



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Titik Depot

Titik depot sangat menentukan kelancaran pendistribusian barang, sehingga barang dapat sampai pada agen tepat pada waktunya.

2. Penentuan rute dan jadwal pengiriman

Salah satu keputusan terpenting dalam manajemen distribusi adalah penentuan jadwal serta rute pengiriman dari satu titik ke beberapa titik tujuan. Keputusan seperti ini sangat penting bagi perusahaan yang mengirimkan barangnya dari satu titik ke berbagai titik yang tersebar di sebuah kota. Keputusan jadwal pengiriman serta rute yang akan ditempuh oleh setiap tipe kendaraan akan sangat berpengaruh terhadap biaya pengiriman. Namun demikian, biaya bukanlah satu-satunya faktor yang perlu dipertimbangkan dalam proses pengiriman. Selain itu, jadwal dan rute sering kali juga harus mempertimbangkan kendala lain seperti kapasitas kendaraan atau armada pengangkutan. Secara umum permasalahan penjadwalan dan penentuan rute pengiriman memiliki beberapa tujuan yang ingin dicapai seperti tujuan untuk meminimumkan biaya pengiriman, meminimumkan waktu atau meminimumkan jarak tempuh.

2.1.1 Manajemen Distribusi

Manajemen distribusi adalah mengembangkan strategi yang searah dengan visi dan misi perusahaan, berdasarkan pada berbagai keputusan yang berkaitan untuk memindahkan barang-barang secara fisik maupun non fisik guna mencapai tujuan perusahaan dan berada di dalam kondisi lingkungan tertentu dan sesuai dengan kebutuhan dan keinginan konsumen. Jadi manajemen distribusi adalah sebuah pendekatan yang berorientasi pada keputusan (*decision oriented approach*) yang berarti bahwa perhatian diarahkan pada pengembangan kebijakan yang efektif mulai dari perencanaan (*planning*), mengorganisasikan (*organization*), mengoperasikan (*actualization*), dan mengendalikan (*controlling*), tidak hanya pada deskripsi tentang bagaimana sebuah saluran beroperasi saja (Kodrat, 2009).



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Distribusi bermanfaat untuk menciptakan nilai guna tersebut. Pada prinsipnya, fungsi distribusi dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok (Kodrat, 2009) yaitu:

1. Fungsi Pertukaran

Fungsi pertukaran memerlukan transaksi antara dua pihak atau lebih. Beberapa fungsi yang ada dalam pertukaran adalah pembelian, penjualan dan pengambilan risiko.

2. Fungsi penyediaan fisik

Fungsi ini terjadi setelah terjadi fungsi pertukaran. Fungsi penyediaan fisik terkait dengan proses perpindahan barang secara fisik dari produsen ke konsumen. Ada empat macam sub fungsi penyediaan fisik mencakup, pengumpulan, penyimpanan, pemilihan, dan pengangkutan/transportasi.

3. Fungsi penunjang

Fungsi penunjang ini bersifat membantu menunjang terlaksananya fungsi-fungsi yang lain. Yang termasuk fungsi penunjang adalah pelayanan sesudah pembelian, pendanaan, penyebaran informasi, koordinasi saluran dan pembayaran.

2.2 Sistem Transportasi

Transportasi merupakan komponen yang vital dalam manajemen logistik suatu perusahaan. Salah satu faktor yang menentukan dalam manajemen logistik adalah penentuan jalur distribusi yang akan berpengaruh terhadap biaya transportasi. Pada umumnya biaya transportasi menyerap persentase biaya logistik yang lebih besar daripada aktivitas logistik lainnya. Oleh karena itu, untuk mengurangi biaya transportasi, diperlukan sistem transportasi yang efisien. Dengan menurunnya biaya transportasi, harga produk juga dapat menurun dan lebih mudah bersaing dengan para kompetitor dalam hal harga. Peningkatan efisiensi dari sistem transportasi dapat dilakukan dengan memaksimalkan utilitas dari alat transportasi yang ada. Untuk mengurangi biaya transportasi dan juga untuk meningkatkan pelayanan kepada *customer*, perlu dicari rute atau jalur

transportasi terbaik yang dapat meminimalkan jarak dan waktu (Tanujaya, dkk 2011).

Komponen-komponen utama sistem transportasi adalah (Miro, 2011):

1. Jalan dan terminal (prasarana)
2. Kendaraan (sarana)
3. Sistem pengelolaan (manajemen)

Yang saling terkait, berintegrasi, dan bekerja sama dalam melayani dan memenuhi kebutuhan (permintaan) perjalanan dari manusia dan barang yang melakukan kegiatan dalam lingkup wilayah yang paling kecil.

