan penghematan total waktu yang dibutuhkan operator.



## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang didapatkan dari latar belakang permasalahan, yaitu sebagai berikut.

1. Seperti apakah model MTRVP yang sesuai dengan pengoptimalan jadwal perawatan ringan mesin SWS?
2. Seperti apakah jadwal dan rute yang optimal untuk melakukan perawatan ringan mesin SWS berdasarkan penerapan algoritma *sweep* dan MILP?
3. Berapa penghematan total waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan ringan mesin SWS dari jadwal yang diusulkan berdasarkan penerapan algoritma *sweep* dan MILP?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Menentukan model MTRVP yang sesuai dengan pengoptimalan jadwal perawatan ringan mesin SWS.
2. Menentukan jadwal dan rute yang optimal untuk melakukan perawatan ringan mesin SWS berdasarkan penerapan algoritma *sweep* dan MILP.
3. Menentukan penghematan total waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan ringan mesin SWS dari jadwal yang diusulkan jika dibandingkan dengan jadwal perusahaan saat ini.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Model MTVRP yang digunakan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dan penelitian lain terkait MTVRP.
2. Memberikan jadwal perawatan ringan mesin SWS yang optimal berdasarkan penerapan algoritma *sweep* dan MILP, sehingga dapat menjadi masukan untuk peningkatan kegiatan operasional perusahaan.
3. Jadwal perawatan ringan mesin SWS yang diusulkan dapat digunakan oleh perusahaan untuk melakukan penghematan total waktu yang dibutuhkan operator.

#### **1.5. Batasan Penelitian**

Batasan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Perawatan mesin SWS yang dimaksud pada penelitian ini adalah perawatan ringan.
2. Data yang digunakan untuk mengevaluasi model yaitu data jadwal perawatan ringan mesin SWS setiap minggunya pada bulan November 2022.
3. Jarak dan waktu perpindahan untuk setiap mesin SWS dalam satu lokasi yang sama tidak diperhitungkan.

## 1.6. Asumsi Penelitian

Asumsi dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Perjalanan dari depot ke lokasi tujuan dan antar lokasi tujuan dianggap lancar (tidak macet).
2. Jarak dan waktu tempuh dari depot atau pelanggan  $i$  ke depot atau pelanggan  $j$  sama dengan jarak dan waktu tempuh dari depot atau pelanggan  $j$  ke depot atau pelanggan  $i$ .
3. Perawatan ringan yang dilakukan hanya membersihkan *filter* PP dan mengecek *water flow*, serta dianggap tidak terdapat *troubleshoot* atau pergantian *sparepart*.
4. Waktu pengerjaan perawatan ringan satu mesin SWS bersifat deterministik menyesuaikan waktu yang ditentukan perusahaan yaitu selama 20 menit.
5. Kecepatan kendaraan bersifat konstan yaitu 40 km/jam.
6. Koordinat masing-masing pelanggan dianggap akurat.

## 1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini terbagi menjadi lima bab. Bab satu berisi pendahuluan yang menguraikan latar belakang permasalahan yang terjadi di PT XYZ, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, asumsi penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab dua berisi tinjauan pustaka yang menguraikan mengenai penelitian-penelitian terdahulu yang dijadikan referensi pada penelitian ini, dan landasan teori yang digunakan sebagai referensi untuk mendukung metode yang digunakan

dalam menyelesaikan masalah yang ada pada penelitian ini, yaitu VRP, MTPRP, Algoritma *Sweep*, LP, dan MILP.

Kemudian bab tiga berisi mengenai metode penelitian yang terdiri dari objek penelitian, metode pengumpulan data dan jenis data yang digunakan, validitas penelitian, variabel penelitian, model analisis, dan diagram alir penelitian.

Bab empat berisi hasil dan pembahasan dari penelitian ini yang menguraikan proses operasional perusahaan, khususnya dalam perawatan ringan mesin SWS, pengolahan data menggunakan algoritma *sweep* dan MILP untuk menentukan jadwal perawatan ringan mesin SWS yang optimal, analisis dan pembahasan, serta implikasi manajerial.

