



**PENERAPAN GRAF PADA PERSIMPANGAN  
MENGUNAKAN ALGORITMA WELSH-  
POWELL UNTUK OPTIMALISASI PENGATURAN  
*TRAFFIC LIGHT***

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Matematika

oleh

Danang Aji Setiawan  
4111411043

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2015**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, September 2015



Danang Aji Setiawan

4111411043

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Penerapan Graf pada Persimpangan Menggunakan Algoritma Welsh-Powell  
untuk Optimalisasi Pengaturan *Traffic Light*

disusun oleh

Danang Aji Setiawan

4111411043

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang  
pada tanggal 22 September 2015.



Prof. Dr. Wiyanto, M.Si.

196310121988031001

Sekretaris

Drs. Arief Agoestanto, M.Si.

196807221993031005

Ketua Penguji

Dr. Mulyono, M.Si.

197009021997021001

Anggota Penguji/

Pembimbing 1

Drs. Amin Suyitno, M.Pd.

195206041976121001

Anggota Penguji/

Pembimbing 2

Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs.

198005252005011001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

طَلَبُ الْعِلْمِ فَرِيضَةٌ عَلَى كُلِّ مُسْلِمٍ وَ مُسْلِمَةٍ

Menuntut ilmu adalah wajib atas setiap muslim laki-laki dan perempuan  
(HR. Ibnu Abdil Barr)

Narimo ing Pandum

Education is not just knowledge, but action

### PERSEMBAHAN

1. Ibu dan Bapak tercinta, Ibu Nuryati dan Bapak Samroji.
2. Adikku tersayang, Faiz Agung Kurniawan.
3. Sahabat-sahabat Matematika Murni (M2M) angkatan 2011.
4. Sahabat-sahabat Ikatan Remaja Islam RW. 08 (IKARI 08).

## PRAKATA

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Penerapan Graf pada Persimpangan Menggunakan Algoritma Welsh-Powell untuk Optimalisasi Pengaturan *Traffic Light*.”**

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini penulis telah mendapat banyak bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Wiyanto, M.Si., Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Arief Agoestanto, M.Si., Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Amin Suyitno, M.Pd., Dosen pembimbing utama yang telah membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
5. Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs., Dosen pembimbing pendamping yang telah membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
6. Ibu dan Bapak tercinta, Ibu Nuryati dan Bapak Samroji yang selalu memberikan semangat dan dorongan dalam bentuk materi serta spiritual yang tak kunjung putus.
7. Adikku tersayang, Faiz Agung Kurniawan yang selalu mendo'akan serta memberikan motivasi dan semangat untuk selalu bekerja keras.

8. Seluruh Dosen Matematika yang telah membimbing dan memberikan ilmunya kepada penulis.
9. Tim ATCS khususnya Pak Wahab dan Mas Ook di DISHUBKOMINFO Kota Semarang yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian.
10. Sahabat-sahabat saya, Styfanda Pangestika, Ari Yulianto Nugroho, Arya Kharisma Hendra, Rifan Rahadian, Bravura Candra Halim, Ranggamurti Iswara, Iin Kurniawati, Puji Robiati, Millatina Fikriyah, Novia Nilam Nurlazuardini, Elok Tri Kusuma Dewi, Atmira Qurnia Sari, Rizky Purwandito, Harsono, dan Moh. Taufiq, yang telah memberikan semangat dan dorongan serta motivasi terkait penyusunan skripsi ini.
11. Kawan-kawan matematika angkatan 2011 yang memberikan dorongan untuk selalu semangat dalam bimbingan skripsi ini.
12. Kawan-kawan KKN Alternatif Tahap II Tahun 2014 Gelombang B, Dusun Lorog, Desa Lerep, Kabupaten Semarang yang memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari, bahwa masih banyak keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang penulis miliki. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bisa membangun penelitian-penelitian yang lain. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, September 2015

Penulis

## ABSTRAK

Setiawan, Danang Aji. 2015. Penerapan Graf pada Persimpangan Menggunakan Algoritma Welsh-Powell untuk Optimalisasi Pengaturan *Traffic Light*. Skripsi, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing 1 Drs. Amin Suyitno, M.Pd. dan Pembimbing 2 Riza Arifudin, S.Pd., M.Cs.

Kata kunci : Graf, Algoritma Welsh-Powell, *Traffic Light*.

Kemacetan yang sering terjadi selama perjalanan, sering mengganggu kegiatan sehari-hari. Kemacetan timbul karena adanya konflik pergerakan yang ada di persimpangan. Lalu lintas merupakan perangkat yang penting dalam mengendalikan persimpangan. Penggunaan algoritma Welsh-Powell untuk mengoptimalkan *traffic light*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui: (1) penerapan graf pada persimpangan menggunakan algoritma Welsh-Powell untuk optimalisasi pengaturan *traffic light* dan (2) simulasi pengaturan *traffic light* menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0.

Metode penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahap, yaitu pengumpulan data, pengolahan dan analisis data, pembuatan simulasi, dan penarikan kesimpulan. Data yang digunakan yaitu data primer. Pengambilan data dilaksanakan di persimpangan Jerakah (simpang 3) dan persimpangan STIKES Tlogorejo (simpang 4). Data yang diambil yaitu durasi lampu merah, kuning, dan hijau menyala dari setiap kaki simpang. Data yang diperoleh kemudian dianalisis melalui beberapa langkah yaitu: (1) mentransformasikan persimpangan ke bentuk graf; (2) mewarnai graf menggunakan algoritma Welsh-Powell; dan (3) menghitung alternatif penyelesaian durasi *traffic light* kemudian menghitung tingkat keefektivitasan, selanjutnya pembuatan simulasi.

Dari hasil analisis diperoleh bahwa hasil perhitungan untuk persimpangan Jerakah tidak lebih efektif dari data primer karena pada persimpangan tersebut sudah memiliki perhitungan paling efektif yang telah dibuat oleh DISHUBKOMINFO Kota Semarang dan perhitungan untuk persimpangan STIKES Tlogorejo menghasilkan keefektivitasan yang lebih baik dari data primer sehingga perhitungan yang telah dilakukan cocok untuk diterapkan pada persimpangan tersebut. Pembuatan simulasi untuk menyajikan kasus pengaturan *traffic light* pada persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo dalam bentuk visual sehingga penyelesaian kasus semakin mudah dan singkat, karena pada simulasi tersebut dapat memasukkan durasi lampu merah, lampu kuning, dan lampu hijau secara *random*.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB	
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi .....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1 Definisi Graf .....	8
2.2 Jenis-Jenis Graf .....	8



2.2.1 Ada Tidaknya Gelang atau Sisi Ganda .....	9
2.2.1.2 Graf Sederhana ( <i>Simple Graph</i> ).....	9
2.2.1.3 Graf Tak Sederhana ( <i>Unsimple Graph</i> ) .....	9
2.2.1.2.1 Graf Ganda ( <i>Multigraph</i> ) .....	9
2.2.1.2.2 Graf Semu ( <i>Pseudograph</i> ) .....	10
2.2.2 Orientasi Arah .....	10
2.2.2.1 Graf Berarah ( <i>Directed Graph</i> ) .....	11
2.2.2.2 Graf Tak Berarah ( <i>Undirect Graph</i> ) .....	11
2.3 Terminologi Graf .....	12
2.3.1 Bertetanggaan ( <i>Adjacent</i> ) .....	12
2.3.2 Bersisian ( <i>Incident</i> ) .....	13
2.3.3 Simpul Terpencil ( <i>Isolated Vertex</i> ) .....	13
2.3.4 Graf Kosong ( <i>Null Graph</i> ) .....	14
2.3.5 Derajat ( <i>Degree</i> ) .....	14
2.4 Pewarnaan Graf.....	14
2.5 Algoritma Welsh-Powell .....	16
2.6 Simulasi.....	17
2.6.1 Definisi Simulasi .....	17
2.6.2 Jenis-Jenis Simulasi.....	17
2.6.2.1 Sifat dan Waktu .....	17
2.6.2.2 Ada Tidaknya Peubah Acak .....	18
2.6.2.3 Peubah Acak.....	18
2.6.3 Kelebihan Simulasi.....	18

2.7	Lampu Lalu Lintas .....	19
2.7.1	Pengertian Lampu Lalu Lintas .....	19
2.7.2	Pengaturan Lampu Lalu Lintas .....	20
2.8	Microsoft Visual Basic 6.0 .....	20
2.8.1	Pengertian Microsoft Visual Basic 6.0.....	20
2.8.2	Komponen Utama Microsoft Visual Basic 6.0.....	21
3.	METODE PENELITIAN .....	24
3.1	Fokus Penelitian .....	24
3.2	Pengumpulan Data .....	24
3.3	Pengolahan Data .....	25
3.4	Pembuatan Program Simulasi .....	25
3.5	Penarikan Kesimpulan .....	26
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	27
4.1	Hasil Penelitian .....	27
4.1.1	Pewarnaan Simpul pada <i>Traffic Light</i> di Persimpangan Jalan ...	27
4.1.2	Algoritma .....	27
4.1.3	Diagram Alur ( <i>Flowchart</i> ) .....	28
4.1.4	Pengambilan Data .....	29
4.1.5	Hasil Pengambilan Data .....	30
4.1.5.1	Lokasi Persimpangan Jerakah (Simpang 3) .....	30
4.1.5.2	Lokasi Persimpangan STIKES Tlogorejo (Simpang 4) .....	32
4.2	Pembahasan .....	32
4.2.1	Persimpangan Jerakah (Simpang 3) .....	33

4.2.1.1	Lokasi Persimpangan Jerakah .....	33
4.2.1.2	Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan Jerakah .....	34
4.2.1.3	Penyelesaian Kasus Pengaturan <i>Traffic Light</i> Persimpangan Jerakah .....	35
4.2.2	Persimpangan STIKES Tlogorejo (Simpang 4) .....	44
4.2.2.1	Lokasi Persimpangan STIKES Tlogorejo .....	44
4.2.2.2	Sistem Arus Lalu Lintas Persimpangan STIKES Tlogorejo .....	45
4.2.2.3	Penyelesaian Kasus Pengaturan <i>Traffic Light</i> Persimpangan STIKES Tlogorejo .....	47
4.2.3	Pembuatan Simulasi .....	53
4.2.3.1	Simulasi Persimpangan Jerakah .....	53
4.2.3.2	Simulasi Persimpangan STIKES Tlogorejo .....	54
5.	PENUTUP .....	59
5.1	Simpulan .....	59
5.2	Saran .....	60
	DAFTAR PUSTAKA .....	61
	LAMPIRAN .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Primer <i>Traffic Light</i> Persimpangan Jerakah .....	31
Tabel 4.2. Data Primer <i>Traffic Light</i> Persimpangan STIKES Tlogorejo .....	32
Tabel 4.3. Bilangan Kromatik .....	37
Tabel 4.4. Warna Simpul .....	38
Tabel 4.5. Alternatif Penyelesaian Waktu I .....	38
Tabel 4.6. Alternatif Penyelesaian Waktu II .....	39
Tabel 4.7. Alternatif Penyelesaian Waktu III .....	39
Tabel 4.8. Alternatif Penyelesaian Waktu IV .....	40
Tabel 4.9. Data Baru <i>Traffic Light</i> Persimpangan Jerakah .....	41
Tabel 4.10. Data Primer dan Data Baru <i>Traffic Light</i> Persimpangan Jerakah .....	42
Tabel 4.11. Tingkat Keefektivitasan Durasi Total <i>Traffic Light</i> Data Primer dengan Data Baru .....	42
Tabel 4.12. Bilangan Kromatik .....	49
Tabel 4.13. Warna Simpul .....	49
Tabel 4.14. Alternatif Penyelesaian Waktu I .....	50
Tabel 4.15. Alternatif Penyelesaian Waktu II .....	50
Tabel 4.16. Data Baru <i>Traffic Light</i> Persimpangan STIKES Tlogorejo .....	51

Tabel 4.17. Data Primer dan Data Baru <i>Traffic Light</i> Persimpangan STIKES Tlogorejo .....	52
Tabel 4.18. Tingkat Keefektivitasan Durasi Total <i>Traffic Light</i> Data Primer dengan Data Baru .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Graf Sederhana .....	9
Gambar 2.2 Graf Ganda .....	10
Gambar 2.3 Graf Semu .....	10
Gambar 2.4 (a) Graf Berarah .....	11
Gambar 2.4 (b) Graf Ganda Berarah.....	11
Gambar 2.5 Graf Tak Berarah.....	12
Gambar 2.6 Graf Bertetangga .....	12
Gambar 2.7 Graf Bersisian.....	13
Gambar 2.8 Graf Simpul Terpencil.....	13
Gambar 2.9 Graf Kosong .....	14
Gambar 2.10 Pewarnaan Simpul G dengan 3 Warna.....	15
Gambar 2.11 Pewarnaan Simpul G dengan 4 Warna.....	15
Gambar 2.12 Tampilan Microsoft Visual Basic 6.0 .....	22
Gambar 4.1 Diagram Alur.....	28
Gambar 4.2 Foto Lokasi Persimpangan Jerakah Melalui Google Earth.....	33
Gambar 4.3 Foto Lokasi Persimpangan Jerakah.....	34
Gambar 4.4 Sistem Lalu Lintas Persimpangan Jerakah.....	34
Gambar 4.5 Persimpangan Jerakah dalam Bentuk Graf .....	36
Gambar 4.6 Persimpangan Jerakah dengan Pewarnaan Simpul .....	37
Gambar 4.7 Foto Lokasi Persimpangan STIKES Tlogorejo Melalui Google Earth .....	44

Gambar 4.8 Foto Lokasi Persimpangan STIKES Tlogorejo.....	44
Gambar 4.9 Sistem Lalu Lintas Persimpangan STIKES Tlogorejo.....	45
Gambar 4.10 Persimpangan STIKES Tlogorejo dalam Bentuk Graf .....	47
Gambar 4.11 Persimpangan STIKES Tlogorejo dengan Pewarnaan Simpul .....	48
Gambar 4.12 Tampilan Simulasi Persimpangan Jerakah.....	53
Gambar 4.13 Tampilan Simulasi Persimpangan STIKES Tlogorejo .....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran <i>Coding</i> Simulasi .....	63
---------------------------------------	----



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Kebutuhan akan informasi yang akurat sangat dibutuhkan. Perkembangan teknologi sangat pesat dalam beberapa tahun ini, sehingga kebutuhan manusia semakin meningkat dan dibutuhkan waktu yang cepat untuk mencapai kebutuhan tersebut. Tetapi sering kali kita menghadapi berbagai kendala dalam pemenuhan kebutuhan tersebut. Masalah transportasi secara umum dan lalu lintas pada khususnya merupakan fenomena yang terlihat sehari-hari dalam kehidupan manusia. Jika peningkatan perjalanan ini tidak diikuti dengan peningkatan prasarana transportasi yang memadai, maka akan terjadi suatu ketidakseimbangan antara permintaan (*demand*) dan penyediaan (*supply*) yang akhirnya akan menimbulkan suatu ketidak-lancaran dalam mobilitas yang berupa kemacetan (Nugroho, 2008: 1). Kemacetan yang sering terjadi selama perjalanan, sering mengganggu kegiatan kita sehari-hari. Setiap manusia ingin sampai ke tujuan dengan tepat waktu. Tetapi, sering kali kemacetan menyebabkan keinginan manusia terganggu. Kemacetan timbul karena adanya konflik pergerakan yang ada di persimpangan dan untuk mengurangi konflik ini banyak dilakukan pengaturan untuk mengoptimalkan persimpangan dengan menggunakan lampu lalu lintas (*traffic light*).

Lalu lintas merupakan perangkat yang penting dalam mengendalikan persimpangan. Teori lalu lintas adalah fenomena fisik yang bertujuan memahami dan meningkatkan lalu lintas mobil, masalah yang terkait dengan itu seperti kemacetan lalu lintas (Baruah & Baruah, 2012: 1473). Lampu lalu lintas menandakan waktu kendaraan harus berjalan dan berhenti secara bergantian dari berbagai arah. Lampu lalu lintas yang tersedia di persimpangan jalan mempunyai beberapa tujuan antara lain menghindari hambatan karena adanya perbedaan arus jalan bagi pergerakan kendaraan, memfasilitasi pejalan kaki agar dapat menyeberang dengan aman dan mengurangi tingkat kecelakaan yang diakibatkan oleh tabrakan karena perbedaan arus jalan, karena fungsi lampu lalu lintas sangat penting maka dibutuhkan pengendalian dan pengontrolan dengan mudah sehingga dapat memperlancar lalu lintas di persimpangan. Sebagian besar pengaturan lalu lintas pada saat ini masih kurang optimal karena banyak ditemui lampu lalu lintas dengan durasi lampu merah yang lama dan durasi lampu hijau yang singkat. Hal ini menimbulkan antrian yang menumpuk sehingga sering terjadi kemacetan, misalnya pada Jalur Pantura Kota Semarang.

Jalur Pantura (Pantai Utara) adalah jalan antara Merak hingga Ketapang di sepanjang pesisir utara Pulau Jawa. Jalur pantura memiliki signifikansi yang sangat tinggi dan menjadi urat nadi utama transportasi darat. Kota Semarang merupakan bagian dari Jalur Pantura yang menyabangkan antara kota-kota bagian timur, selatan, dan barat Pulau Jawa sehingga sering terjadi kepadatan arus karena merupakan jalur transportasi darat utama. Disamping sebagai Jalur Pantura yang banyak dilewati oleh angkutan jasa luar kota, Jalur Pantura Kota Semarang juga

merupakan jalan utama yang menghubungkan Kota Semarang bagian Barat yaitu menuju pusat kota yang merupakan tempat yang kebanyakan sebagai pusat aktifitas seperti bersekolah maupun bekerja. Pusat Kota Semarang bertempat di Kota Semarang bagian tengah. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah pengoptimalisasian pengaturan lampu lalu lintas, khususnya di persimpangan pada jalur pantura Kota Semarang dengan menggunakan algoritma yaitu algoritma Welsh-Powell.

Salah satu bagian dari teori graf adalah pewarnaan graf. Algoritma Welsh-Powell merupakan teknik dari pewarnaan graf. Ada dua macam pewarnaan graf yaitu pewarnaan simpul (*vertex*) dan pewarnaan sisi (*edge*). Salah satu cara untuk mengoptimalkan pengaturan lampu lalu lintas pada persimpangan jalan adalah dengan pewarnaan simpul. Algoritma ini merupakan algoritma yang sering dipakai dalam cabang ilmu matematika dan komputer. Algoritma Welsh-Powell juga merupakan alternatif lain bagi penggunaan algoritma seperti Brute Force, Backtracking, Dynamic Programming, dan sebagainya dalam pemecahan berbagai persoalan.

Algoritma Welsh-Powell telah digunakan Purnamasari, Ilman, dan Wulandari (2012) untuk mengoptimalkan lalu lintas di Simpang Empat Kalimas Bekasi Timur, digunakan juga Susiloputro, Rochmad, dan Alamsyah (2012) untuk penjadwalan ujian, lalu digunakan juga oleh Meiliana dan Maryono (2014) untuk optimalisasi pengaturan *traffic light* di Sukoharjo, sedangkan Riwinoto dan Isal (2010) juga digunakan untuk hal yang serupa di kota Depok namun menggunakan algoritma yang berbeda yaitu algoritma Greedy. Perbedaan penelitian penulis

dengan penelitian terdahulu adalah adanya pembuatan simulasi melalui program Microsoft Visual Basic 6.0 setelah perhitungan matematik yaitu menggunakan algoritma Welsh-Powell.

## **1.2.Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana penerapan graf pada persimpangan menggunakan algoritma Welsh-Powell untuk optimalisasi pengaturan *traffic light*?
2. Bagaimana membuat simulasi optimalisasi pengaturan *traffic light* menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0?

## **1.3.Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui penerapan graf pada persimpangan menggunakan algoritma Welsh-Powell untuk optimalisasi pengaturan *traffic light*.
2. Mengetahui simulasi optimalisasi pengaturan *traffic light* menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0.

## **1.4.Batasan Penelitian**

Ruang lingkup permasalahan ini agar tidak meluas, maka difokuskan pada graf yang diterapkan di jalur Pantai Utara (Pantura) Kota Semarang tepatnya pada persimpangan Jerakah (Simpang 3) dan persimpangan Sekolah Tinggi Ilmu

Kesehatan (STIKES) Tlogorejo (Simpang 4) dengan menggunakan algoritma Welsh-Powell.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Peneliti

Manfaat yang bisa diambil bagi peneliti adalah peneliti mampu mengembangkan ilmunya, terutama dalam hal penerapan graf pada persimpangan menggunakan algoritma Welsh-Powell untuk optimalisasi pengaturan *traffic light*.

2. Bagi Universitas

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat menjadi bahan referensi yang berkaitan dengan teori graf.

3. Bagi Instansi

Berdasarkan hasil rencana penelitian ini dapat menjadi bahan masukan bagi Dinas Perhubungan, Komunikasi, dan Informatika (DISHUBKOMINFO) Kota Semarang untuk mengoptimalkan *traffic light* di jalur Pantai Utara (Pantura) Kota Semarang tepatnya pada persimpangan Jerakah (Simpang 3) dan persimpangan STIKES Tlogorejo (Simpang 4).

## 1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Secara garis besar skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian (bab) yaitu bagian awal skripsi, bagian isi skripsi, dan bagian akhir skripsi. Berikut ini dijelaskan masing-masing bagian skripsi.

### (1) Bagian awal skripsi

Bagian awal skripsi meliputi halaman judul, pernyataan keaslian tulisan, pengesahan, motto dan persembahan, prakata, abstrak, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, dan daftar lampiran.

### (2) Bagian isi skripsi

Bagian isi skripsi secara garis besar terdiri dari lima bab, yaitu sebagai berikut.

#### BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

#### BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian teori yang mendasari dan berhubungan dengan pemecahan masalah. Teori-teori tersebut digunakan untuk memecahkan masalah yang diangkat dalam skripsi ini. Teori yang digunakan adalah Definisi Graf, Jenis-Jenis Graf, Terminologi Graf, Pewarnaan Graf, Algoritma Welsh-Powell, Simulasi, Lampu Lalu Lintas, dan *Software* Microsoft Visual Basic 6.0.

### BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini mengulas metode yang digunakan dalam penelitian yang berisi langkah-langkah yang dilakukan untuk memecahkan masalah yaitu studi pustaka, pengumpulan data, pengolahan data, pembuatan program simulasi, dan penarikan kesimpulan.

### BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berisi penyelesaian dari permasalahan yang diungkapkan.

### BAB 5. PENUTUP

Bab ini berisi tentang simpulan dari pembahasan dan saran yang berkaitan dengan simpulan.

#### (3) Bagian akhir skripsi

Bagian akhir skripsi meliputi daftar pustaka yang memberikan informasi tentang buku sumber serta literatur yang digunakan dan lampiran-lampiran yang mendukung skripsi.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Definisi Graf**

Sebuah graf  $G$  berisikan dua himpunan yaitu himpunan berhingga tak kosong  $V(G)$  dari obyek-obyek yang disebut simpul dan himpunan berhingga (mungkin kosong)  $E(G)$  yang elemen-elemennya disebut sisi sedemikian hingga setiap elemen  $e$  dalam  $E(G)$  merupakan pasangan tak berurutan dari simpul-simpul di  $V(G)$ . Himpunan  $V(G)$  disebut himpunan simpul  $G$  dan himpunan  $E(G)$  disebut himpunan sisi  $G$  (Budayasa, 2007: 1).

Cara merepresentasikan sebuah graf yang paling umum adalah dengan diagram (gambar). Dalam diagram tersebut, simpul-simpul dinyatakan sebagai noktah dan tiap sisi dinyatakan sebagai kurva sederhana (ruas garis) yang menghubungkan tiap dua simpul.

#### **2.2. Jenis-Jenis Graf**

Graf dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori (jenis) bergantung pada sudut pandang pengelompokannya. Pengelompokan graf dapat dipandang berdasarkan ada tidaknya sisi ganda, berdasarkan orientasi arah pada sisi (Munir, 2005: 357).

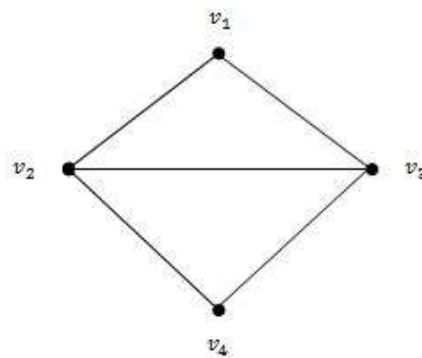


### 2.2.1 Ada Tidaknya Gelang atau Sisi Ganda

Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf maka secara umum graf dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut.

#### 2.2.1.1 Graf Sederhana (*Simple Graph*)

Graf yang tidak mengandung gelang (*loop*) maupun sisi ganda dinamakan graf sederhana (Munir, 2005: 357). Contoh graf sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.1.

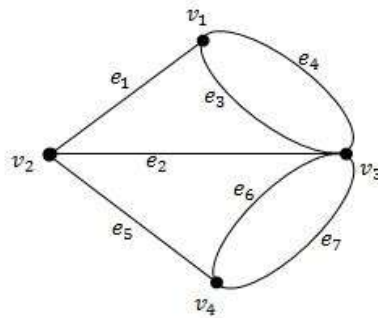


Gambar 2.1 Graf Sederhana

#### 2.2.1.2 Graf Tak Sederhana (*Unsimple Graph*)

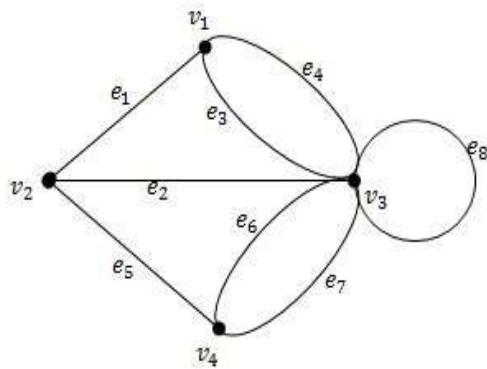
Graf yang mengandung sisi ganda atau loop dinamakan graf tak sederhana (Munir, 2005: 357). Ada dua macam graf tak sederhana, yaitu graf ganda (*multigraph*) dan graf semu (*pseudograph*).

2.2.1.2.1 Graf ganda (*Multigraph*) adalah graf yang mengandung sisi ganda tetapi tidak memiliki loop. Sisi ganda yang menghubungkan simpul dapat lebih dari dua buah. Contoh graf ganda dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Graf Ganda

2.2.1.2.2 Graf semu (*Pseudograph*) adalah graf yang mengandung loop (termasuk bila memiliki sisi ganda sekalian). Graf semu lebih umum daripada graf ganda, karena sisi pada graf semu dapat terhubung ke dirinya sendiri. Contoh graf semu dapat dilihat pada Gambar 2.3.



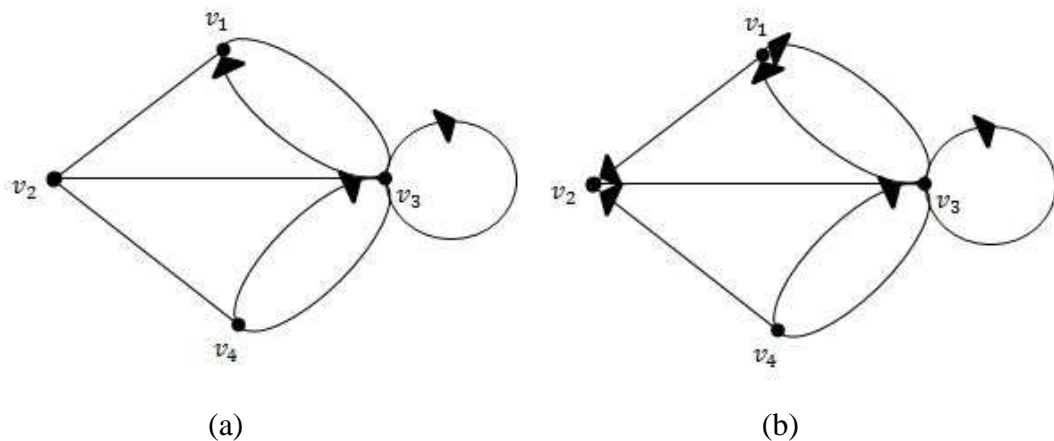
Gambar 2.3 Graf Semu

## 2.2.2 Orientasi Arah

Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum graf dibedakan atas 2 jenis, yaitu sebagai berikut.

### 2.2.2.1 Graf Berarah (*Directed Graph/Digraph*)

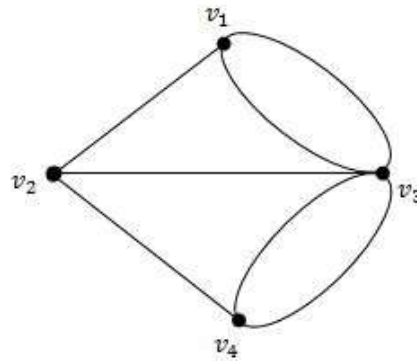
Graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah disebut sebagai graf berarah. Sisi berarah disebut juga busur. Pada graf berarah,  $(v_j, v_k)$  dan  $(v_k, v_j)$  menyatakan dua busur yang berbeda, dengan kata lain  $(v_j, v_k) \neq (v_k, v_j)$ . Untuk busur  $(v_j, v_k)$ , simpul  $v_j$  dinamakan simpul asal (*initial vertex*), dan simpul  $v_k$  dinamakan simpul terminal (*terminal vertex*). Pada graf berarah, *loop* diperbolehkan tetapi sisi ganda tidak diperbolehkan sedangkan pada graf ganda berarah, *loop* dan sisi ganda diperbolehkan (Munir, 2005: 358). Contoh graf berarah dan graf ganda berarah dapat dilihat pada Gambar 2.4 (a) dan (b).



Gambar 2.4 (a) Graf Berarah dan (b) Graf Ganda Berarah

### 2.2.2.2 Graf Tak Berarah (*Undirect Graph*)

Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak berarah. Pada graf tak berarah, urutan pasangan simpul yang dihubungkan oleh sisi tidak diperhatikan. Jadi,  $(v_j, v_k) = (v_k, v_j)$  adalah sisi yang sama (Munir, 2005: 358). Contoh graf tak berarah dapat dilihat pada Gambar 2.5.



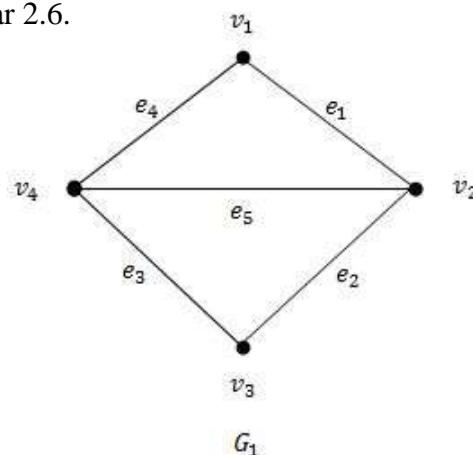
Gambar 2.5 Graf Tak Berarah

### 2.3. Terminologi Graf

Dalam pembahasan mengenal graf biasanya sering menggunakan terminologi (istilah) yang berkaitan dengan graf (Munir, 2005: 365). Terminologi yang berkaitan dengan graf adalah sebagai berikut.

#### 2.3.1 Bertetanggaan (*Adjacent*)

Dua buah simpul pada graf tak berarah  $G$  dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung dengan sebuah sisi. Dengan kata lain  $v_j$  bertetangga dengan  $v_k$  jika  $(v_j, v_k)$  adalah sebuah sisi pada graf  $G$ . Contoh graf bertetangga dapat dilihat pada Gambar 2.6.

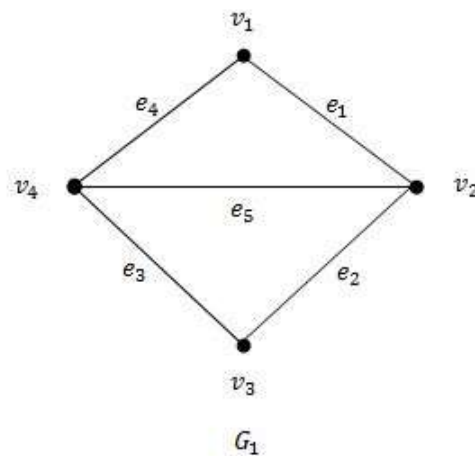


Gambar 2.6 Graf Bertetangga

Simpul  $v_1$  bertetangga dengan simpul  $v_2$  dan  $v_4$ , simpul  $v_1$  tidak bertetangga dengan simpul  $v_3$ .

### 2.3.2 Bersisian (*Incident*)

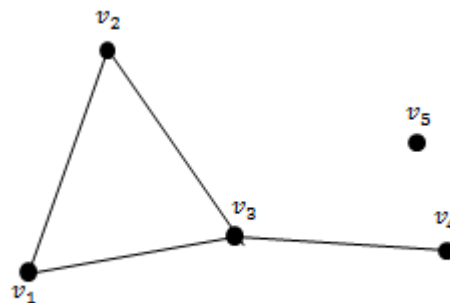
Untuk sembarang sisi  $e = (v_j, v_k)$ , sisi  $e$  dikatakan bersisian dengan simpul  $v_j$  dan simpul  $v_k$ . Contoh graf bersisian dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Graf Bersisian

### 2.3.3 Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)

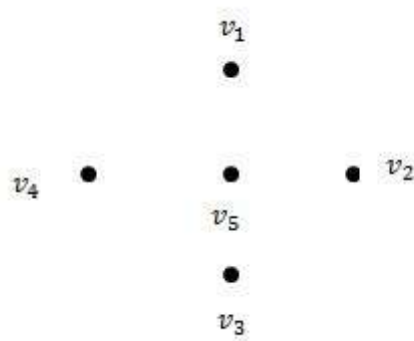
Simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya atau dapat juga dinyatakan bahwa simpul terpencil adalah simpul yang tidak satupun bertetangga dengan simpul-simpul lainnya. Contoh graf simpul terpencil yaitu simpul  $v_5$  dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Graf Simpul Terpencil

### 2.3.4 Graf Kosong (*Null Graph*)

Graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong disebut graf kosong dan ditulis sebagai  $N_n$  dengan  $n$  adalah jumlah titik. Contoh graf kosong dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Graf Kosong

### 2.3.5 Derajat (*Degree*)

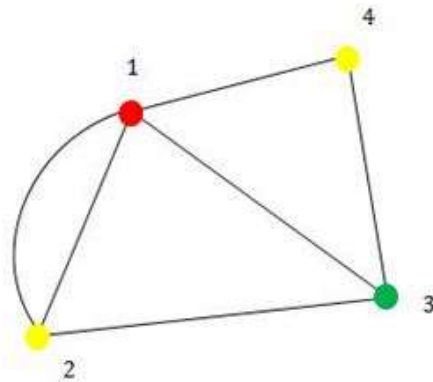
Derajat suatu simpul pada graf tak berarah adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

## 2.4. Pewarnaan Graf

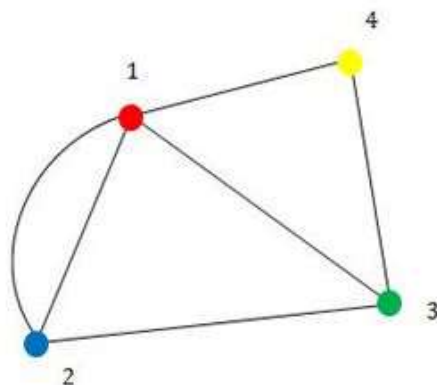
Di dalam persoalan pewarnaan graf, tidak hanya sekedar mewarnai simpul-simpul dengan warna berbeda dari warna simpul tetangganya saja, namun juga menginginkan jumlah macam warna yang digunakan sedikit mungkin.

Menurut Budayasa (2007: 151) ada dua macam pewarnaan graf (*graph colouring*), yaitu pewarnaan simpul (*vertex*) dan pewarnaan sisi (*edge*). Misal  $G$  sebuah graf. Sebuah pewarnaan  $k$  dari  $G$  adalah perwarnaan semua simpul  $G$  dengan menggunakan  $k$  warna sedemikian hingga dua simpul  $G$  yang

berhubungan langsung mendapat warna yang berbeda. Sebuah pewarnaan sisi pada graf  $G$  adalah pewarnaan semua sisi  $G$  sedemikian hingga setiap dua sisi yang terkait pada simpul yang sama mendapatkan warna yang berbeda. Jumlah warna minimum yang digunakan untuk mewarnai simpul pada sebuah graf disebut bilangan bilangan kromatik (Munir, 2009: 426). Contoh pewarnaan graf dapat dilihat pada Gambar 2.10 dan Gambar 2.11.



Gambar 2.10 Pewarnaan Simpul  $G$  dengan 3 Warna



Gambar 2.11 Pewarnaan Simpul  $G$  dengan 4 Warna

## 2.5. Algoritma Welsh-Powell

Pewarnaan graf adalah metode pewarnaan elemen sebuah graf yang terdiri dari pewarnaan simpul (*vertex*) dan pewarnaan sisi (*edge*) sedangkan pewarnaan simpul pada graf dengan memberi warna pada simpul-simpul suatu graf sedemikian sehingga tidak ada dua simpul bertetangga yang memiliki warna yang sama. Algoritma Welsh-Powell tidak selalu memberikan jumlah warna minimum yang diperlukan untuk mewarnai graf, tetapi algoritma ini cukup praktis untuk digunakan dalam pewarnaan simpul sebuah graf. Menurut As'ad (2008: 2) pada jurnal Purnamasari, Iman, dan Wulandari (2010: 2) yang langkah-langkahnya sebagai berikut.

- (1) Urutkan semua simpul berdasarkan derajatnya, dari derajat besar ke derajat kecil,
- (2) Ambil warna pertama (misal merah), warnai simpul pertama yang sudah diurutkan berdasarkan derajat tadi. Kemudian warnai simpul berikutnya yang tidak berdampingan dengan simpul pertama tadi dengan warna yang masih sama (merah),
- (3) Kemudian lanjutkan dengan warna kedua, dan seterusnya sampai semua simpul telah diberi warna.

Pada penelitian ini perhitungan menggunakan algoritma Welsh-Powell yaitu untuk mengetahui arus mana saja yang bisa berjalan bersamaan dan diperoleh bilangan khromatik untuk menentukan alternatif penyelesaian durasi lampu hijau dan lampu merah menyala dengan siklus waktu tertentu. Hal ini dapat dilakukan dengan membagi satu siklus yang terdiri dari total durasi lampu merah



dan lampu hijau menyala dengan bilangan khromatik yang telah diperoleh dari perhitungan menggunakan algoritma Welsh-Powell. Adapun durasi siklus waktu pada persimpangan yang diteliti dengan melakukan penelitian secara langsung di lapangan untuk mendapatkan data primer.

## **2.6. Simulasi**

### **2.6.1 Definisi Simulasi**

Simulasi dapat dipandang sebagai suatu model matematis yang menerangkan perilaku sistem dari waktu ke waktu. Simulasi merupakan teknik numerik untuk melakukan percobaan pada suatu komputer digital, dimana di dalamnya mengandung sejumlah hubungan matematis yang logis dan diperlukan untuk menggambarkan struktur dan tingkah laku sistem dunia nyata yang kompleks pada periode yang cukup panjang.

### **2.6.2 Jenis-jenis Simulasi**

Jenis-jenis simulasi dapat dibagi menurut sifat dan waktu, ada tidaknya peubah acak, dan peubah acak, adalah sebagai berikut.

#### **2.6.2.1 Sifat dan Waktu**

Simulasi menurut sifat dan waktunya dibagi menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut.

- (1) Simulasi statis, yaitu simulasi model yang menggambarkan suatu proses yang tidak dipengaruhi oleh waktu/suatu proses yang terjadi pada suatu waktu tertentu saja.

- (2) Simulasi dinamis, yaitu simulasi model yang menggambarkan proses yang dipengaruhi oleh waktu/berlangsung pada suatu rentang waktu.

#### **2.6.2.2 Ada Tidaknya Peubah Acak**

Simulasi menurut ada tidaknya peubah acak dibagi menjadi 2 jenis, yaitu sebagai berikut.

- (1) Simulasi deterministik, yaitu simulasi yang menggambarkan suatu proses yang pasti terjadi (tidak mengandung ketidakpastian).
- (2) Simulasi stokastik atau probabilistik, yaitu simulasi yang menggambarkan suatu proses yang mengandung sifat ketidakpastian atau probabilistik atau random.

#### **2.6.2.3 Peubah Acak**

Simulasi menurut peubah acaknya dibagi menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut.

- (1) Simulasi diskret adalah simulasi yang komponen-komponen sistemnya bersifat diskret.
- (2) Simulasi kontinu adalah simulasi yang komponen-komponen sistemnya bersifat kontinu.
- (3) