

# OPTIMISASI BIAYA OPERASI PENGALOKASIAN TRUK-SEWA ANGKUTAN OLAHAN MINYAK KELAPA SAWIT

Anggina Sandy Sundari<sup>1</sup>, Isti Surjandari, Amar Rachman<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta

Email: [anggina.sandy@univpancasila.ac.id](mailto:anggina.sandy@univpancasila.ac.id) (korespondensi)

## Abstract

*Transport and logistics activities have an important role in the case of financing company. Increased demand makes company require the services of third party logistic company to assist their distribution activities. One issue that often used as a study is Vehicle Routing Problem (VRP), VRP is a general problem that often occurs in real conditions such as Capacitated VRP (CVRP), VRP with time windows (VRPTW), VRP pickup and delivery (VRPPD), Split VRP (SVRP) and Periodic VRP (PVRP). Increasing number of rental demand makes truck-rental companies to make allocation approach optimal based on a combination of VRP problem.*

**Keywords:** *fleet allocation, mathematical model, third party logistic (3PL), vehicle routing problem.*

## Abstrak

*Kegiatan transportasi dan logistik memiliki peranan penting dalam pembiayaan perusahaan. Meningkatnya permintaan membuat perusahaan mengalami overload sehingga membutuhkan jasa dari perusahaan logistik pihak ketiga untuk melakukan kegiatan distribusinya. Salah satu permasalahan yang sering dijadikan penelitian adalah permasalahan rute kendaraan, permasalahan VRP ini merupakan permasalahan umum yang sering terjadi pada kondisi nyata seperti adanya kapasitas angkut maksimal kendaraan (CVRP), jendela waktu pelayanan (VRPTW), kegiatan pengangkutan dan pengiriman (VRPPD), pengiriman yang dilakukan lebih dari satu kali (SVRP) dan pengiriman yang dapat dilakukan lebih dari satu hari (PVRP). Meningkatnya jumlah permintaan sewa mengharuskan perusahaan truk-sewa untuk membuat alokasi yang optimal berdasarkan kombinasi permasalahan di atas.*

**Kata kunci:** *alokasi kendaraan, masalah rute kendaraan, model matematis, perusahaan pihak ketiga.*

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan transportasi dan logistik pada industri merupakan bagian yang memiliki peranan penting, perusahaan akan jauh lebih efisien apabila kegiatan distribusi perusahaan dapat dioptimalkan dengan baik. Salah satu permasalahan dalam kegiatan transportasi dan logistik yang banyak dilakukan penelitian adalah *Vehicle Routing Problem* [11]. *Vehicle Routing Problem* (VRP) pertama kali dikenalkan oleh [6] dalam penelitiannya mencari rute optimum truk pengiriman bensin dari terminal pusat

ke sejumlah stasiun. VRP merupakan bentuk pengembangan dari *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan kendala dan permasalahan yang lebih rumit.

Dalam VRP, dilakukan perancangan yang optimal baik rute maupun penggunaan kendaraan operasional dalam melayani permintaan konsumen. VRP banyak digunakan untuk mencari solusi dari permasalahan kendaraan dalam memenuhi permintaan konsumen. Tujuan dari VRP bermacam-macam, diantaranya meminimalkan jarak perjalanan,

meminimalkan biaya, meminimalkan penalti, memaksimalkan keuntungan, dll.

Menurut referensi [18] banyak dilakukan penelitian mengenai beberapa jenis VRP, diantaranya: *VRP with Time Windows* (VRPTW), *VRP pickup and delivery* (VRPPD) dan *Capacitated VRP* (CVRP). Permasalahan yang ada pada kondisi nyata sering membutuhkan VRP yang lebih rumit daripada VRP klasik sehingga solusi bisa didapatkan dengan menambahkan kendala baru ataupun menggabungkan beberapa jenis VRP.

Kelapa sawit merupakan komoditas pertanian yang memiliki peranan penting dalam perekonomian Indonesia. Meningkatnya kebutuhan olahan minyak kelapa sawit di dalam maupun luar negeri menyebabkan perusahaan kelebihan kapasitas (*overload*) sehingga membutuhkan jasa dari perusahaan pihak ketiga untuk membantu kegiatan operasionalnya. Salah satu jasa pihak ketiga yang sering digunakan adalah perusahaan logistik pihak ketiga atau sering disebut *Third Party Logistic* (3PL), berupa perusahaan penyewaan truk tangki yang selanjutnya akan disebut sebagai perusahaan truk-sewa.

Secara garis besar permasalahan VRP dapat dibagi menjadi dua garis besar, yaitu untuk mengetahui alokasi kendaraan yang optimum dan untuk mendapatkan rute perjalanan yang optimum. Permasalahan rute perjalanan dilakukan pada kegiatan pengiriman yang memiliki lebih dari 1 (satu) titik tujuan. Penelitian ini terbatas pada satu titik tujuan dan satu titik sumber sehingga tidak dilakukan perancangan rute yang optimal melainkan hanya menentukan suatu alokasi yang mendekati optimal dari kombinasi permasalahan VRP.