Bab lima berisi kesimpulan dan saran yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan sehingga dapat menjadi masukan untuk pelaksanaan kegiatan operasional perusahaan dan penelitian selanjutnya.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Model MTLRP yang sesuai digunakan untuk mengoptimalkan jadwal perawatan ringan mesin SWS yaitu meminimalkan total waktu yang dibutuhkan operator berupa total waktu tempuh antar pelanggan ditambah total waktu pelayanan di setiap pelanggan. Kemudian, fungsi batasannya terdiri dari batasan yang menyatakan bahwa setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali, perjalanan yang dilakukan operator dimulai dan diakhiri di depot, operator tidak diperbolehkan melayani pelanggan selanjutnya sebelum menyelesaikan pelayanan di pelanggan sebelumnya, waktu pelayanan seluruh pelanggan pada setiap rute tidak melebihi waktu kerja operator dalam 1 hari, waktu perjalanan dan waktu pelayanan yang dilakukan operator pada seluruh rute tidak melebihi waktu kerja operator, serta variabel keputusan bernilai biner.
2. Jadwal dan rute optimal yang didapatkan berdasarkan penerapan algoritma *sweep* dan MILP terdiri dari 3 hari untuk masing-masing operator dengan total waktu yang dibutuhkan kedua operator selama 2209,4 menit. Jadwal dan urutan rute operator 1 pada hari Senin yaitu PT XYZ – USK – UAJ 1 – UNY – SAKDB – PT XYZ, pada hari Selasa yaitu PT XYZ – SAMSP – SKNB – PT XYZ, dan pada hari Rabu yaitu PT XYZ – UAJ 2 – SASD - UAJ 4 - UAJ

3 – PT XYZ. Sedangkan, jadwal dan urutan rute operator 2 pada hari Senin yaitu PT XYZ – SPMDY – SDMDB – STBY – RPR – PT XYZ, pada hari Selasa yaitu PT XYZ – SASS – SATB – SASP – PT XYZ, dan pada hari Rabu yaitu PT XYZ – SATY – UWM – SASM – SAPL – UKDW – SABS – PT XYZ.

3. Jadwal usulan berdasarkan penerapan algoritma *sweep* dan MILP mampu menghasilkan penghematan total waktu tempuh sebesar 28,64% dan penghematan total waktu yang dibutuhkan untuk perawatan ringan sebesar 3,67% dibanding dengan jadwal yang saat ini diterapkan perusahaan.

## 5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, ditemukan beberapa perbaikan yang dapat dilakukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Jadwal perawatan ringan yang telah diusulkan, diharapkan dapat diterapkan atau dikembangkan oleh perusahaan.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan model *Multi Vehicle Multi Trip Vehicle Routing Problem* (MVMTVRP) agar tidak memerlukan metode algoritma pendekatan, sehingga jadwal optimal yang dihasilkan merupakan *global solution*.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk membuat dan mengoptimalkan jadwal perawatan sedang.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, S. (2006). *Merakit Sendiri Alat Penjernih Air Untuk Rumah Tangga*. Kawan Pustaka.
- Apriliana, E., Ramadhian, R., & Gapila, M. (2014). *Bacteriological Quality of Refill Drinking Water at Refill Drinking Water Depots in Bandar Lampung*. *JUKE*, 4(7).
- Ayadi, R., & Benadada, Y. (2013). *Memetic Algorithm for a Multi-Objective Vehicle Routing Problem with Multiple Trips*. *International Journal of Computer Science and Applications*, 10.
- Azi, N., Gendreau, M., & Potvin, J. Y. (2007). *An exact algorithm for a single-vehicle routing problem with time windows and multiple routes*. *European Journal of Operational Research*, 178(3), 755–766. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.019>
- Brandao, J., & Mercer, A. (1998). *The Multi-Trip Vehicle Routing Problem*. *Journal of The Operational Research Society*, 49, 799–805.
- Cattaruzza, D., Absi, N., & Feillet, D. (2016). *The Multi-Trip Vehicle Routing Problem with Time Windows and Release Dates*. *Transportation Science*. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101866>
- Cattaruzza, D., Absi, N., & Feillet, D. (2016). *Vehicle Routing Problems With Multiple Trips*. *4OR: A Quarterly Journal of Operations Research*, 14(3), 223–259.
- Chandra, B. (2007). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Penerbit Buku Kedokteran EGC.

- Gouveia, L. (1995). *Theory and Methodology: A Result on projection for the Vehicle Routing Problem*. *European Journal of Operational Research*, 85(94), 610–624.
- Gupta, A., & Saini, S. (2018). *An Enhanced Ant Colony Optimization Algorithm for Vehicle Routing Problem with Time Windows*. 9th International Conference on Advanced Computing, 267–274.  
<https://doi.org/10.1109/ICoAC.2017.8441175>
- Kamal, A., Vinarti, R. A., & Anggraeni, W. (2012). *Optimasi Persediaan Perusahaan Manufaktur dengan Metode Mixed Integer Linear Programming*. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), 1–6.
- Laporte, G. (1992). *The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms*. *European Journal of Operational Research*, 59(2), 345–358. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90138-Y](https://doi.org/10.1016/0377-2217(92)90138-Y)
- Laporte, G. (2007). *What You Should Know about the Vehicle Routing Problem*. *Wiley Inter Science*, 54(8), 811–819. <https://doi.org/10.1002/nav.20261>
- Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T. S., Chung, S. H., & Lam, H. Y. (2014). *Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and Future Trends*. *Expert Systems with Applications*, 41, 1118–1138.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.107>
- Louati, A., Lahyani, R., Aldaej, A., Mellouli, R., & Nusir, M. (2021). *Mixed Integer Linear Programming Models to Solve a Real-Life Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery*. *MDPI*, 11(20).  
<https://doi.org/10.3390/app11209551>