2.3 Manajemen Kebutuhan Perjalanan

Manajemen kebutuhan perjalanan merupakan tindakan pengelolaan dan pengaturan arus perjalanan yang terjadi di berbagai titik (simpul) asal-tujuan yang berada dalam lingkup wilayah, mulai dari lingkup kota, regional dan nasional sedemikian rupa sehingga tercipta besaran arus perjalanan yang seimbang dengan fasilitas (prasarana) dan sarana yang ada tanpa melakukan peredaman arus perjalanan (melarang orang untuk melakukan perjalanan) dan penambahan fasilitas (prasarana dan sarana) transportasi baru. Manajemen kebutuhan perjalanan merupakan cara untuk mempengaruhi perilaku para pelaku perjalanan dengan tujuan untuk mengurangi besarnya kebutuhan akan perjalanan atau menyebarkan jumlah arus perjalanan dalam ruang (ke berbagai tempat atau lokasi) dan waktu (ke berbagai waktu/jam) (Miro, 2011).

Konsep tentang manajemen kebutuhan perjalanan di atas diterapkan maka kebijakan lama berupa “ramal” dan “sediakan” tidak perlu dipakai lagi dan kebijakan baru yang harus dipakai adalah “ramal” dan “cegah”. Kalau pengelolaan kebutuhan perjalanan ini diterapkan dalam suatu lingkup wilayah/kota maka penerapannya dapat ditempuh dengan beberapa kemungkinan alternatif (tergantung dengan kondisi wilayah/kota bersangkutan) yaitu (Miro,2011):

1. Membagi jumlah perjalanan antar waktu (jam) yang berbeda

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Hal ini merupakan upaya mengatur setiap kegiatan masyarakat agar dimulai pada waktu yang berbeda sehingga perjalanan tidak terjadi secara serentak pada waktu yang sama, melainkan tersebar pada waktu yang berbeda sesuai dengan kegiatan spesifik masyarakat.

2. Membagi jumlah perjalanan antar lokasi yang berbeda

Upaya ini dilakukan melalui penataan trayek angkutan umum secara merata karena disadari bahwa layanan trayek angkutan umum adalah salah satu bentuk pelayanan yang berpengaruh terhadap keinginan masyarakat untuk melakukan perjalanan. Anggota masyarakat penghuni suatu kawasan dapat saja membatalkan perjalanannya sehubungan dengan ketiadaan trayek angkutan umum di kawasan domisilinya. Karena itu, pemerintah setempat, melalui pihak terkait, harus mengeluarkan kebijakan tentang penataan trayek angkutan umum secara merata ke setiap penjuru kawasan tanpa kecuali agar seluruh ruas jalan dan wilayah tersentuh oleh layanan trayek.

3. Membagi jumlah perjalanan antar moda transportasi yang berbeda

Apabila tersedia berbagai bentuk moda transportasi umum yang melayani masyarakat dalam suatu wilayah atau kota, masyarakat penduduk atau warga wilayah itu dapat bebas menentukan pilihan moda transportasi yang akan digunakan sesuai maksud dan tujuan perjalanan, kondisi sosial ekonomi, dan pertimbangan-pertimbangan lain. Dalam hal ini pemerintah suatu wilayah melalui pihak terkait dapat mempengaruhi masyarakat pelaku perjalanan dengan cara meningkatkan kinerja layanan setiap moda angkutan umum yang tersedia melalui peningkatan keamanan dan kenyamanan, tarif yang murah, ketepatan waktu, kecepatan, dan atribut-atribut pelayanan lain yang sesuai dengan selera masyarakat pengguna jasa. Sebagai contoh, kalau kebutuhan perjalanan dengan bus kota berlebih, maka kebutuhan yang berlebih pada moda bus kota itu dapat dipenuhi melalui penyediaan kereta api atau mikrolet dengan pendekatan tarif murah, kenyamanan, keandalan dan seterusnya.

4. Membagi jumlah perjalanan antar tempat kegiatan

Upaya ini dapat dilakukan melalui penataan ruang wilayah atau kota, seperti pengembangan kawasan dengan membangun pusat-pusat pelayanan bisnis,

perdagangan kebutuhan hidup sehari-hari, kawasan pendidikan, objek wisata, layanan kesehatan yang tidak terlalu jauh dari pemukiman penduduk, dan lain-lain. Di samping itu, upaya ini dapat dilakukan melalui penyebaran lokasi kegiatan masyarakat ke seluruh kawasan wilayah sehingga tidak ada lagi pusat kegiatan tertentu karena semua kawasan telah memilikinya dan semuanya sudah berupa wilayah pusat perdagangan. Atau, dapat juga diupayakan membangun kota satelit.

5. Melakukan perjalanan untuk kegiatan yang produktif saja

Pengendalian jumlah kebutuhan perjalanan dapat dilakukan dengan pendekatan pendidikan kepada anggota masyarakat yang mendiami suatu wilayah agar mereka melakukan perjalanan hanya untuk maksud-maksud kegiatan yang produktif saja. Jika kegiatannya produktif perjalanan dilakukan, tetapi jika kegiatannya tidak produktif lebih baik perjalanan tidak dilakukan.

2.4 Optimasi

Optimisasi ialah proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimal (nilai efektif yang dicapai). Optimisasi berasal dari kata bahasa Inggris *optimization* memiliki arti memaksimumkan atau meminimumkan sebuah fungsi yang diberikan untuk beberapa macam kendala. Optimisasi secara intuisi berarti melakukan pekerjaan dengan cara terbaik. Masalah optimisasi merujuk pada studi permasalahan yang mencoba untuk mencari nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi nyata. Banyak masalah dalam dunia nyata yang dapat direpresentasikan dalam kerangka permasalahan ini, misal pendapatan yang maksimum, biaya yang minimum dan lain sebagainya. Apabila hal yang dioptimumkan ternyata kuantitatif, maka masalah optimum akan menjadi masalah maksimum dan minimum (Hernawati, dkk 2015).