Penjadwalan alokasi truk-sewa oleh perusahaan truk-sewa harus direncanakan dan dibuat dengan baik agar truk-sewa yang dimiliki dapat digunakan secara optimal sehingga penolakan order akibat meningkatnya permintaan sewa truk oleh perusahaan-perusahaan olahan minyak kelapa sawit dapat dihindari atau diminimalisir.

Alokasi truk yang tidak dinamis juga menyebabkan keterlambatan sehingga mempengaruhi total biaya yang harus dikeluarkan karena harus membayar biaya penalti. Penelitian perlu dilakukan untuk membuat suatu penjadwalan dinamis yang dapat menyelesaikan kombinasi permasalahan VRP.

Dalam mempermudah penyelesaian kasus di atas, perlu dibuat suatu model matematis dari kombinasi permasalahan VRP yang ada pada kondisi nyata. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh model matematis dari kombinasi permasalahan tersebut sehingga nantinya total biaya operasional dan penalti yang dikeluarkan oleh perusahaan dapat diminimalisir.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini disampaikan tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya dan teori penunjang yang digunakan dalam penelitian. Secara garis besar permasalahan VRP dapat dibagi menjadi dua, yang pertama adalah untuk mengetahui alokasi kendaraan yang optimum seperti penelitian [1] untuk permasalahan CVRP dan VRPPD; Referensi [3,10] untuk permasalahan VRPPD; Referensi [9] untuk permasalahan VRPPD dan Split VRP (SVRP); serta referensi [2] untuk permasalahan VRPTW.

Selain alokasi kendaraan permasalahan VRP juga dapat dilakukan untuk mendapatkan rute perjalanan yang optimum seperti penelitian [11,12] untuk permasalahan VRPPD dan [9] untuk permasalahan VRPPD dengan SVRP.

Permasalahan rute perjalanan dapat dilakukan pada kegiatan pengiriman yang memiliki lebih dari 1 (satu) titik tujuan. Pada perusahaan truk-sewa hanya ada satu titik tujuan dan satu titik sumber yang tidak dapat dilakukan perancangan rute yang optimal melainkan hanya menentukan suatu alokasi yang mendekati optimal dari kombinasi permasalahan VRP. Selain CVRP, VRPPD, VRPTW dan SVRP, terdapat permasalahan VRP lainnya yaitu *Periodic VRP* (PVRP). PVRP muncul karena adanya kegiatan pengiriman yang membutuhkan waktu lebih dari satu hari. Permasalahan ini sering terjadi pada kegiatan pengiriman olahan minyak kelapa sawit saat membongkar muatan dari kapal.

Penelitian akan dilakukan untuk memperoleh model matematis dari permasalahan penjadwalan berupa alokasi kendaraan truk-sewa pada perusahaan 3PL yang bergerak dalam kegiatan pengiriman olahan minyak kelapa sawit. Model matematis dibuat dengan mempertimbangkan permasalahan VRP yang sering terjadi dalam kegiatan operasional perusahaan truk-sewa seperti permasalahan CVRP, VRPPD, VRPTW, SVRP dan PVRP.

Menurut referensi [17] terdapat beberapa tujuan VRP yaitu :

- 1) Meminimalkan biaya operasional, terdapat tiga jenis sistem pembiayaan yaitu biaya yang didasarkan pada jarak tempuh , biaya yang didasarkan pada banyaknya ritasi yang dilakukan dan biaya kombinasi antara kedua sistem pembiayaan.
- 2) Meminimalkan penalti, yang akan dikenakan kepada perusahaan pihak ketiga apabila terjadi keterlambatan. Penalti yang diberikan berbeda-beda tergantung kebijakan yang ditetapkan oleh perusahaan.
- 3) Meminimalkan jumlah kendaraan dan pengemudinya.
- 4) Menyeimbangkan rute baik dari segi waktu perjalanan maupun muatan angkut kendaraan.

VRP merupakan permasalahan kombinasi optimasi berupa pengembangan dari TSP namun dengan kendala yang lebih banyak dan rumit. VRP biasa disebut sebagai masalah pengiriman pertama kali dikenalkan oleh [6] pada penelitiannya yang berjudul "*The Truck Dispatching Problem*".

Saat ini VRP menjadi permasalahan optimasi yang dipelajari secara luas, menyelesaikan persoalan ini tidak semudah menggambarannya[16]. Dilihat dari permasalahan VRP, ada beberapa jenis variasi VRP menurut yang akan dipakai dalam penelitian ini diantaranya :

### **2.1. Capacitated VRP (CVRP)**

Menurut referensi [17] CVRP merupakan jenis VRP paling dasar dikarenakan setiap unit kendaraan mempunyai kapasitas angkut yang terbatas. Masalah menjadi semakin kompleks jika kendaraan yang dimiliki perusahaan memiliki kapasitas yang berbeda, sehingga alokasi kendaraan yang tepat akan lebih sulit didapatkan.

### **2.2. VRP with Pickup and Delivery (VRPPD)**

VRPPD merupakan jenis dari VRP dimana didalamnya ada kegiatan pengambilan dan pengiriman muatan antara dua titik yang berpasangan. Awalnya permasalahan VRP ini terpisah menjadi dua bagian, yaitu kegiatan pengambilan dan kegiatan pengantaran. Namun seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan dilakukannya penelitian lebih lanjut kedua jenis VRP ini digabungkan menjadi VRP *Pickup and Delivery*.

VRPPD merupakan salah satu jenis VRP dimana terdapat sebuah sumber dan sebuah

tujuan dengan kegiatan perpindahan didalamnya, perpindahan yang dilakukan dapat berupa barang maupun orang atau biasa disebut penumpang [4]. VRPPD diklasifikasikan ke dalam 3 (tiga) kelompok permasalahan [7] :

#### 1) *Many-to-many*

Penelitian mengenai permasalahan ini pernah dilakukan oleh [14], dimana banyak komoditas barang diambil di salah satu dari banyak lokasi sumber dan dikirimkan ke salah satu dari banyak lokasi tujuan. Kegiatan pengiriman yang dilakukan bisa sekali ataupun berkali-kali (*split deliveries*).

#### 2) *One-to-many-to-one*

Penelitian mengenai permasalahan ini dilakukan oleh [8], dimana setiap konsumen menerima pengiriman dari depot sumber dan dapat mengirimkan kembali ke depot tujuan lainnya.

#### 3) *One-to-one*

Permasalahan ini bertujuan untuk merancang biaya rute kendaraan seminimal mungkin, dimulai dan berakhir pada suatu depot dengan kegiatan *pickup* dan *delivery* untuk memenuhi permintaan konsumen pada lokasi berpasangan. Permasalahan ini disebut *one-to-one* dikarenakan setiap permintaan berasal dari satu lokasi untuk dikirimkan permintaan ke satu lokasi berikutnya [13].

VRPPD yang digunakan dalam penelitian ini adalah VRPPD *One-to-one*. Permasalahan ini cocok dengan sistem pengiriman yang dilakukan pada perusahaan logistik pihak ketiga.

### **2.3. VRP with Time Windows (VRPTW)**

Permasalahan berupa adanya jendela waktu (*time windows*) baik di lokasi pengambilan maupun bongkar muatan, hal ini menyebabkan kegiatan pengiriman harus dilakukan dalam rentang waktu yang ditetapkan. Apabila waktu tiba kendaraan berada diluar rentang waktu tersebut, maka kendaraan harus menunggu hingga kembali berada dalam rentang waktu pelayanan [7].

### **2.4. Split VRP (SVRP)**

VRP jenis ini memungkinkan pengiriman muatan dilakukan oleh kendaraan yang berbeda-beda. Hal ini biasa terjadi dikarenakan permintaan yang melebihi kapasitas angkut kendaraan, sehingga untuk melayani permintaan tersebut diperlukan

lebih dari satu kendaraan ataupun tujuan dapat dikunjungi lebih dari satu kali oleh satu kendaraan [7].

### 2.5. Periodic VRP (PVRP)

Umumnya VRP standar melakukan perencanaan hanya satu hari, namun dalam kondisi real permintaan pelanggan dapat terjadi dan menghabiskan waktu lebih dari satu hari. Pada kegiatan logistik, permasalahan ini berkaitan erat dengan *due date* yang ditetapkan oleh konsumen. *Due date* ini yang nantinya akan menjadi pedoman dasar dalam melakukan perencanaan pengangkutan terutama dalam menentukan penalti.

Selain permasalahan VRP yang telah dijelaskan sebelumnya, keterlambatan juga merupakan permasalahan yang sering terjadi dalam kegiatan logistik. Keterlambatan umumnya terbagi menjadi dua, yaitu *lateness* dan *tardiness*. Keterlambatan adalah selisih dari jumlah pengerjaan pekerjaan dikurangi dengan batas waktu yang diberikan (*due date*). Apabila nilai keterlambatan bernilai positif disebut dengan *tardiness* sedangkan keterlambatan yang bernilai negatif disebut dengan *lateness*.

Aktivitas yang mengadaptasi ilmu penelitian operasional (*Operatios Research*) pertama kali dilakukan pada saat perang dunia ke II di Inggris, para ilmuwan membuat suatu ilmu yang menjadi dasar keputusan dalam penggunaan terbaik dari material perang [15]. Setelah perang dunia II berakhir, ilmu tersebut diadaptasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam sektor sipil.

Salah satu terminologi dasar dari penelitian operasional adalah pembuatan model matematis. Pembuatan model matematis permasalahan menjadi tahapan yang penting dalam menyelesaikan permasalahan optimasi, yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi nyata dari permasalahan sehingga dapat dicari solusinya menggunakan metode matematik. Menurut referensi [5] ada dua solusi akhir dari optimasi yaitu variabel bernilai real dan variabel bernilai diskrit.

Integer Linear Programming (ILP) adalah optimalisasi persoalan matematika di mana beberapa atau semua variabel dibatasi untuk bilangan bulat dan fungsi tujuan serta kendala (selain kendala integer) yang linear. Menurut referensi [15] ILP secara umum dibagi menjadi dua kategori yaitu langsung dan perubahan. Pada kategori langsung kondisi nyata menghalangi adanya variabel yang bernilai pecahan, sebagai contoh menentukan dilakukan atau tidak suatu

proyek, mencari jumlah optimal dari mesin yang diperlukan untuk melakukan suatu pekerjaan. Sedangkan pada kategori perubahan, variabel integer digunakan untuk mengubah analisis solusi yang sulit dipecahkan kedalam model yang dapat diselesaikan menggunakan algoritma optimasi.

Sebagai contoh, dilakukan pengurutan dua pengerjaan dengan kendala yaitu pekerjaan A dilakukan sebelum pekerjaan B "atau" pekerjaan B dilakukan sebelum pekerjaan A. Semua algoritma matematika hanya menggunakan kendala "dan" sehingga kendala "atau" di atas harus dirubah menjadi kendala "dan". Ketika semua variabel integer, masalah didefinisikan sebagai program bilangan bulat murni sedangkan permasalahan yang melibatkan campuran integer dan variabel continue disebut sebagai program integer campuran (*Mixed Integer Programming*).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

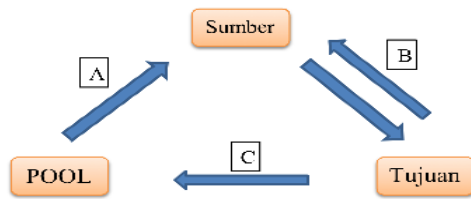
Penelitian ini dimulai dengan adanya identifikasi permasalahan berupa kombinasi permasalahan VRP yang terjadi perusahaan logistik pihak ketiga (3PL). Setelah data terkumpul maka dibuat model matematis dari permasalahan yang ada dengan menggunakan *Integer Linear Programming* (ILP).

Penelitian dilakukan di perusahaan dengan bidang usaha penyewaan kendaraan truk tangki yang konsumennya adalah perusahaan industri olahan minyak kelapa sawit. Dalam kasus ini, armada yang digunakan adalah truk tangki non-kompartemen untuk mengangkut muatan berbentuk pasta (semi-cair) dan cair. Sistem pendistribusian muatan menggunakan truk tangki non-kompartemen memiliki perbedaan dengan kendaraan lainnya.

Perusahaan pihak ketiga yang menggunakan kendaraan peti kemas, mobil box atau truk tangki dengan kompartemen masing-masing kendaraannya dapat melayani lebih dari satu konsumen dalam sekali perjalanan sedangkan truk tangki non-kompartemen hanya bisa melayani 1 konsumen untuk masing-masing kendaraannya. Sehingga dalam kasus penyewaan truk non-kompartemen, sistem pendistribusian muatan menggunakan sistem ritasi. Ritasi adalah suatu kegiatan distribusi yang di dalamnya terdapat satu kali pengisian muatan dan satu kali bongkar muatan atau biasa disebut dengan satu kal putaran transaksi.

Apabila permintaan melebihi kapasitas angkut maksimal, maka ritasi akan dilakukan lebih dari 1 (satu) kali. Permintaan dalam jumlah besar, seperti pemindahan muatan kapal ke

pabrik biasanya memerlukan armada angkutan dan banyak ritasi dalam jumlah besar agar tidak mengalami keterlambatan pengiriman.



Gambar 1. Proses Pengangkutan Muatan (Sumber: Pengolahan Data)

Berdasarkan Gambar 1. dapat dilihat ada 3 (tiga) rute dasar dalam melakukan kegiatan pemindahan muatan, yaitu:

A. Perjalanan dari pool ke sumber

Rute ini adalah tahapan awal dari kegiatan pengiriman muatan. Truk tangki yang telah dialokasikan berjalan ke titik sumber pengisian muatan dalam hal ini perusahaan penyewa. Pada rute ini, biaya didasarkan pada kebutuhan konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) jenis solar yang dikonversikan dalam Rupiah.

B. Perjalanan dari sumber ke tujuan

Perjalanan ini diawali dengan kegiatan pengisian muatan kedalam truk tangki. Setelah tangki penuh, truk akan berjalan menuju titik tujuan untuk melakukan kegiatan bongkar muatan. Ritasi dilakukan lebih dari 1 (satu) kali ketika masih ada muatan yang harus dipindahkan dari titik sumber. Apabila hanya ada satu kendaraan yang dialokasikan sedangkan muatan belum terangkut seluruhnya maka truk tersebut harus kembali lagi ke titik sumber untuk melakukan kegiatan pengiriman kedua (Ritasi ke-2 dan seterusnya hingga muatan di titik sumber habis) bukan kembali ke pool.

C. Perjalanan dari tujuan kembali ke pool

Apabila muatan pada titik sumber sudah habis, maka truk yang selesai melakukan bongkar muat di titik tujuan akan kembali ke pool (tidak kembali lagi ke titik sumber). Pada rute ini, biaya yang dikeluarkan sama seperti perjalanan pertama yaitu didasarkan pada kebutuhan konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) jenis solar.

Selain itu, digunakan beberapa asumsi-asumsi yang menggambarkan kondisi nyata kegiatan pengiriman/operasional Perusahaan, diantaranya :

- 1) Kendaraan yang dimiliki adalah truk tangki non-kompartemen dengan 2 (dua) jenis kapasitas yaitu truk tronton dengan kapasitas angkut maksimal 27.000 Kg dan truk engkel dengan kapasitas angkut maksimal 20.000 Kg.
- 2) Biaya distribusi terbagi menjadi 2 jenis perhitungan yaitu biaya konsumsi BBM kendaraan (untuk perjalanan pool menuju sumber dan tujuan menuju pool) dan biaya ritasi kendaraan yang telah diketahui untuk masing-masing pasangan sumber dan tujuan (untuk perjalanan sumber menuju tujuan maupun sebaliknya).
- 3) Konsumsi BBM untuk truk jenis tronton berbeda dengan truk jenis engkel. Rasio konsumsi BBM untuk kendaraan jenis tronton adalah 1:2,5 (satu liter solar dapat digunakan untuk jarak tempuh 2,5 Km) sedangkan untuk kendaraan engkel adalah 1:3 (satu liter solar dapat digunakan untuk jarak tempuh 3 Km). Konsumsi BBM akan dikonversikan dalam rupiah dengan cara mengkalikan jumlah konsumsi bahan bakar dengan harga BBM jenis solar saat ini yaitu Rp 5.500.
- 4) Waktu pengisian muatan di titik sumber dan bongkar muatan di titik tujuan diketahui tergantung kepada volume muatan yang akan dipindahkan untuk masing-masing jenis kendaraan dan kecepatan pompa yang digunakan.
- 5) Sebagian kendaraan yang dipakai untuk proyek yang selesai pada waktu lebih dari 1 (satu) hari dapat digunakan sebagai armada tambahan untuk proyek lain pada hari berikutnya apabila terjadi kekurangan kendaraan untuk melayani order baru, sehingga ada kemungkinan kendaraan yang dialokasikan untuk proyek yang sama dapat berbeda tiap harinya.
- 6) Tidak ada maksimal antrian baik di titik sumber maupun di titik tujuan.
- 7) *Time windows* adalah rentang waktu pelayanan yang tersedia baik di titik sumber maupun titik tujuan dengan jam buka 08.00 WIB dan jam tutup 17.00 WIB. Pada penelitian ini tidak semua titik sumber dan tujuan mempunyai *time windows*. Hal ini menambah rumit pembuatan model matematis permasalahan.
- 8) Kecepatan kendaraan baik jenis tronton maupun engkel diasumsikan sebesar 30 Km/jam. Waktu perjalanan truk adalah hasil kali dari kecepatan kendaraan dengan jarak tempuhnya.
- 9) Kecepatan pompa berbeda-beda tergantung pompa yang digunakan untuk mengeluarkan muatan. Kecepatan pompa

pada kapal adalah 600 Kg/menit, sedangkan kecepatan pompa pabrik dan truk tangki adalah 450 Kg/menit. Kecepatan pompa ini akan dikonversikan dalam waktu untuk dijadikan waktu pengisian dan waktu bongkar muatan dengan cara membagi volume muatan dengan kecepatan pompa.

- 10) Adanya Proses *cleaning* yang bertujuan untuk membersihkan sisa-sisa muatan pada proyek sebelumnya yang menempel pada dinding dalam tangki. Kegiatan *cleaning* dilakukan saat truk kembali ke pool setelah menyelesaikan kegiatan pengiriman dan akan melakukan kegiatan pengiriman untuk order selanjutnya.

Proses *cleaning* menghabiskan waktu kurang lebih 30 menit. *Cleaning* dilakukan apabila tingkatan olahan minyak kelapa sawit pada order sebelumnya lebih rendah dari tingkatan olahan minyak kelapa sawit untuk order selanjutnya (Lihat tabel 1), sedangkan apabila tingkatan olahan minyak kelapa sawit pada order sebelumnya lebih tinggi dari tingkatan olahan minyak kelapa sawit untuk order selanjutnya maka tidak perlu dilakukan *cleaning*.

Tabel 1. Kegiatan *Cleaning* Tangki

Dari Jenis Muatan	ke Jenis Muatan
HCNO	CPO
CPO	RBDPO
CPO	OLEIN
CPO	STEARINE
PFAD	RBDPO
PFAD	OLEIN
PFAD	STEARINE
RBDPO	OLEIN
RBDPO	STEARINE
STEARINE	RBDPO
STEARINE	OLEIN

(Sumber: Data Perusahaan)

- 11) Penalti dibebankan kepada pihak 3PL sebagai ganti rugi atas keterlambatan pengerjaan proyek pemindahan muatan perusahaan klien. Besar penalti per jam keterlambatan adalah 0.25% dari pendapatan yang diterima Perusahaan untuk pekerjaan i.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penalti dibebankan kepada pihak 3PL sebagai ganti rugi atas keterlambatan pengerjaan proyek pemindahan muatan perusahaan klien. Besar

penalti per jam keterlambatan adalah 0.25% dari pendapatan yang diterima PT MKS untuk pekerjaan i.

$$R_t = r_i \cdot Q_i \quad \forall i$$

$$P_i = 0.25\% \cdot R_t \quad \forall i$$

#### 4.1. Parameter dan Variabel

##### Subscribe

o = Pool

i = Titik sumber i (order i)

i+n = Titik tujuan i+n (merupakan pasangan dari titik i)

k = Truk ke k

##### Parameter

$Q_i$  = Jumlah muatan yang akan diantarkan dari titik i ke titik i+n

$K_k$  = Kapasitas truk k

$S_i$  = Waktu pengisian muatan di titik i

$B_k$  = Waktu bongkar muatan di titik i+n oleh truk k

$W_{oi}$  = Waktu perjalanan dari titik pool ke titik i

$W_{pi}$  = Waktu perjalanan dari titik i ke titik i+n

$W_{pi+n}$  = Waktu perjalanan dari titik i+n ke titik i

$W_{ki+n}$  = Waktu perjalanan dari titik i+n kembali ke pool

$a_i$  = Waktu mulai buka titik i

$b_i$  = Waktu tutup titik i

$a_{i+n}$  = Waktu mulai buka titik i+n

$b_{i+n}$  = Waktu tutup titik i+n

$e_i$  = Biaya bahan bakar untuk perjalanan dari pool ke titik sumber

$f_i$  = Biaya borongan supir dan bahan bakar dari sumber ke tujuan maupun sebaliknya

$g_i$  = Biaya bahan bakar untuk perjalanan dari tujuan kembali ke pool

$dd_i$  = Due date proyek i

$P_i$  = Biaya penalti per jam keterlambatan proyek i.

$r_i$  = Pendapatan angkut per kg muatan yang dipindahkan proyek i.

##### Variabel

$X_{iok} = 1$ , truk k berangkat dari pool ke titik i

$X_{iok} = 0$ , tidak

$X_{i+nok}=1$ , truk k kembali ke pool dari titik i+n

$X_{i+nok}=0$ , tidak

$Y_{ijk}=1$ , pengambilan dari titik i untuk kali pengambilan ke j menggunakan truk k

$Y_{ijk}=0$ , tidak

$Y_{i+njk}=1$ , truk k dari titik i+n kembali ke titik I untuk melakukan pengambilan ke j

$Y_{i+njk}=0$ , tidak

$T_{oik}$  =Waktu truk k mulai beroperasi

$T_{ijk}$  =Waktu awal pengisian muatan pada titik i untuk pengambilan ke j

$T_{i+njk}$  = Waktu awal bongkar muatan pada titik i+n untuk pembongkaran ke j

$T_{i+nok}$  = Waktu truk k selesai beroperasi

$q_{ij}$  =Jumlah muatan yang tersisa di i setelah pengambilan ke j

$q_{i+nj}$  = Jumlah muatan yang terkirim ke i+n setelah pengiriman ke j

$WS_i$  =Waktu seluruh pengisian dan pembongkaran pekerjaan i selesai

$td_i$  =Waktu keterlambatan pekerjaan i

$Rt_i$  =Pendapatan total dari pemindahan muatan pekerjaan i

## 4.2. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan pada permasalahan alokasi kendaraan ini adalah untuk meminimalkan biaya operasional total yaitu penjumlahan biaya bahan bakar ke i, biaya ritasi proyek i dari sumber menuju tujuan, biaya ritasi proyek i dari tujuan kembali ke sumber, biaya bahan bakar kembali ke pool dan biaya penalti keterlambatan pengiriman proyek i yang digambarkan dalam persamaan di bawah ini :

$$Ft \text{ Min } Z = \sum_i \sum_j \sum_k (e_i \cdot X_{oik} + f_i \cdot Y_{ijk} + f_i \cdot Y_{i+njk} + g_j \cdot X_{i+nok}) + (P_i \cdot td_i)$$

## 4.3. Kendala

- 1) Sebuah truk k yang berangkat dari pool menuju titik sumber i akan kembali ke pool dari titik tujuan i+n,

$$X_{oik} = X_{i+nok} \quad \forall i \quad \forall k$$

- 2) *Time windows* di titik sumber,

$$a_i \leq T_{ij} \leq b_i \quad \forall i \quad \forall j$$

- 3) *Time windows* di titik tujuan,

$$a_{i+n} \leq T_{i+nj} \leq b_{i+n} \quad \forall i \quad \forall j$$

- 4) Pengisian berikutnya dapat dilakukan setelah pengisian sebelumnya selesai,

$$T_{ij+1} \geq \sum_{k=1}^{20} Y_{ijk} (T_{ijk} + S_i) \quad \forall i \quad \forall j$$

- a) Untuk pengambilan ke j dari sumber i hanya dilakukan oleh satu truk

$$\sum_{k=1}^{20} Y_{ijk} \leq 1 \quad \forall i \quad \forall j$$

- 5) Kegiatan bongkar muatan dilakukan setelah kendaraan tiba di titik i+n

$$T_{i+njk} \geq \sum_{k=1}^{20} Y_{ijk} (T_{ijk} + S_i + WP_i) \quad \forall i \quad \forall j$$

- 6) Pengambilan muatan akan terus dilakukan hingga sisa muatan di titik i = 0 (habis).

$$q_{ij} \leq Q_i - \sum_{k=1}^{20} Y_{ijk} K_k \quad \forall i \quad \forall j \quad \forall k$$

- a) Jika muatan yang akan diambil negatif (atau =0), maka tidak ada lagi pengambilan berikutnya

$$M \cdot Y_{ij+1k} \geq q_{ij} \quad \forall i \quad \forall j \quad \forall k$$

M (bilangan besar sekali) dapat diganti dengan  $Q_i$

- 7) Jika muatan di i sudah  $\leq 0$ , maka truk akan kembali ke pool

$$-M(Y_{ij+1k} + X_{i+nok}) \leq q_{ij} \quad \forall i \quad \forall j \quad \forall k$$

$$Y_{ij+1k} + X_{i+nok} = 1 \quad \forall i \quad \forall j \quad \forall k$$

M (bilangan besar sekali) dapat diganti dengan  $Q_i$

- 8) Jika  $X_{i+nok} = 1$  (Truk kembali ke pool) pada saat ini waktu pengangkutan selesai.

$$WS_i \geq X_{i+nok} (T_{i+njk} + B_k + Wk_i) \quad \forall i \quad \forall j \quad \forall k$$

- a) Keterlambatan terjadi apabila waktu yang dihabiskan untuk pekerjaan i lebih besar dari due date yang ditetapkan

$$td_i = \max(0, WS_i - dd_i) \quad \forall i$$

Persamaan di atas tidak dalam bentuk linear, maka diganti dengan :

$td_i > 0$ , jika  $td_i = 0$  maka tidak ada keterlambatan yang terjadi

$$WS_i - dd_i \leq dd_i \quad \forall i$$

- 9) Truk k akan selesai beroperasi pada waktu  $T_{i+nok}$

$$T_{i+nok} = T_{oik} + W_{o_i} \cdot X_{oik} + \sum_j W_{p_i} \cdot Y_{ijk} + \sum_j W_{p_{i+n}} \cdot Y_{i+nj} + W_{k_{i+n}} \cdot X_{i+nok} \quad \forall i \quad \forall k$$

a) Waktu penugasan truk  $k$  untuk proyek  $i$

$$T_{i+nok} - T_{oik}$$

10) Kendala pilihan urutan pengerjaan proyek  
Misal :  $i=a$  dan  $i=b$

Proyek atau pekerjaan  $a$  dilakukan setelah  $b$ , maka:  $T_{oak} \geq T_{b+nok}$

atau

Proyek atau pekerjaan  $a$  dilakukan setelah  $b$ , maka:  $T_{obk} \geq T_{a+nok}$

Bentuk persamaan di atas merupakan kendala pilihan yang bukan linear, maka dari itu perlu dijadikan linear diganti dengan persamaan berikut :

$$MP_{ab} + T_{oak} - T_{b+nok} \geq 0$$

dan

$$MP_{ba} + T_{oak} - T_{a+nok} \geq 0$$

dimana,  $P_{ab} + P_{ba} \geq 1$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Diperoleh hasil model matematis dari permasalahan yang seringkali terjadi di perusahaan pihak ketiga (3PL). Model matematis ini dapat dijadikan referensi atau pedoman awal dalam melakukan alokasi kendaraan untuk perusahaan logistik pihak ketiga (3PL) khususnya yang bergerak dalam bidang angkutan olahan minyak kelapa sawit.

Penelitian ini menemui banyak kesulitan, salah satunya adalah mengaplikasikan permasalahan transportasi yang terjadi di dunia nyata kedalam penelitian yang dilakukan. Banyak kendala di kondisi nyata yang belum dijadikan pertimbangan dalam membuat model matematis, diharapkan kedepannya dapat dilakukan penelitian alokasi kendaraan untuk perusahaan 3PL dengan mempertimbangkan permasalahan berikut ini:

- 1) Memperhitungkan jumlah maksimal antrian baik di titik sumber maupun titik tujuan.
- 2) Memperhitungkan faktor kemacetan yang mungkin terjadi saat kegiatan pengiriman. Dalam penelitian kemacetan sudah dimasukkan menjadi salah satu pertimbangan dalam sistem pembiayaan, namun belum diperhitungkan dalam lama waktu perjalanan.

Penjadwalan alokasi truk yang optimal akan didapatkan dari menyelesaikan model matematis tersebut dengan memasukan parameter-parameter yang diperlukan seperti : jumlah order, jarak pengiriman dari titik sumber ke titik tujuan, pendapatan/kg,

biaya borongan atau ritasi, waktu pengisian muatan, waktu cleaning, *time windows* titik sumber dan tujuan, serta jumlah dan kapasitas kendaraan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berharap dengan adanya model matematis permasalahan truk-sewa ini dapat membantu dan mempermudah perusahaan pihak ketiga untuk dapat melakukan alokasi kendaraan secara tepat dengan cara menyelesaikan model matematis yang sudah ada. Penulis sadar masih terdapat banyak kekurangan dalam pembuatan model matematis permasalahan VRP, penulis berharap dukungan ilmu dari peneliti lain dapat menyempurnakan dan mengembangkan penelitian ini agar menjadi lebih baik dan dapat mewakili permasalahan VRP di kondisi nyata secara keseluruhan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anily, S., & Bramel, J. (1999). Approximation algorithms for the capacitated traveling salesman problem with pickups and deliveries. *Naval Research Logistics*, 46.
- [2] Belle, J.V., Valckenaers, P., Berghe, G.V., & Cattrysse, D. (2013). A tabu search approach to the truck scheduling problem with multiple docks and time windows. *Journal of Computers & Industrial Engineering*, 66, 818-826.
- [3] Beraldi, P., Ghiani, G., Musmanno, R., & Vocaturo, F. (2010). Efficient neighborhood search for the probabilistic multi-vehicle pickup and delivery problem. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 27, 301-314.
- [4] Berbeglia, G., Cordeau, J.F., & Laporte, G. (2010). Dynamic pickup and delivery problems. *European Journal of Operational Research*, 202, 8-15.
- [5] Blum, C., & Roli, A. (2003). Metaheuristics in combinatorial optimization: overview and conceptual comparison. *ACM Computing Surveys*, 35, 268-308.
- [6] Dantzig, G.B., & Ramser, J.H. (1959). The truck dispatching problem. *Journal of Management Science*, 6, 80-91.
- [7] Golden, B., Raghavan, S., & Wasil, E. (2008). *The vehicle routing problem: latest advances and new challenges*. USA: Springer.
- [8] Gribkovskaia, I., & Laporte, G. (2008). One-to-many-to-one single vehicle pickup and delivery problems. *Journal of*



- Computer Science Interfaces, 43, 359-377.
- [9] Hennig, F., et al. (2012). Maritime Crude Oil Transportation – A split pickup and split delivery problem. *European Journal of Operational Research*, 218, 764–774.
- [10] Louveaux, F., & Gonzales, J.J.S. (2009). On the one-commodity pickup-and-delivery traveling salesman problem with stochastic demands. *Journal of Math. Program A*, 119, 169-194.
- [11] Luong, B.T. (2011). One commodity pickup and delivery traveling salesman problem and an extension: formulations and algorithms. Purdue University West Lafayette, Indiana.
- [12] Martin, I.R., & Gonzales, J.J.S. (2012). A hybrid heuristic approach for the multi commodity one-to-one pickup-and-delivery traveling salesman problem. *Journal of Heuristics*, 18, 849-867.
- [13] Perez, H.H., Gonzales J.S. (2004). Heuristics for the one commodity pickup-and-delivery traveling salesman problem. *Journal of Transportation Science*, 38, 245-255.
- [14] Perez, H.H., & Gonzales J.S. (2007). The one-commodity pickup-and-delivery traveling salesman problem: Inequalities and algorithms. *Networks Forthcoming Paper #05-25*.
- [15] Taha, H.A. (2011). *Operatons research an introduction* (9th ed.). Pearson:USA.
- [16] Thammapimookkul, T., & Charnsethikul, P. (2001). A bi-criteria vehicles routing problem. Kasetsart University: Thailand.
- [17] Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [18] Yeun, L.C., Ismail, W.R., Omar, K., & Zirour, M. (2008). Vehicle routing problem: models and solutions. *Journal of Quality Measurement and Analysis*, 4, 205-218.