

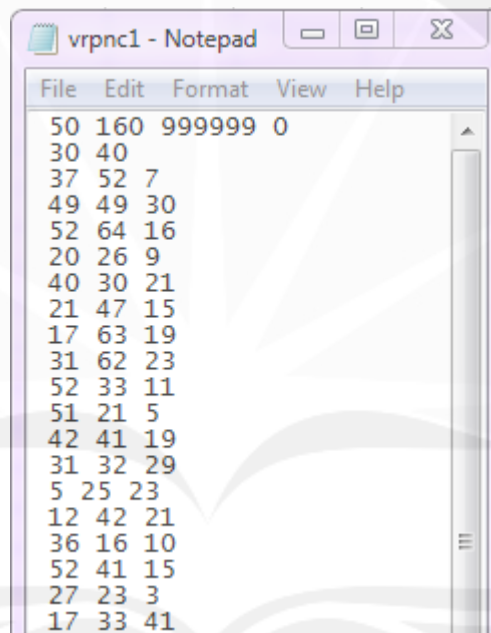
BAB 4

DATA DAN DEFINISI MASALAH

4.1. Data *Capacitated Vehicle Routing Problem*

Program CVRPLB yang dihasilkan diuji dengan data berupa contoh kasus yang disusun oleh peneliti terdahulu. Banyak contoh kasus yang dapat digunakan dalam pengujian permasalahan CVRP. Penelitian ini menggunakan 14 contoh kasus milik Christophides *et al.* (1979). dengan karakteristik yang berbeda.

Data yang digunakan dalam menguji solusi CVRP memuat informasi-informasi berupa jumlah konsumen, koordinat konsumen, koordinat depot, *demand*, kapasitas kendaraan, dan *max route time* untuk tipe kasus tertentu.



File	Edit	Format	View	Help
50	160	999999	0	
30	40			
37	52	7		
49	49	30		
52	64	16		
20	26	9		
40	30	21		
21	47	15		
17	63	19		
31	62	23		
52	33	11		
51	21	5		
42	41	19		
31	32	29		
5	25	23		
12	42	21		
36	16	10		
52	41	15		
27	23	3		
17	33	41		

Gambar 4.1 Format Data yang Digunakan

Contoh kasus milik Christophides *et al.* dinamakan VRPNC. VRPNC dibagi menjadi 2 tipe kasus yang pertama adalah kasus dengan *capacity constrain*, kedua adalah kasus dengan *distance-capacity constrain* Format data yang digunakan pada VRPNC dapat dilihat pada Gambar 4.1.

- a. Baris pertama dari kiri ke kanan berturut-turut berisi data jumlah konsumen yang harus dilayani, kapasitas kendaraan, lama waktu yang diijinkan untuk setiap rute, dan *service time*.
- b. Baris kedua berisi data koordinat x dan y untuk depot.
- c. Baris ketiga dan seterusnya berisi data koordinat x, y, dan *demand* tiap konsumen.