Persoalan yang berkaitan dengan optimisasi sangat kompleks dalam kehidupan sehari-hari. Nilai optimal yang didapatkan dalam optimisasi dapat berupa besaran panjang, waktu, dan lain-lain. Optimisasi mempunyai beberapa persoalan diantaranya (Nurhayanti, 2013):

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Menentukan lintasan terpendek dari suatu tempat ke tempat yang lain
2. Menentukan jumlah pekerja seminimal mungkin untuk melakukan suatu proses produksi agar pengeluaran biaya pekerja dapat diminimalkan dan hasil produksi tetap maksimal
3. Mengatur jalur kendaraan umum agar semua lokasi dapat dijangkau
4. Mengatur routing jaringan kabel telepon agar biaya pemasangan kabel tidak terlalu besar dan penggunaannya tidak boros.

2.5 *Travelling Salesman Problem*

Travelling salesman problem (TSP) merupakan suatu permasalahan untuk mendapatkan rute terpendek yang harus melewati semua tujuan dengan setiap tujuan harus dilalui satu kali dari depot sampai kembali ke depot lagi, dengan jarak antara setiap tujuan satu dengan tujuan lainnya sudah diketahui. Sehingga harus meminimalkan pengeluaran biaya, dan jarak yang harus ditempuh untuk perjalanannya tersebut (Nurhayanti, 2013).

TSP merupakan permasalahan optimisasi klasik yang melibatkan seorang salesman untuk menjual produknya ke beberapa kota yang telah ditentukan. Rangkaian kota yang dikunjungi akan membentuk suatu rute dengan ketentuan setiap kota hanya dapat dikunjungi tepat satu kali dan kembali ke kota awal perjalanan dimulai. Permasalahan ini akan menjadi semakin rumit seiring bertambahnya jumlah kota yang harus dikunjungi. Kemungkinan rute yang semakin bertambah akan menyulitkan di dalam pemilihan rute dengan jarak terpendek (Nurhayanti, 2013).

Travelling Salesman Problem mempunyai beberapa asumsi-asumsi (Taha 1987):

1. Terdapat sejumlah n lokasi/ tempat
2. Tersedia jalur dari satu lokasi ke lokasi lainnya
3. Tersedia ongkos dari lokasi ke- i ke lokasi ke- j pada jalur pada umumnya, tetapi bisa berbeda
4. Seseorang harus berangkat dari suatu lokasi dan mengunjungi lokasi lainnya (masing masing sekali) dan akhirnya kembali ke lokasi semula

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Tujuan TSP adalah menjadwalkan rute perjalanan yang meminimalkan ongkos total.

2.6 *Vehicle Routing Problem*

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah istilah umum yang diberikan untuk permasalahan yang melibatkan rute kendaraan dengan berbasis depot yang melayani customer yang tersebar dengan permintaan tertentu. Tujuan umum VRP adalah melayani sekumpulan pelanggan dengan ongkos operasi yang minimum. VRP merupakan perluasan dari *Traveling Salesman Problem* (TSP) sehingga sering disebut sebagai m- TSP (Togatorop, 2018).

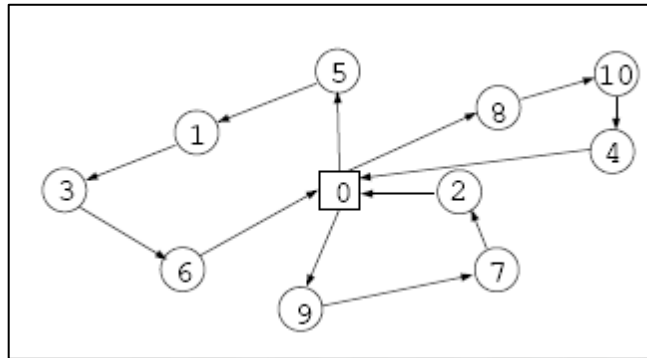
Vehicle Routing Problem (VRP) diperkenalkan pertama kali oleh Dantziq dan Ramser pada tahun 1959 dan semenjak itu telah dipelajari secara luas. Oleh Fisher, VRP didefinisikan sebagai sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah *vehicle* yang harus melakukan perjalanan untuk mengunjungi sejumlah tempat untuk mengantar dan menjemput orang atau barang. Istilah *customer* digunakan untuk menunjukkan pemberhentian untuk mengantar dan menjemput orang atau barang. Setiap *customer* harus dilayani oleh satu *vehicle* saja. Penentuan pasangan *vehicle-customer* ini dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas *vehicle* dalam satu kali angkut, untuk meminimalkan biaya yang diperlukan. Biasanya, penentuan biaya minimal erat kaitannya dengan jarak yang minimal (Christian, 2011).

Clarke dan Wright (1964) kemudian melanjutkan penelitian ini dengan memperkenalkan istilah depot sebagai tempat keberangkatannya dan kembalinya kendaraan. Clark dan Wright menggunakan *saving algorithm* yang disusun dalam sebuah rute yang terbaik. Melakukan perhitungan penghematan yang diukur dari seberapa banyak dapat dilakukan pengurangan jarak tempuh dan waktu yang digunakan dengan mengaitkan node-node yang ada dan menjadikannya sebuah rute berdasarkan nilai *savings* yang terbesar yaitu jarak tempuh antara source node dan node tujuan. Logika dari metode ini bermula dari kendaraan yang melayani setiap tempat perhentian dan kembali ke depot. Hal ini memberikan jarak maksimum dalam masalah penentuan rute. Kemudian, dua tempat perhentian

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

digabung dalam satu rute yang sama sehingga satu kendaraan tersebut dieliminasi dan jarak tempuh perjalanan dapat dikurangi (Christian, 2011).

Sebagai contoh, penyelesaian masalah VRP dengan satu depot ditunjukkan pada gambar berikut (Nurhayanti, 2013):



Gambar 2.1 Bentuk Solusi *Vehicle Routing Problem* (VRP) dasar

VRP mempunyai beberapa batasan-batasan yang bisa dimasukkan (Nurhayanti, 2013):

1. Setiap kendaraan/alat angkut berhenti di suatu tempat maka harus mengangkut barang dalam jumlah tertentu untuk dipindahkan/diantar
2. Beberapa kendaraan/alat angkut bisa digunakan namun dengan kapasitas yang terbatas
3. Pengangkutan atau pemindahan barang dibolehkan untuk tidak dilakukan hanya pada waktu tertentu (*disebut time windows*)
4. Pengangkutan barang diperbolehkan dalam sebuah rute jika pemindahan barang telah dilakukan
5. Pengemudi/sopir diperbolehkan untuk beristirahat atau makan pada saat-saat tertentu. Penggunaan VRP dalam dunia nyata, banyak faktor sampingan yang muncul.

Faktor-faktor tersebut berpengaruh pada munculnya variasi dari VRP (Solomon, 1987 dikutip oleh Nurhayanti, 2013):

1. *Capacitated VRP* (CVRP), yaitu setiap kendaraan mempunyai kapasitas yang Terbatas.
2. *VRP with time windows* (VRPTW), yaitu setiap pelanggan harus disuplai dalam jangka waktu tertentu.

3. *Multiple depot VRP (MDVRP)*, yaitu distributor memiliki banyak depot untuk melayani pelanggan.
4. *VRP with pick-up and delivering (VRPPD)*, yaitu pelanggan mungkin mengembalikan barang pada depot asal.
5. *Split delivery VRP (SDVRP)*, yaitu pelanggan dilayani dengan kendaraan berbeda.
6. *Stochastic VRP* (seperti jumlah pelanggan, jumlah permintaan, waktu pelayanan atau waktu perjalanan).
7. *Periodic VRP* yaitu pengantar hanya dilakukan dihari tertentu.
- Terdapat beberapa jenis VRP yang sangat bergantung pada jumlah faktor pembatas dan tujuan yang akan dicapai. Pembatas yang paling umum digunakan yaitu jarak dan waktu. Tujuan yang ingin dicapai biasanya meminimalkan jarak tempuh, waktu maupun biaya. VRP terbagi menjadi beberapa jenis (Hernawati,2015), antara lain:
- VRP with multiple trips*
Setiap kendaraan dapat melakukan lebih dari satu rute untuk memenuhi kebutuhan agen.
 - VRP with time windows*
Setiap agen yang dilayani oleh kendaraan memiliki waktu pelayanan.
 - VRP with pickup and delivery*
Terdapat sejumlah barang yang perlu dipindahkan dari lokasi penjemputan tertentu ke lokasi pengiriman lainnya.
 - Capacitated VRP*
Kendaraan yang memiliki keterbatasan daya angkut (kapasitas) barang yang harus diantarkan ke suatu tempat.
 - VRP with Multiple Products*
Agen memiliki pesanan lebih dari satu jenis produk yang harus diantarkan.
 - VRP with Multiple Depots*
Depot awal untuk melayani agen lebih dari satu.
 - Periodic VRP*
Adanya perencanaan yang berlaku untuk satuan waktu tertentu.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



h. VRP with heterogeneous fleet of vehicles

Kapasitas kendaraan antar kendaraan satu dengan kendaraan lain tidak selalu sama. Jumlah dan tipe kendaraan diketahui.

2.7 *Capacitated Vehicle Routing Problem*

CVRP merupakan penentuan sebuah set rute di mana setiap rute tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan customer dengan keterbatasan pada kapasitas kendaraan. Kapasitas kendaraan yang digunakan pada CVRP harus homogen (Togatorop, 2018).

Terdapat berbagai cara penyelesaian CVRP, antara lain (Rahmawati, 2014):

a. Algoritma *Clarke & wright savings*.

Algoritma *Clarke & wright savings* merupakan metode untuk meminimalkan jarak dan biaya dengan melakukan pemilihan terhadap rute.

b. *Exact optimization* seperti *integer programming*.

Dalam menggunakan *Exact optimization* seperti *integer programming* akan diperlukan waktu komputasi yang sangat lama, terutama untuk problem berukuran besar (jika jumlah titik yang dilayani cukup banyak).

c. Pendekatan heuristik, yaitu *tabu search*.

Metode optimasi yang berbasis pada *local search*. Proses pencarian bergerak dari satu solusi ke solusi berikutnya, dengan cara memilih solusi terbaik *neighbourhood* solusi sekarang (*current*) yang tidak tergolong solusi terlarang (*tabu*). Metode ini bertujuan untuk menentukan rute yang optimal dan meminimasi jarak.

d. Metode *Cross Entropy* (CE)

Merupakan suatu metode optimasi yang harus dikembangkan dengan 2 prosedur utama yaitu melakukan *generate sample* data dengan distribusi tertentu dan melakukan *update* parameter distribusi berdasarkan contoh yang terbaik untuk menghasilkan contoh yang lebih baik pada iterasi berikutnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada dasarnya, dalam CVRP, kendaraan akan memulai perjalanan dari depot untuk melakukan pengiriman ke masing-masing pelanggan dan akan kembali ke depot. Diasumsikan jarak atau biaya perjalanan antara semua lokasi telah diketahui. Jarak antara dua lokasi adalah simetris, yang berarti jarak dari lokasi A ke lokasi B sama dengan jarak dari lokasi B ke lokasi A (Rahmawati, 2014).

Model matematika dari CVRP didefinisikan dari suatu graf $G = (V, E)$ dimana $V = \{0,1,2,\dots,n\}$ merupakan himpunan simpul yang mempresentasikan agen – agen yang akan dilayani dengan permintaan yang sudah diketahui dan depot berada di simpul 0. Jaringan jalan yang digunakan kendaraan dinyatakan sebagai himpunan rusuk yang berarah E yaitu penghubung depot dengan customer dan juga penghubung antar setiap customer, $E = \{(i,j)|i,j \in V,i \neq j\}$. Semua rute dimulai dengan 0 dan berakhir dengan 0. Himpunan kendaraan K merupakan kumpulan kendaraan yang homogen dengan kapasitas q . Setiap agen i untuk setiap $i \in V$ memiliki permintaan d_i sehingga panjang rute dibatasi oleh kapasitas kendaraan. Setiap rusuk $i,j \in E$ memiliki jarak tempuh c_{ij} dan jarak tempuh diasumsikan simetris yaitu $c_{ij} = c_{ji}$. Variabel keputusan adalah x_{ijk} (Togatorop, 2018):

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika terdapat perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ dengan kendaraan } k \\ 0, & \text{jika tidak terdapat perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ dengan kendaraan } k \end{cases}$$

Permasalahan dari CVRP adalah menentukan himpunan dari K rute kendaraan yang memenuhi kondisi berikut (Rahmawati, 2014) :

1. Setiap rute berawal dan berakhir di depot
2. Setiap konsumen harus dilayani tepat satu kali oleh satu kendaraan
3. Total permintaan konsumen dari setiap rute tidak melebihi kapasitas kendaraan
4. Total jarak dari semua rute diminimumkan.

2.8 Metode Clarke And Wright Savings

Algoritma *clarke and wright Savings* merupakan suatu langkah yang ditemukan oleh *Clarke and Wright* pada tahun 1964. Metode ini merupakan suatu prosedur pertukaran, dimana sekumpulan rute pada setiap langkah ditukar untuk

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang dilayani oleh kendaraan yang berbeda. Seperti pada gambar 2.1. yaitu rute o-i-o dilayani oleh satu kendaraan, dan rute o-j-o dilayani oleh kendaraan lain yang berbeda, dalam hal ini o untuk depot, i dan j untuk node ang lain.

2. Membuat matriks jarak yaitu matriks jarak antara depot dengan node dan antar node. Pengukuran jarak dari node A ke B sama dengan jarak dari B ke A sehingga matriks jarak ini termasuk matriks simetrik. Bentuk umum matriks jarak dapat dilihat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 Bentuk Umum Matriks Jarak

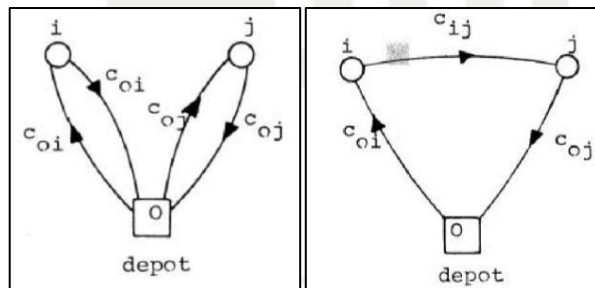
	V_o	...	V_i	...	V_j	...	V_n
V_o	0						
...		0					
V_i	C_{oi}		0				
...							
V_j	C_{oj}				0		
...						0	
V_n	C_{on}						0

(Sumber: Rahmawati, 2014)

Menghitung nilai penghematan (S_{ij}) berupa jarak tempuh dari satu kendaraan yang menggantikan dua kendaraan untuk melayani node i dan j.

$$S_{ij} = C_{oi} + C_{oj} - C_{ij} \dots \dots \dots (2.1)$$

Nilai penghematan adalah jarak yang dapat dihemat jika rute o-i-o digabungkan dengan rute o-j-o menjadi rute tunggal o-i-j-o yang dilayani oleh satu kendaraan dilihat dalam Gambar 2.2)



Gambar 2.2 Penghematan Jarak

3. Membuat matriks penghematan, dimana bentuk umum dari matriks penghematan yang dikembangkan oleh *Clarke and Wright* pada Tabel 2.2:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 2.2 Bentuk Penghematan Matriks Jarak

	V ₁	...	V _i	...	V _j	...	V _n
V ₁	-						
...		0					
V _i	S _{1i}		0				
...							
V _j	S _{1j}		S _{1j}		0		
...						0	
V _n	S _{1n}		S _{in}		S _{jn}		0

(Sumber: Rahmawati, 2014)

4. Memilih sebuah jalur dimana 2 rute yang dapat dikombinasikan menjadi satu rute tunggal. Nilai penghematan tertinggi diambil, kemudian memilih jarak yang terdekat dengan jalur sebelumnya. Iterasi akan berhenti apabila semua entri dalam baris dan kolom sudah terpilih.

Metode *clarke & wright saving heuristics* merupakan metode untuk meminimumkan jarak atau waktu dan ongkos dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada. Kemudian mencari pola distribusi yang optimal dengan indikator minimalisasi waktu. Pembuatan pola distribusi yang baru didasarkan pada model matematis berikut (Fuadi, 2018):

1. Fungsi tujuan

$$\text{Meminimumkan } Z \text{ sum} = \sum_{i=0}^N \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{NK} T^k$$

$$T^k = \delta_0^k + \sum_{i=1}^{nk-1} t_{xi,xi+1,z,r}^k + t_{0,xi,z,r}^k + \sum_{i=1}^{nk-1} \delta_{xi}^k + t_{xi,o,z,r}^k \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\delta_0^k = ts + tm \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\sum_{i=1}^{nk-1} t_{xi,xi+1,z,r}^k = 60 \times \frac{s_{xi,xi+1}^k}{vz} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$t_{0,xi,z,r}^k = 60 \times \frac{s_{0,xi+1}^k}{vz} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\sum_{i=1}^{nk-1} \delta_{xi}^k = \frac{w_{xi}^k}{vb} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$t_{xi,o,z,r}^k = 60 \times \frac{s_{xi,o,z,r}^k}{vz} \dots \dots \dots (2.7)$$

2. Indeks

i = indeks lokasi; i = 0 adalah depot, i = 1,2,..N adalah outlet

k = indeks kendaraan, k = 1,2,..,K

z = indeks tur, z = 1,2,..,Z

r = indeks rute, r = 1,2,3,..,R



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Variabel Keputusan

- NK = jumlah kendaraan
- NR = jumlah rute
- NT = jumlah tur
- δo^k = waktu pemuatan produk saat di depot
- δ_{xi}^k = waktu pelayanan tiap outlet
- $t_{o,xi,xi+1}^k$ = waktu perjalanan tiap node

4. Keterangan variabel

- ts = Waktu set up
- tm = Waktu muat finish good
- δo^k = Waktu pemuatan produk saat di depot
- $t_{xi,xi+1,z,r}^k$ = Waktu perjalanan yang ditempuh kendaraan k dari outlet i menuju outlet selanjutnya pada rute r dan tur z
- $S_{xi,xi+1,z,r}^k$ = Jarak yang dilalui kendaraan k dari outlet ke i menuju outlet berikutnya pada rute r tur z
- vz = Kecepatan truk dalam menempuh perjalanan
- $t_{o,xi,z,r}^k$ = Waktu perjalanan yang ditempuh kendaraan k dari depot menuju outlet i pada rute r tur z
- $S_{o,xi,z,R}^k$ = Jarak yang dilalui kendaraan k dari depot ke outlet i pada rute r tur z
- δ_{xi}^k = Waktu bongkar di outlet i
- w_{xi}^k = Jumlah permintaan produk outlet i pada rute k
- vb = Kecepatan pembongkaran
- $t_{xi,o,z,r}^k$ = Waktu perjalanan yang ditempuh kendaraan k dari outlet akhir menuju depot pada rute r tur z
- $S_{xi,o,z,r}^k$ = Jarak yang dilalui kendaraan k dari outlet terakhir menuju depot pada rute r tur z
- T^k = Total waktu kendaraan k untuk melalui 1 tur dalam 1 kali perjalanan
- H = Horison perencanaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- D = Jarak
- Wk = Kapasitas maksimum seluruh kendaraan atau truk pengiriman
- $t_{o,xi,xi+1,z,r}^k$ = Saat tiba kendaraan k di masing-masing outlet pada rute r tur z
- a_i^h = Jam buka outlet
- b_i^h = Jam tutup outlet

5. Fungsi kendala

- a. Memastikan bahwa setiap komponen dikunjungi tepat satu kali

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{k=1}^{nk} x_i^k = 1$$
- b. Setiap rute perjalanan kendaraan berawal dari depot

