

OPTIMASI PENJADWALAN PENGANGKUTAN SAMPAH DI SURABAYA SECARA ADAPTIF MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA

Arna Fariza, Entin Martiana K, Ira Prasetyaningrum S, Febrianto Nur Anwari

Departemen Informatika dan Komputer

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

arna@eepis-its.edu, entin@eepis-its.edu, ira@eepis-its.edu

Abstrak. Sistem Pengangkutan sampah di Kota Surabaya dibagi menjadi dua bagian, yaitu sistem pengangkutan dari Kelurahan/Kecamatan (KK) ke Lahan Pembuangan Sementara (LPS) kemudian ke Lahan Pembuangan Akhir (LPA). Untuk melaksanakan sistem pengangkutan ini, setiap harinya telah disediakan gerobak tarik untuk mengangkut sampah dari KK ke LPS. Juga terdapat armada truk pengangkut sampah yang disediakan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan untuk mengangkut sampah dari LPS ke LPA. Armada-armada yang bekerja dari LPS ke LPA ini selalu bekerja secara teratur dan sesuai dengan perintah yang diberikan. Namun, rute-rute yang dilewati dan jadwal pengangkutan tiap hari bisa berubah-ubah dan sesuai dengan keinginan sopir dari armada yang bersangkutan. Oleh karena itu, terkadang sampah masih menumpuk di satu LPS karena sampah yang datang dari KK lebih banyak daripada biasanya, sedangkan kinerja armada pengangkutan tidak bisa menyesuaikan dengan kondisi tersebut. Pada penelitian ini, dikembangkan sebuah sistem optimasi penjadwalan tersebut dengan menggunakan Algoritma Genetika. Masing-masing solusi direpresentasikan kedalam tiap-tiap individu genetik dimana tiap individu merepresentasikan sebuah solusi rute pengangkutan. Kemudian dengan melakukan beberapa operasi seleksi, cross over dan mutasi terhadap individu-individu tersebut, akan menghasilkan individu baru berupa solusi paling optimal yang merepresentasikan rute terpendek yang dapat dilalui oleh truk armada pengangkutan sampah. Untuk mempermudah penyampaian informasi digunakanlah teknologi Google Maps API yang dapat menunjukkan rute-rute yang bisa dilewati untuk mengambil sampah di titik-titik LPS tersebut hingga dibawa ke LPA. Hasil dari sistem optimasi ini menunjukkan bahwa satu truk armada bisa digunakan untuk mengangkut sampah lebih dari satu LPS, asalkan volume sampah tidak melebihi kapasitas truk. Dengan demikian, sistem ini bisa menekan biaya bahan bakar untuk proses pengangkutan sampah sehari-hari.

Kata Kunci: Sistem Optimasi, Algoritma Genetika, Rute Optimal, Google Maps API

Sampah adalah salah satu masalah yang cukup pelik bagi beberapa kota besar seperti di Surabaya ini. Volume sampah yang cukup besar dan tidak sesuai dengan kapasitas Lahan Pembuangan di wilayah Kecamatan dan Kelurahan (KK) serta di Lahan Pembuangan Sementara (LPS) dan Lahan Pembuangan Akhir (LPA) adalah salah satu masalahnya.

Menurut Tim Studi Japan International Cooperation Agency (JICA) sebagaimana dilaporkan Departemen Pekerja Umum (1993) antara tahun 1992-2010 bahwa sampah rumah tangga Kota Surabaya mengalami pertumbuhan

5% setiap tahunnya yang disebabkan kenaikan jumlah penduduk sekitar 1,6% per tahun, peningkatan timbulan sampah per kapita 3,4% per tahun [1]. Kepadatan penduduk di area seluas 32,4 hektar dengan jumlah penduduk 3.024.321 jiwa ini selanjutnya diikuti dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi pula.

Permasalahan sampah tidak hanya pada volume-nya saja. Kurangnya kinerja antar instansi-instansi terkait dalam mengelola sampah ini juga masih menjadi masalah. Meskipun kinerjanya bisa dikatakan cukup baik, tetapi masih saja terjadi penumpukan

sampah di suatu KK dan LPS sehingga mencemari udara disekitarnya. Untuk itu, diperlukan sebuah sistem yang baik agar pengangkutan sampah dari KK ke LPS kemudian dilanjutkan ke LPA lebih teratur, sehingga bisa mengurangi resiko pencemaran udara yang disebabkan penumpukan sampah tersebut.