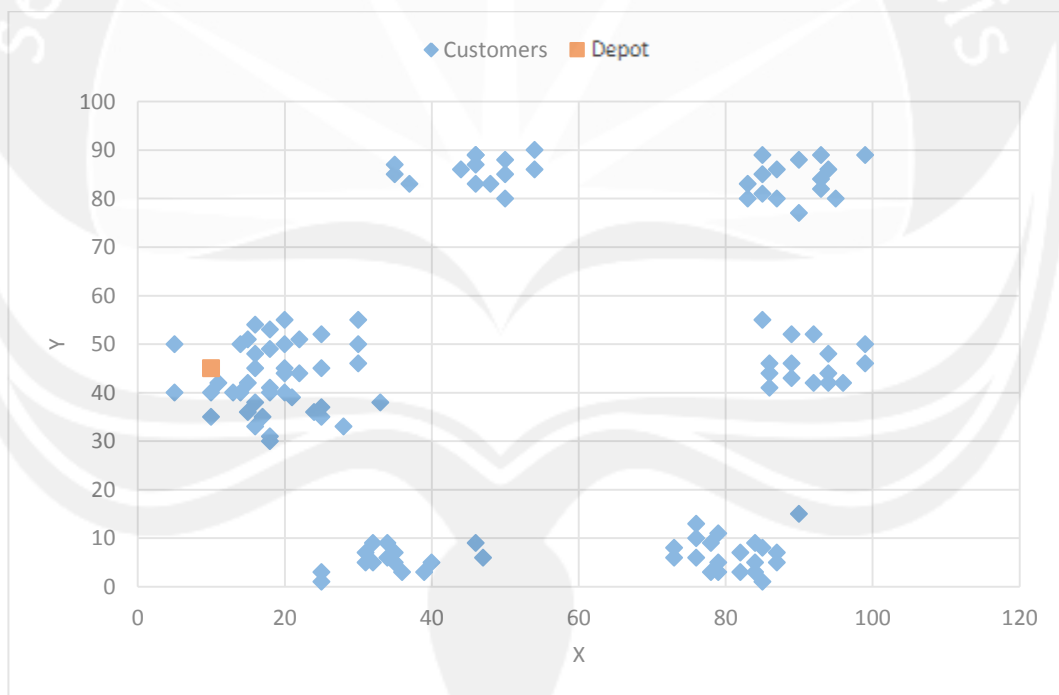
VRPNC 1, 2, dan 3 terdapat masing-masing 50, 75, dan 100 konsumen yang harus dilayani. VRPNC4 terdiri dari 150 konsumen yang merupakan gabungan dari data konsumen VRPNC1 dan VRPNC3. VRPNC5 terdapat 199 konsumen yang didapatkan dari VRPNC4 ditambah dengan 49 konsumen dari VRPNC2. VRPNC4 dan VRPNC5 memiliki jumlah konsumen yang bertambah namun dengan kapasitas yang sama. VRPNC6-VRPNC10 merupakan modifikasi dari VRPNC1-VRPNC5 dengan menambah konstrain berupa *maximum route time*. Lama maksimal yang diijinkan untuk tiap rute untuk VRPNC6-VRPNC10 berturut-turut adalah 200, 160, 230, 200, 200. Total *maximum route time* dihitung dengan menjumlahkan jarak tempuh dengan lamanya *service time* tiap konsumen, dengan jarak tempuh diasosiasikan dengan lama perjalanan. Sehingga jika pada VRPNC1-VRPNC5 *service time* bernilai 0 maka dalam contoh kasus VRPNC6-VRPNC10 memiliki *service time* sebesar 10 satuan untuk setiap konsumen.

VRPNC11 dan VRPNC12 memiliki struktur konsumen yang muncul sebagai *cluster* tidak seperti VRPNC1-VRPNC10 yang struktur konsumen didapatkan secara acak dengan distribusi *uniform* (Gambar 4.6.). VRPNC13 merupakan modifikasi VRPNC11 dengan menambahkan konstrain berupa *maximum route time* sebesar 720 dengan *service time* sebesar 50 satuan. Struktur konsumen dan depot untuk VRPNC 11 dan VRPNC13 dapat dilihat pada Gambar 4.2. VRPNC 14 merupakan modifikasi VRPNC12 dengan menambahkan konstrain berupa *maximum route time* sebesar 1040 satuan dengan *service time* sebesar 90 satuan. Struktur konsumen dan kendaraan pada VRPNC12 dan VRPNC14 dapat dilihat pada Gambar 4.3. Secara rinci karakteristik data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

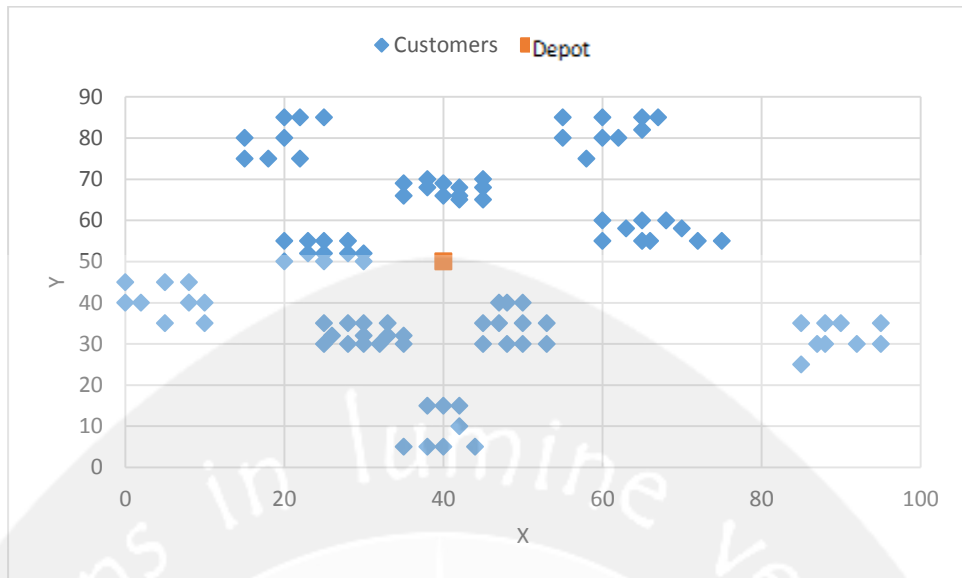
Dalam semua kasus, *travel time* diasumsikan sama dengan jarak yang ditempuh setiap rute. Oleh karena itu untuk VRPNC1 - 5, 11 dan 12 merupakan kasus dengan tipe *capacity constrain* dan VRPNC6 - 10, 13 dan 14 merupakan kasus dengan tipe *capacity-distance constrain* karena pada VRPNC6 - 10, 13 dan 14 memiliki batasan berupa *maximum route time*.

Tabel 4.1 Karakteristik Data VRPNC yang Digunakan

	<i>number of customer</i>	<i>vehicle capacity</i>	<i>maximum route time</i>	<i>service time</i>
VRPNC1	50	160	999999	0
VRPNC2	75	140	999999	0
VRPNC3	100	200	999999	0
VRPNC4	150	200	999999	0
VRPNC5	199	200	999999	0
VRPNC6	50	160	200	10
VRPNC7	75	140	160	10
VRPNC8	100	200	230	10
VRPNC9	150	200	200	10
VRPNC10	199	200	200	10
VRPNC11	120	200	999999	0
VRPNC12	100	200	999999	0
VRPNC13	120	200	720	50
VRPNC14	100	200	1040	90



Gambar 4.2 Lokasi Customer dan Depot pada VRPNC11 dan VRPNC13



Gambar 4.3 Lokasi *Customer* dan Depot pada VRPNC12 dan VRPNC14

4.2. Penyesuaian Data Input

Program yang akan dibuat didasarkan pada program yang dikembangkan Ai (2008) untuk menyelesaikan kasus *generalized vehicle routing problem* GVRP. Program GVRP diuji menggunakan contoh kasus khusus untuk GVRP yang digambarkan pada Gambar 4.4.

RL1.txt - Notepad

File Edit Format View Help

PROBLEM RL1

NO CUST 200
NO VHCL 16

CUST. NO.	XCOORD.	YCOORD.	DELVR DEMAND	PICKUP DEMAND	READY TIME	DUE TIME	SERVICE TIME
0	50	50	0	0	0	500	0
1	46	73	3	24	82	487	10
2	52	20	9	1	35	193	10
3	16	86	26	15	10	287	10
4	75	68	21	11	31	421	10
5	77	84	8	11	3	285	10
6	65	51	21	29	60	170	10
7	1	50	6	11	2	278	10
8	34	57	15	13	77	356	10
9	15	53	14	12	14	116	10
10	18	57	6	22	75	150	10
11	52	49	5	26	28	110	10
12	69	5	23	26	86	363	10
13	64	18	4	24	26	283	10
14	81	66	14	18	68	208	10
15	72	35	21	17	77	376	10
16	58	62	1	3	90	108	10
17	61	93	30	22	3	302	10
18	30	58	11	1	79	342	10
19	3	49	30	2	54	393	10
20	13	67	19	10	97	343	10
21	16	17	22	11	37	390	10

Gambar 4.4 Contoh Kasus GVRP

Gambar 4.4 memperlihatkan data apa saja yang dibutuhkan dalam menyelesaikan kasus GVRP (CVRP, VRPTW, VRPSD, HFVRP). Dilihat dari format data dan data yang tersaji pada VRPNC jelas berbeda dengan data contoh kasus yang digunakan pada GVRP. Selanjutnya akan dijelaskan tahapan penyesuaian data yang digunakan agar data VRPNC dapat digunakan program dalam memproses permasalahan.