- Mehlbeer, F., & Vien, N. A. (2014). *Mixed-Integer Linear Programming Applied to Temporal Planning of Concurrent Actions*. 5.
- Mendes, N. F. M., & Iori, M. (2020). *A decision support system for a multi-trip vehicle routing problem with trucks and drivers scheduling*. ICEIS 2020 - Proceedings of the 22nd International Conference on Enterprise Information Systems, 1(Iceis), 339–349. <https://doi.org/10.5220/0009364403390349>
- Nugroho, Y. A., & Yatmoko, R. A. (2021). *Penerapan Algoritma Sweep Dalam Perencanaan Pendistribusian Produk Roti di Wilayah Kota Yogyakarta*. *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.37631/jri.v3i1.286>
- Pasaribu, D. M. R., Arly, F. E., & Gunardi, W. D. (2019). *Penilaian Kualitas Air Minum Menggunakan Smart Water Station dengan Parameter Mikrobiologi Angka Paling Mungkin dan Angka Lempeng Total di Fakultas Kedokteran Ukrida*. *Jurnal Kedokteran Meditek*, 25(2), 66–74.
- Prana, R. (2007). *Aplikasi Kombinatorial pada Vehicle Routing Problem*. 1–7.
- Priyandari, Y., Yuniaristanto, & Christiawan, Y. P. (2011). *Penentuan Rute Pengiriman Pupuk Urea Bersubsidi di Karanganyar*. *Jurnal Teknik Industri*, 13(1). <https://doi.org/10.9744/jti.13.1.11-18>
- Purnomo, A. (2010). *Analisis Rute Pendistribusian Dengan Menggunakan Metode Nearest Insertion Heuristic Persoalan The Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW) Studi Kasus di Koran Harian Pagi Tribun Jabar*. Seminar Nasional Teknik Industri: Pemberdayaan Rekayasa Industri Berbasis Eco-Efficiency Pada Era Perdagangan Bebas.

- Saraswati, R., Sutopo, W., & Hisjam, M. (2017). *Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Dengan Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Penentuan Rute Distribusi Koran*. *Jurnal Manajemen Pemasaran*, 11(2), 41–44. <https://doi.org/10.9744/pemasaran.11.2.41-44>
- Sari, D. P., Marpaung, K. F., & Wicaksono, P. A. (2017). *Optimalisasi Sistem Pengangkutan Sampah di Kota Semarang Dengan Metode Sequential Insertion*. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 187–193.
- Savitri, H., & Kurniawati, D. A. (2018). *Sweep Algorithm and Mixed Integer Linear Program for Vehicle Routing Problem with Time Windows*. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 17(4), 505–513. <https://doi.org/10.1142/S0219686718500282>
- Smith, J. C., & Taskm, S. C. (2007). *A Tutorial Guide to Mixed-Integer Programming Models and Solution Techniques*. <https://doi.org/10.1063/1.430285>
- Subagyo, P. (2014). *Riset Operasi*. Universitas Terbuka.
- Supranto, J. (2013). *Riset Operasi untuk Pengambilan Keputusan* (3rd ed.). PT Raja Grafindo.
- Suthikarnnarunai N. (2008). *A Sweep Algorithm for the Mix Fleet Vehicle Routing Problem*. *Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists*, 2.
- Tjaja, A. I. S., & Saiful, F. (2021). *Penyelesaian Multiple Trip Heterogeneous Fix Fleet Vehicle Routing Problem (MTHFFVRP) Menggunakan Algoritma Sweep untuk Mendapatkan Optimasi Rute Distribusi LPG 3 kg di PT. Gending Gemilang*. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*,

5(2), 150–164. <https://doi.org/10.26760/jrh.v5i2.150-164>

Toth, P., & Vigo, D. (2002). *An Overview of Vehicle Routing Problems*. SIAM.

<https://doi.org/10.1137/1.9780898718515.ch1>

Wahyuningsih, S., & Satyananda, D. (2018). *Improvement of CVRP and MTRP*

*Solution using Local Search Method and its Implementation Using Google*

*Map*. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*,

218(ICoMSE 2017), 120–124. <https://doi.org/10.2991/icomse-17.2018.21>

Widyastiti, M., & Awaludin, M. (2021). *Implementasi Vehicle Routing Problem*

*with Multiple Trips pada Masalah Pengangkutan Sampah*. *Limits: Journal*

*of Mathematics and Its Applications*, 18(1), 45–56.

<https://doi.org/10.12962/limits.v18i1.6038>

Wiyono, N., Faturrahman, A., & Syauqiah, I. (2017). *Sistem Pengolahan Air*

*Minum Sederhana (Portable Water Treatment)*. *Konversi*, 6(1), 27–35.