Untuk mengatasi hal tersebut, pada penelitian ini dibangun sebuah aplikasi perangkat lunak (software) yang bisa digunakan untuk mengoptimasikan penjadwalan pengangkutan sampah tersebut. Sistem ini terdiri dari dua bagian pokok. Yang pertama adalah sistem optimasi dari LPS ke LPA, dan yang kedua adalah visualisasi optimasi tersebut dengan memanfaatkan Google Maps API. Dengan menggunakan teknologi ini, diharapkan sistem penjadwalan dalam manajemen dan pengelolaan sampah ini bisa lebih maksimal.

Sarwoko Mangkoedihardjo [2] dalam papernya yang berjudul “Peningkatan Kualitas Lingkungan Perkotaan: Pengelolaan Sampah dalam Perspektif Berkelanjutan” menjelaskan bagaimana proses pengolahan sampah di Surabaya dan apa saja infrastrukturnya. Dia menyebutkan bahwa Sistem umum manajemen sampah Surabaya saat ini melingkup area kota dengan pembuangan akhir sentralistik. Simpul-simpul sistemnya terdiri dari 5 jenis fasilitas pembuangan, yang kesemuanya terbuka untuk pembuangan sampah campuran. Pertama adalah bak sampah (BS) yang dikelola oleh masyarakat. Fasilitas kedua, yaitu pengangkutan sampah dari BS ke lahan pembuangan sementara (LPS). Bentuk fasilitasnya setara dengan gerobak tarik (GT). Jumlah GT per RW sekitar 1 – 2 unit, jumlah RW per kelurahan antara 5 – 7 dan dengan jumlah 168 kelurahan maka diperkirakan terdapat GT sejumlah 1.500 unit. Ketiga adalah LPS, yang dikelola Dinas Kebersihan. LPS dapat berupa depo berukuran luas rata-rata 250 m² dengan luas lahan aktif operasional pembuangan sekitar 150 m² dan berupa landasan berukuran luas rata-rata 100 m², yang dapat dioperasikan penuh. Keempat adalah

fasilitas pengangkutan sampah dari LPS ke lahan pembuangan akhir sampah (LPA). Truk angkutan sampah (TA) adalah bentuk umum fasilitasnya. Ini berarti tiap TA melayani sekitar 2 LPS, atau 120 m³/hari harus diangkut. Jika tiap truk bermuatan penuh 12 m³ dan beroperasi 3 kali/hari, maka pengosongan sampah dari LPS ke LPA hanya sebesar 36 m³/hari, atau 30 % dari seharusnya. Kelima adalah fasilitas LPA itu sendiri, yang dikelola Dinas Kebersihan. Cara pembuangan yang dilakukan adalah hamparan terbuka (open dumping).

Berdasarkan penelitian diatas dan juga penjelasan mengenai berbagai macam tempat pembuangan sampah tersebut, dibuat sebuah sistem yang bisa melakukan optimasi dalam pengangkutan sampah dari LPS ke LPA ini.

SISTEM OPTIMASI PENJADWALAN PENGANGKUTAN SAMPAH SECARA ADAPTIF

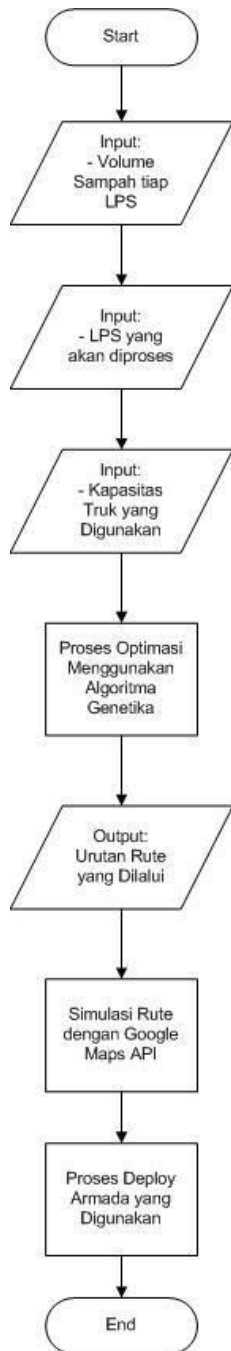
Sistem terbagi menjadi dua bagian pokok, yaitu pembuatan sistem optimasi penjadwalan pengangkutan sampah dari LPS ke LPA menggunakan Algoritma Genetika dan visualisasi rute yang menggunakan teknologi peta dari Google Maps API. Diagram alir sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

Keterangan:

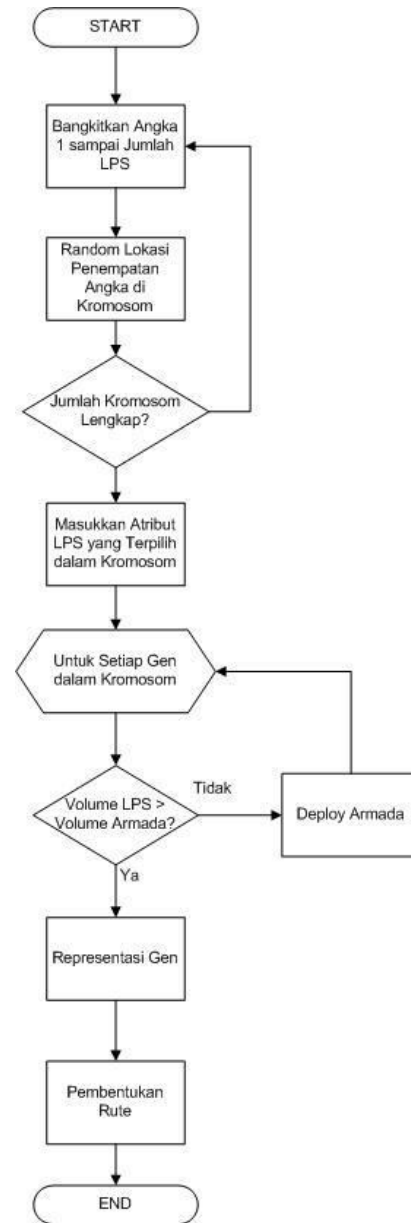
1. Sistem ini mengatur jalur pengangkutan sampah dari LPS ke LPA.
2. Untuk jalur pengangkutan, maka sistem akan memilih jalur yang baik untuk dilewati armada pengangkut sampah.
3. Rute yang ditempuh setiap hari selalu berubah-ubah secara adaptif, tergantung kepada volume sampah di satu LPS.
4. Input dari sistem optimasi ini adalah lokasi LPS, dan volume sampah yang ada di LPS tersebut. Setelah menerima input tersebut, sistem akan memberikan saran berapa jumlah armada yang harus diterjunkan untuk mengangkut sampah tersebut Hasil ini akan disinkronisasikan dengan sistem yang menangani jalur pengangkutannya, dan kemudian akan memberikan output berapa kali sampah tersebut harus diangkut, beserta

jalur yang harus dilalui armada dari LPS menuju ke LPA.

5. Sistem ini dituntut untuk adaptif mengikuti volume sampah yang tentu berubah-ubah setiap harinya. Sedangkan untuk jadwal pengangkutan, ditentukan secara manual oleh admin sistem ini.
6. Sistem juga bisa digunakan untuk perhitungan dan proses pembagian tugas armada berdasarkan rute yang harus dilalui pada hari itu.



Gambar 1. Diagram alir sistem



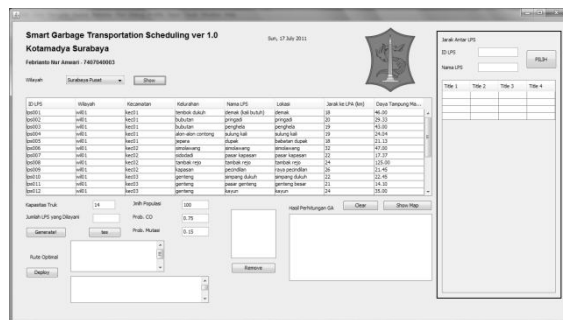
Gambar 2. Alur Representasi Genetika

Representasi Algoritma Genetika

Algoritma Genetika yang dibangun merupakan pengembangan dari solusi permasalahan Travelling Salesman Problem (TSP) Representasi genetika sangat berpengaruh terhadap solusi yang didapatkan. Secara garis besar, representasi genetika dalam sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2. Seleksi digunakan untuk menentukan individu-individu mana saja yang akan dipilih untuk dilakukan rekombinasi dan bagaimana offspring terbentuk dari individu-individu yang terpilih tersebut [3]. Dalam sistem ini, strategi

seleksi menggunakan Roulette Wheel. Untuk melakukan rekombinasi, dalam sistem ini digunakan proses rekombinasi Order CrossOver atau yang lebih dikenal dengan Metode OX. Mutasi menggunakan teknik swapping yaitu dengan menukar 2 gen pada satu individu.

Untuk memasukkan semua transaksi yang ada digunakan form utama. User dapat menginputkan parameter-parameter yang digunakan, seperti jumlah LPS yang akan dilayani, kapasitas truk yang digunakan, serta parameter-parameter yang dibutuhkan dalam Algoritma Genetika, seperti jumlah populasi, jumlah generasi, probabilitas Cross Over dan Probabilitas Mutasi seperti Gambar 3.

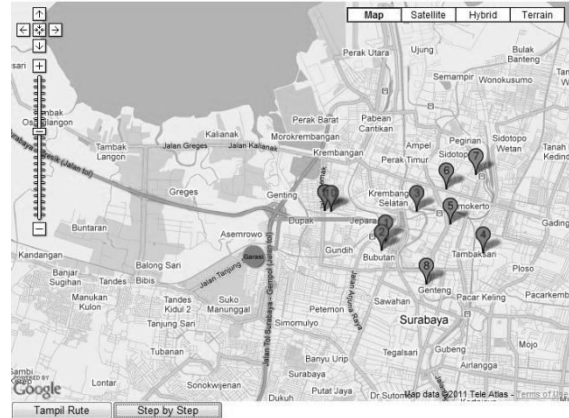


Gambar 3. Form transaksi utama

Visualisasi Rute dengan Google Maps API

Google Maps adalah layanan gratis Google yang memungkinkan untuk menambah fitur Google Maps dalam web yang dibangun dengan Google Maps API. Google Maps API merupakan library JavaScript yang memungkinkan untuk mengakses peta dunia dari Google Maps[4].

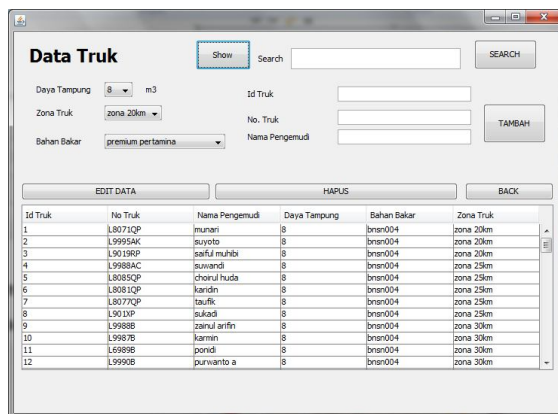
Untuk mensimulasikan rute hasil optimasi, digunakan Google Maps API. Google Maps API digunakan untuk menampilkan marker secara acak disebuah peta[5]. Google Maps API berkomunikasi dengan MySQL dalam bentuk XML. XML mengkomunikasikan Google Maps API dengan data hasil optimasi, sehingga Google Maps API bisa mensimulasikan rute sesuai dengan permintaan dari sistem optimasi. Hasil dari Simulasi Sistem Optimasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Visualisasi Rute dengan Google Maps API

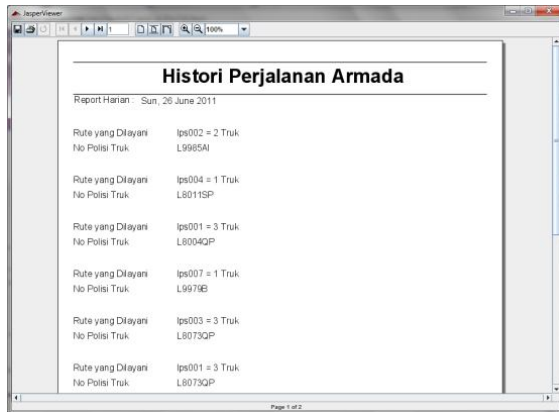
Antar Muka User

Untuk memudahkan user memasukkan data truk dibuat form master. Form ini digunakan untuk memasukkan data truk sampah, yang terdiri dari nama pengemudi dan nomor polisi. Form master dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Form master

Selain itu terdapat laporan histori perjalanan armada truk yang melayani rute LPS yang dilewati. Untuk membuat report, digunakan plugin iReport milik Netbeans, dan juga library jasper. Report digunakan untuk menampilkan informasi histori perjalanan armada yang dapat dicetak untuk rekap harian seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Histori perjalanan armada

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji coba pertama dilakukan dengan menggunakan sampel data 10 titik LPS pada Gambar 7 dan dilakukan dalam sepuluh kali percobaan untuk diambil hasil terbaiknya.

	id_lps	nama_lps	jarak_lps	daya_tampung
<input type="checkbox"/>	lps001	demak (kali butuh)	18	46.00
<input type="checkbox"/>	lps002	pringadi	20	29.33
<input type="checkbox"/>	lps003	penghela	19	43.00
<input type="checkbox"/>	lps004	sulung kali	19	24.04
<input type="checkbox"/>	lps005	dupak	18	21.13
<input type="checkbox"/>	lps006	simolawang	32	47.00
<input type="checkbox"/>	lps007	pasar kapasas	22	17.37
<input type="checkbox"/>	lps008	tambak rejo	24	125.00
<input type="checkbox"/>	lps009	pecindilan	26	21.45
<input type="checkbox"/>	lps010	simpang dukuh	22	22.45

Gambar 7. Data Uji Coba 10 LPS

Percobaan dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter algoritma genetika seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Uji Coba

Jumlah LPS	Tipe Armada	Populasi	Prob. CrossOver	Prob. Mutasi
10	14 m3	100	0.75	0.15

Tabel 2. Hasil Uji Coba

Percobaan Ke-	Jarak yang Dihasilkan	Running Time (detik)	Solusi Pada Generasi Ke-
1	150	56	7
2	145.88	47	5
3	146.4	100	10
4	151.7	125	12
5	145.88	56	7
6	151.57	56	7
7	151.48	54	5
8	148	90	9
9	150.8	140	12
10	153.1	88	9

Uji coba dilakukan sebanyak sepuluh kali, hasil yang didapatkan bisa dilihat dalam Tabel 2. Dari percobaan dapat dilihat bahwa dari 10 kali percobaan dengan menggunakan data dan parameter sama, algoritma ini bisa memberikan hasil yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh pembangkitan populasi awal dari algoritma genetika ini.

Hasil terbaik terjadi pada percobaan kelima, yaitu didapatkan jarak sebesar 145.88 km sebagai solusi optimal. Dari hasil solusi tersebut ditampilkan armada dan rute LPS yang dilalui seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Rute Terbaik dari 10 LPS

Kendaraan ke-	Rute yang Diambil
1	Garasi -> lps003 -> lps002 -> lps004 -> LPA
2	Garasi -> lps008 -> LPA
3	Garasi -> lps009 -> lps007 -> LPA
4	Garasi -> lps006 -> lps010 -> LPA
5	Garasi -> lps001 -> lps005 -> LPA

Setelah itu, dilakukan visualisasi rute terbaik tersebut kedalam Google Maps. Rute ditampilkan dalam bentuk titik dengan warna yang berbeda yang menunjukkan armada yang berbeda beserta titik LPS yang dilewati seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Visualisasi Rute Optimal

Dari hasil ujicoba dan visualisasi rute dapat dilihat, bahwa dengan menggunakan sistem optimasi ini, satu armada kendaraan bisa mengambil lebih dari satu LPS, asalkan masih muat dan tidak melebihi kapasitas dari armada tersebut. Secara normal 10 LPS dilalui oleh 10

armada truk. Dengan sistem yang dibuat ini, hanya membutuhkan 5 truk untuk melalui 10 LPS sehingga bisa menekan biaya bahan bakar, yang semula harus mengeluarkan biaya untuk 10 truk menjadi hanya 5 truk saja.

Uji coba kedua menggunakan beberapa perubahan parameter. Masing-masing perubahan parameter ini dilakukan uji coba sebanyak lima kali, dan hasil terbaik seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil uji coba parameter algoritma genetika

Jumlah LPS	Volume Armada (m ³)	Mutasi	Cross Over	Jarak Terbaik	Waktu Running (detik)
10	14	0.1	0.75	145.9	114
			0.8	147.6	126
			0.9	146.28	93
			0.95	145.89	198
		0.15	0.75	145.88	56
			0.89	146.28	95
			0.9	146.3	128
			0.95	147.6	95
		0.2	0.75	147.6	87
			0.89	147.8	52
			0.9	146.9	43
			0.95	146.28	119
15	14	0.1	0.75	213.7	111
			0.8	214.7	95
			0.9	219.2	109
			0.95	223.0	93
		0.15	0.75	219.89	106
			0.89	216.2	141
			0.9	218.10	193
			0.95	219.6	67
		0.2	0.75	219.8	109
			0.89	221.89	283
			0.9	221.7	212
			0.95	221.8	126
20	14	0.1	0.75	332.68	169
			0.8	331.7	354
			0.9	344.8	187
			0.95	339.5	108
		0.15	0.75	338.3	231
			0.89	337.4	260
			0.9	347.8	218
			0.95	335.59	244
		0.2	0.75	325.4	279
			0.89	325.7	84
			0.9	325.49	109
			0.95	335.79	225

Jumlah LPS sangat mempengaruhi waktu komputasi Algoritma Genetika. Semakin banyak LPS yang harus diproses, maka akan semakin lama pula waktu yang dibutuhkan untuk melakukan komputasi. Selain itu, dengan semakin banyaknya

LPS, maka akan semakin banyak pula ruang solusi yang bisadidapatkan. Artinya, jika dengan jumlah LPS yang semakin banyak dan

dengan jumlah populasi yang sama, maka Algoritma Genetika akan sulit untuk menemukan solusi yang paling optimal, dan bisa terjebak dalam Local Optimum.

Probabilitas Cross Over dan Probabilitas Mutasi juga mempengaruhi waktu komputasi. Semakin besar nilai Probabilitas Cross Over dan Probabilitas Mutasi, maka komputasi yang dilakukan akan semakin lama. Hal ini terjadi karena dengan semakin besarnya nilai tersebut, maka akan semakin banyak pula individu yang melakukan aktivitas Cross Over dan Mutasi di generasi tersebut.

SIMPULAN

Dari hasil uji coba sistem ini dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Algoritma Genetika menghasilkan solusi optimal untuk menyelesaikan permasalahan dalam pencarian rute pengangkutan sampah.
2. Jumlah LPS yang diinputkan oleh user sangat berpengaruh terhadap waktu komputasi dan pencarian solusi terbaik yang bisa dilakukan oleh Algoritma Genetika.
3. Perubahan probabilitas CrossOver dan Mutasi juga mempengaruhi waktu komputasi.
4. Karena ruang solusi yang besar, maka setiap kali melakukan running program, hasil yang didapatkan bisa berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tim Studi Japan International Cooperation Agency (JICA), "Draft Naskah Akademis Rancangan Undang-Undang Pengelolaan Persampahan," 2002.
- [2] Mangkoedihardjo, Sarwoko, Peningkatan Kualitas Lingkungan Perkotaan: Pengelolaan Sampah dalam Perspektif Berkelanjutan, Diskusi Panel Bappenas 12 November 2003, 1 September 2009.
- [3] Kusumadewi, S. & Purnomo, H. Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-teknik Heuristik. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2005.
- [4] Williams, Mike. Google Maps API Tutorial Econym. <http://econym.org.uk/gmap/index.htm>, 2010.
- [5] Shodiq, Amri. Tutorial Dasar Pemrograman Google Maps API, 2011.