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{i=1}^{nk} x_o^k = 1$$
- c. Setiap rute perjalanan kendaraan berakhir di depot

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{i=1}^n x_{i,o}^k = 1$$
- d. Batas kapasitas kendaraan sehingga tidak ada permintaan yang melebihi kapasitas

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{i=1}^n w_i^k \leq w_k$$
- e. Memastikan bahwa setiap pelanggan akan menerima kiriman demand secara penuh

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{i=1}^n w_i^k = x \text{ kg}$$
- f. Memastikan bahwa kendaraan harus sampai di tiap-tiap outlet selama batas *times windows* dari konsumen. Sehingga akan terbentuk interval waktu dengan model sebagai berikut:

$$0 \leq t_{o,xi,xi+1}^k \leq x$$
- g. Horizon perencanaan adalah batasan waktu yang terdapat pada sistem pengiriman produk. Dengan model sebagai berikut:

$$T^k \leq H$$
- h. Variabel keputusan merupakan variabel biner. Formula ini menyatakan bahwa variabel keputusan memiliki nilai 1 atau 0. Dengan model sebagai berikut: $x_{i,o}^k \in (0,1)$

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tahapan yang dilakukan untuk menentukan pola distribusi optimal dengan kriteria *time windows* dan kapasitas kendaraan menggunakan Metode Clark & Wright yang memiliki 4 tahapan sebagai berikut (Fuadi, 2018):

1. Tahap Pertama: Mengidentifikasi matriks jarak

Pada tahapan ini data yang diperlukan adalah data jarak dari gudang atau DC ke masing-masing outlet serta jarak antar outlet dan data tersebut diperoleh dari perusahaan langsung.

2. Tahap 2: Mengidentifikasi matriks penghematan

Pada tahapan ini digambarkan penghematan yang akan didapatkan apabila terjadi penggabungan untuk pengiriman ke beberapa tujuan. Adapaun formulasi untuk mendapatkan jumlah penghematan dapat dilihat pada persamaan 10:

$$S(x,y) = J(G,x) + J(G,y) - J(x,y) \quad (10) \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

S(x,y) = Penghematan Jarak

J = Jarak

G = Gudang

x = Outlet urutan pertama

y = Outlet urutan kedua

Setelah didapatkan matriks penghematan, langkah selanjutnya adalah dengan meranking hasil penghematan jarak dari yang paling besar ke terkecil

3. Tahap 3: Mengalokasikan semua outlet ke kendaraan

Pada tahapan ini ini dilakukan pembagian rute dengan batasan berupa *time windows* dan kapasitas kendaraan dengan langkah sebagai berikut:

a. Menghitung total waktu penyelesaian tur

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan waktu penyelesaian tur yang terdiri dari waktu set up, waktu muat produk di DC, waktu perjalanan semua node dan waktu pelayanan di setiap outlet untuk menentukan jumlah dan tipe kendaraan yang digunakan dalam mendistribusikan produk dengan memperhatikan horison perencanaan.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- b. Mengalokasikan outlet ke kendaraan berdasarkan kapasitas

Pada tahapan ini dilakukan pembagian rute dengan batasan berupa kapasitas kendaraan, dimana kendaraan yang digunakan dalam mendistribusikan produk.

- c. Menghitung utilitas kendaraan

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan utilitas kapasitas kendaraan untuk mengetahui ukuran performansi yang ingin dicapai dari algoritma ini.

Setelah didapatkan rute-rute perjalanan, langkah selanjutnya adalah dengan mencari rute terpendek pada tiap rute perjalanan dengan cara menghitung semua kombinasi pengiriman dan memilih kombinasi dengan total jarak terpendek.

4 Tahap 4: Mengurutkan pelanggan-pelanggan dalam rute

Tahap keempat adalah tahap terakhir yang menghasilkan rute keseluruhan dengan batasan berupa kapasitas truk dan time windows. Pada saat mengurutkan pelanggan di dalam rute, tujuan utama yang harus diperhatikan adalah untuk meminimalkan jarak masing-masing kendaraan yang dilalui. Urutan rute dibuat berdasarkan alternatif yang mungkin dari semua rute yang dilalui.

2.9 Pengukuran Waktu Kerja dengan Jam Henti (*Stop Watch Time Study*)

Pengukuran waktu kerja dengan jam henti (*stop watch time study*) diperkenalkan pertama kali oleh Frederick W. Taylor sekitar abad 19 yang lalu. Metode ini terutama sekali baik diaplikasikan untuk beberapapekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang (*repetitive*). Dari hasil pengukuran maka akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan, yang mana waktu ini akan dipergunakan sebagai standard penyelesaian pekerjaan bagi semua pekerja yang akan melaksanakan pekerjaan yang sama seperti itu (Wignjosoebroto, 2008).

Untuk mendapatkan hasil yang baik, yaitu yang dapat dipertanggung jawabkan maka tidaklah cukup sekedar melakukan beberapa kali pengukuran dengan menggunakan jam henti. Banyak faktor yang harus diperhatikan agar



akhirnya dapat diperoleh waktu yang pantas untuk pekerjaan yang bersangkutan seperti yang berhubungan dengan kondisi kerja, cara pengukuran, jumlah pengukuran dan lain-lain. Di bawah ini adalah sebagian langkah yang perlu diikuti agar maksud di atas dapat dicapai (Sutalaksana, 1979).

1. Penetapan tujuan pengukuran

Sebagai mana halnya dengan berbagai kegiatan lain, yaitu yang dapat dipertanggungjawabkan maka tidaklah cukup sekedar melakukan kegiatan harus ditetapkan terlebih dahulu. Dalam pengukuran waktu, hal-hal penting yang harus diketahui dan ditetapkan adalah untuk apa hasil pengukuran digunakan, berapa tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diinginkan dari hasil pengukuran tersebut.

2. Melakukan penelitian pendahuluan

Suatu hal yang harus dilakukan dalam rangka ini, yaitu membakukan secara tertulis sistem kerja yang dianggap baik. Di sini semua kondisi dan cara kerja dicatat dan dicantumkan dengan jelas serta bila perlu dengan gambar-gambar misalnya untuk tata letak peralatan dan wadah.

3. Memilih operator

Operator yang akan melakukan pekerjaan yang diukur bukanlah orang yang begitu saja diambil dari pabrik. Orang ini harus memenuhi beberapa persyaratan tertentu agar pengukuran dapat berjalan baik, dan dapat diandalkan hasilnya. Syarat-syarat tersebut adalah berkemampuan normal dan dapat diajak nekerja sama.

4. Melatih operator

Walaupun operator yang baik telah didapat, kadang-kadang masih diperlukan adalah bagi operator tersebut terutama jika kondisi dan cara kerja yang dipakai tidak sama dengan yang biasa dijalankan operator.

5. Mengurai pekerjaan atas elemen pekerjaan

Disini pekerjaan dipecah menjadi elemen pekerjaan, yang merupakan gerakan bagian dari pekerjaan yang bersangkutan. Elemen-elemen inilah yang diukur waktunya. Waktu siklusnya jumlah dari waktu setiap elemen ini. Waktu

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

siklus adalah waktu penyelesaian satu satuan produksi sejak bahan baku mulai diproses ditempat kerja yang bersangkutan.

6. Menyiapkan alat-alat pengukuran

Setelah kelima langkah di atas dijalankan dengan baik, tibalah sekarang pada langkah terakhir sebelum melakukan pengukuran yaitu menyiapkan alat-alat yang diperlukan. Alat-alat tersebut adalah jam henti, lembaran-lembaran pengamatan, pena atau pensil dan papan pengamatan.

Adapun langkah-langkah pengukuran kerja dengan metode jam henti (Wignjosoebroto, 2008) :

1. Langkah Persiapan

Pada langkah ini terdapat beberapa bagian lagi, antara lain :

- a. Pilih dan definisikan pekerjaan yang diukur dan ditetapkan waktu standar.
- b. Informasikan maksud dan tujuan kerja pada *supervisor* atau pekerja.
- c. Pilih operator dan catat semua data yang berkaitan dengan sistem operasi pekerjaan yang akan di ukur waktunya.

2. Elemental *Breakdown*

Yaitu menguraikan siklus pekerjaan ke dalam elemen – elemen pekerjaan.

3. Pengamatan dan Pengukuran

Laksanakan pengamatan dan pengukuran waktu sejumlah N pengamatan untuk setiap siklus atau elemen kerja.

4. Melakukan pengukuran Waktu

- a. Uji Keseragaman Data

Hitung rata-rata dengan :

$$X = \sum Xi / N \dots\dots\dots(2.9)$$

Ket :

- X = Rata-rata
- Xi = Data pengukuran
- N = jumlah data pengukuran

Hitung standar deviasi sebenarnya dari waktu penyelesaian dengan:

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Ket :

- σ = Standar deviasi
- X_i = Data pengukuran
- N = jumlah data pengukuran

Terakhir, tentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{X} + \beta \sigma \\ \text{BKB} &= \bar{X} - \beta \sigma \end{aligned} \dots\dots\dots(2.11)$$

Ket :

- BKA = Batas kelas atas
- BKB = Batas kelas bawah
- $\beta = 1$, tingkat kepercayaan 68%
- $\beta = 2$, tingkat kepercayaan 95%
- $\beta = 3$, tingkat kepercayaan 99%
- σ = Standar deviasi

b. Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[\frac{\beta/\alpha \sqrt{N \sum((X^2)) - (\sum(X))^2}}{\sum X} \right]^2 \dots\dots\dots(2.12)$$

Ket:

- β = Harga indeks yang nilainya tergantung dari tingkat kepercayaan (*convidence level*)
- $\beta = 1$, tingkat kepercayaan 68%
- $\beta = 2$, tingkat kepercayaan 95%
- $\beta = 3$, tingkat kepercayaan 99%
- α = derajat ketelitian (*degree of accurancy*)
- X = data hasil pengamatan

Kesimpulan:

Jika $N' \leq N$, maka data sudah cukup.

Jika $N' \geq N$, maka data belum cukup.



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.