4.2.1 Data Input VRPNC

Data contoh kasus yang digunakan pada GVRP secara format maupun informasi yang disajikan memiliki beberapa perbedaan. Pada Tabel 4.2. dijelaskan perbandingan data antara GVRP dan VRPNC.

Tabel 4.2 Perbandingan Data GVRP dan VRPNC

	GVRP	VRPNC
No. Cust	√	√
No. Vehicle	√	-
X	√	√
Y	√	√
<i>Delivery Demand</i>	√	√
<i>Pickup Demand</i>	√	0
Ready Time	√	0
Due Time	√	99999999
Service Time	√	√
Capacity	√	√
Time Limit	√	√
Fix Cost	√	0
Variable cost	√	1

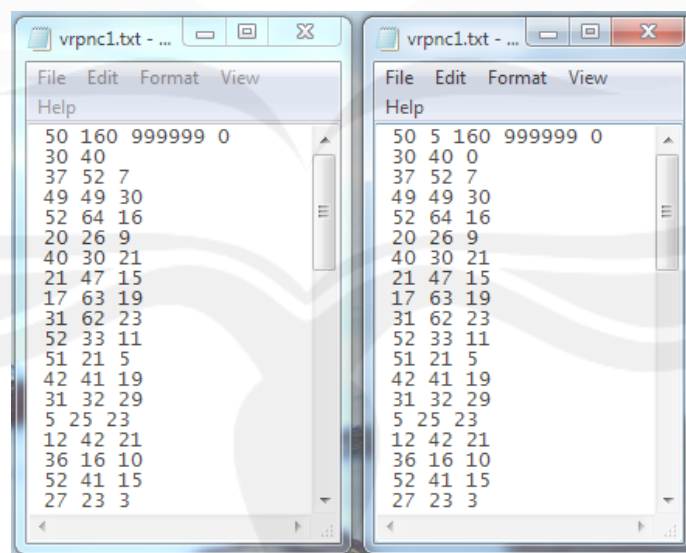
Data yang terdapat pada kedua contoh kasus di atas ada beberapa perbedaan. Berikut adalah pembahasan tentang perbandingan data kedua contoh kasus di atas :

- Jumlah kendaraan: Jumlah kendaraan dalam GVRP sudah diketahui. Sedangkan pada VRPNC jumlah kendaraan tidak diketahui, karena dalam VRPNC hanya mencatat nilai objektif terbaik tanpa menentukan jumlah kendaraan terlebih dahulu. Namun pada penelitian ini jumlah kendaraan sudah ditentukan menggunakan data pada *Best Known Solution* (BKS) untuk setiap VRPNC.
- Pickup Demand* : Data ini diperlukan untuk kasus GVRP agar program GVRP ini dapat menyelesaikan kasus VRPSD. Kendaraan pada kasus VRPSD tidak hanya mengirim barang ke konsumen namun juga mengambil barang dari

konsumen. Namun pada kasus yang akan diselesaikan pada penelitian ini data tersebut tidak diperlukan sehingga dianggap bernilai 0

- c. *Due Time* : *Due time* digunakan untuk kasus VRP dengan *time windows*. Kasus dengan *time windows*, konsumen memiliki jangka waktu tertentu untuk dapat didatangi, oleh karena itu data berupa *due time* diperlukan. Pada kasus CVRP yang tidak memiliki *time windows* maka *due time* ditiadakan atau dengan kata lain tidak batas waktu untuk mengunjungi konsumen. Pada penelitian ini data *due time* digantikan dengan angka yang besar yang berarti tidak ada batasan waktu. Beberapa kasus dengan tipe *distance-capacity constrain* (VRPNC6 - 10, 12, dan 13) *due time* berubah menjadi *max route time* yang menjadi batasan waktu rute dalam melayani konsumen.
- d. *Fix Cost* dan *Variable Cost* : Pada penelitian ini *fix cost* ditiadakan karena pada CVRP jarak tempuh merepresentasikan ongkos perjalanan yang dikeluarkan. Jadi *fix cost* dianggap tidak ada dan *variable cost* = 1.

Setelah penyesuaian data kedua contoh kasus. Maka terdapat sedikit penyesuaian format data pada VRPNC. Baris pertama pada Gambar 4.5 menunjukkan penambahan data berupa jumlah kendaraan dan pada baris kedua ditambah *demand* untuk depot dengan jumlah 0.



Gambar 4.5 Perbandingan VRPNC asli (kiri) dan VRPNC baru (kanan)

Dengan penyesuaian ini maka format dan konten data yang ada pada VRPNC sudah sesuai dengan program GVRP. Langkah selanjutnya adalah melakukan modifikasi penulisan *coding* pada program GVRP agar dapat membaca data dengan format VRPNC.

4.2.2 Penyesuaian Program pada *Input* VRPNC

Pada program GVRP terdapat *Method ReadDataGVRPSPD* yang digunakan dalam membaca data GVRP. Modifikasi dilakukan pada *Method* ini agar dapat membaca format VRPNC yang berbeda dengan format data GVRP. Gambar 4.6 menunjukkan penulisan *coding* pada program agar dapat membaca format data GVRP seperti pada Gambar 4.4.

```
void ReadDataGVRPSPD(string FileName)
{
    string strInput = "";
    //open file
    System.IO.TextReader tr = new
    System.IO.StreamReader(FileName);

    //read 4 blank lines
    //read number of vehicle/customer and vehicle capacity
    for (int i = 0; i < 5; i++)
        strInput = tr.ReadLine();
    string[] store1 = strInput.Split('\t');

    int k = 0;
    string[] store2 = new string[10];
    for (int i = 0; i < store1.Length; i++)
        if (store1[i] != "")
            store2[k++] = store1[i];

    nCustomer = Convert.ToInt32(store2[0]);
    nVehicle = Convert.ToInt32(store2[1]);
}
```

Gambar 4.6. Coding Read Data Input

Pembacaan program pada file input dilakukan secara urut tiap baris. Data yang terdapat pada contoh kasus dimasukkan ke dalam variabel yang nantinya digunakan dalam proses mencari solusi. *Coding* yang dituliskan supaya data VRPNC terbaca program dapat dilihat pada Gambar 4.7.

4.3. Data Solusi Terbaik

Hasil pada sebuah penelitian VRP akan dibandingkan dengan hasil pengujian terbaik pada penelitian sebelumnya. Hasil penelitian terdahulu yang dimaksud adalah data solusi terbaik yang diketahui (*Best Known Solution*). *Best Known Solution* (BKS) adalah nilai dari fungsi tujuan terbaik yang pernah ada untuk sebuah kasus. Untuk kasus CVRP, BKS berisi rute yang memiliki nilai objektif (*cost*) paling kecil sepanjang penelitian tentang CVRP. BKS akan selalu diperbaharui setiap ada peneliti yang menemukan solusi yang lebih baik. BKS dibedakan berdasarkan data pengujian yang digunakan dalam menguji hasil

penelitian. Penelitian ini menggunakan data dari Christophides, oleh karena itu pada Tabel 4.3 ditampilkan data BKS untuk contoh kasus VRPNC. Tabel 4.3 menampilkan jumlah kendaraan yang digunakan sehingga didapatkan nilai BKS tersebut.

```
void ReadDataCVRPLB(string FileName)
{
    string strInput = "";
    //open file
    System.IO.TextReader tr = new
System.IO.StreamReader(FileName);
    //read 4 blank lines
    //read number of vehicle/customer and vehicle capacity
    strInput = tr.ReadLine();
    string[] store1 = strInput.Split(' ');

    int k = 0;
    string[] store2 = new string[10];
    for (int i = 0; i < store1.Length; i++)
        if (store1[i] != "")
            store2[k++] = store1[i];

    nCustomer = Convert.ToInt32(store2[0]);
    nVehicle = Convert.ToInt32(store2[1]);
    nCapacity = Convert.ToInt32(store2[2]);
    TimeLimit = Convert.ToInt32(store2[3]);
    droptime = Convert.ToInt32(store2[4]);
}
```

Gambar 4.7. Coding Read data input VRPNC

Kasus CVRPLB menjadikan besarnya rentang *load* kendaraan perhatian dan menjadi masalah yang harus diselesaikan. BKS untuk contoh kasus dari Christofides dihasilkan rentang yang cukup besar untuk *load* kendaraan untuk setiap rute yang dihasilkan. Tabel 4.4 menampilkan rentang *load* kendaraan yang terjadi pada setiap contoh kasus.

Tabel 4.3 Data solusi terbaik

Problem	BKS	Number of Vehicle
VRPNC 1	524,61	5
VRPNC 2	835,26	10
VRPNC 3	826,14	8
VRPNC 4	1028,4	12
VRPNC 5	1291,3	17
VRPNC 6	555,43	5
VRPNC 7	909,68	11

Tabel 4.3. Lanjutan

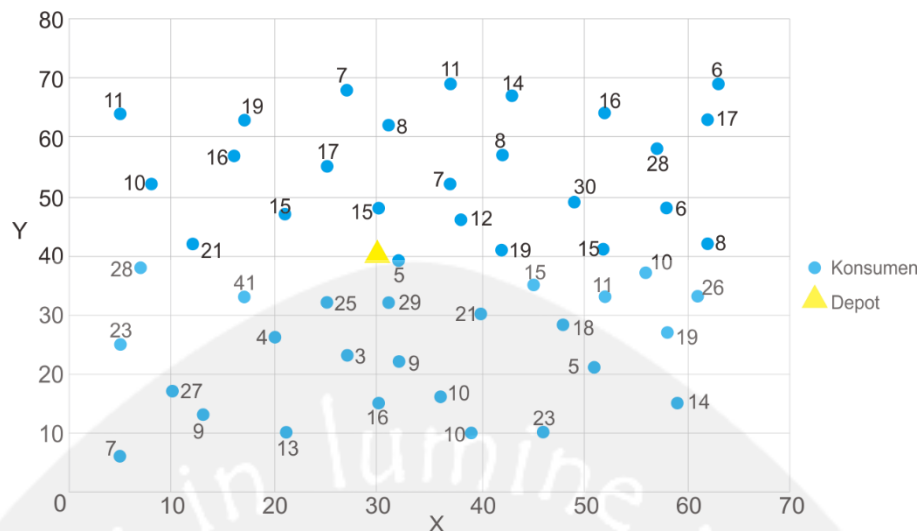
Problem	BKS	Number of Vehicle
VRPNC 8	865,94	9
VRPNC 9	1162,6	17
VRPNC 10	1395,9	18
VRPNC 11	1042,1	5
VRPNC 12	819,56	10
VRPNC 13	1541,1	11
VRPNC 14	866,37	11

Tabel 4.4 Data Beban Kerja

Problem	Min	Max	Rata-rata	Rentang load kendaraan	
VRPNC1	149	160	155.4	11	7.1%
VRPNC2	126	140	136.4	14	10.3%
VRPNC3	108	199	182.3	91	49.9%
VRPNC4	64	200	186.3	136	73.0%
VRPNC5	19	200	187.4	181	96.6%
VRPNC6	80	155	129.5	75	57.9%
VRPNC7	87	140	123.5	53	42.9%
VRPNC8	93	199	162.0	106	65.4%
VRPNC9	109	198	159.6	89	55.7%
VRPNC10	54	200	177.0	146	82.5%
VRPNC11	188	200	196.4	12	6.1%
VRPNC12	150	200	181.0	50	27.6%
VRPNC13	92	162	125.0	70	56.0%
VRPNC14	60	200	164.5	140	85.1%

4.4. Definisi Masalah

Vehicle Routing Problem merupakan kasus permasalahan distribusi yang mencari sejumlah rute yang terbaik dalam melayani sejumlah konsumen oleh sejumlah kendaraan dari sebuah depot. Permasalahan VRP diilustrasikan pada Gambar 4.8. Konsumen memiliki *demand* yang harus dipenuhi depot dengan sejumlah kendaraan. Dalam CVRP, sejumlah kendaraan yang digunakan memiliki kapasitas yang sama dan terbatas.



Gambar 4.8. Ilustrasi Permasalahan VRPNC1

CVRP memiliki fungsi tujuan meminimalkan jarak dari rute yang terbentuk, oleh karena itu, rute yang terbentuk dalam CVRP merupakan rute yang memiliki jarak terpendek. Rute terpendek yang terbentuk untuk VRPNC1 dapat dilihat pada Gambar 4.9. Meminimasi jarak tempuh secara otomatis meminimasi ongkos perjalanan kendaraan karena biaya variabel yang ditetapkan adalah 1 sehingga jarak tempuh dapat dikatakan identik dengan ongkos perjalanan.

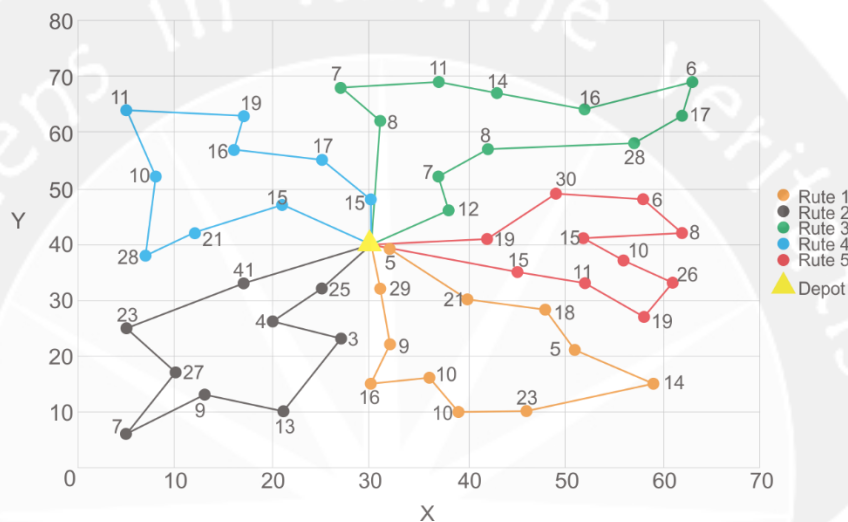
Permasalahan yang akan dibahas disini adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem with Load Balancing*. Setiap titik yang terdapat pada Gambar 4.8. terdapat angka yang menunjukkan *demand* yang harus dipenuhi oleh pengantar dengan kendaraan dan kapasitas yang dimilikinya. Beban kerja yang dimaksud adalah *load* yang dibawa kendaraan dalam memenuhi *demand* setiap konsumen dan keseimbangan beban kerja dianggap baik jika memiliki rentang yang kecil untuk *load* yang harus dibawa kendaraan dan berlaku sebaliknya. Setiap kendaraan memiliki jumlah *load* yang berbeda dengan kendaraan yang lainnya. Rentang *load* dapat dihitung dengan menghitung selisih *load* tertinggi dan *load* terendah. Sehingga dapat dikatakan rute akan memiliki keseimbangan beban kerja yang baik jika memiliki rentang *load* kendaraan yang kecil.

Penyelesaian yang dihasilkan untuk CVPLB merupakan rute yang meminimasi ongkos perjalanan sekaligus meminimasi rentang *load* kendaraan. Jika algoritma PSO pernah digunakan dalam menyelesaikan kasus CVRP maka untuk CVRPLB yang memiliki dua fungsi tujuan maka digunakan algoritma MOPSO yang merupakan pengembangan algoritma PSO dalam menyelesaikan kasus *multi objective*. *Multi Objective Optimization* digunakan agar rute yang terbentuk

memenuhi kedua fungsi tujuan sekaligus. Fungsi tujuan yang digunakan dalam CVRPLB adalah :

- Fungsi tujuan 1 : Meminimasi ongkos perjalanan yang identik dengan jarak tempuh rute.
- Fungsi tujuan 2 : Meminimasi rentang *load* kendaraan yang didapatkan dari mengurangi *load* tertinggi dengan *load* terendah.

Kedua fungsi tujuan tersebut yang akan digunakan dalam acuan melihat rute yang terbentuk pada penelitian ini.



Gambar 4.9. Best Known Solution Permasalahan VRPNC1

Secara singkat masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Diketahui : Jumlah konsumen, koordinat depot dan konsumen, *demand* setiap konsumen, waktu pelayanan, dan kapasitas kendaraan.
- Asumsi : Jarak tempuh, ongkos perjalanan dan waktu tempuh adalah identik.
- Hasil : Rute distribusi untuk melayani semua konsumen.
- Yang ingin dicapai : (1) Meminimasi ongkos perjalanan, (2) Meminimasi rentang *load* kendaraan.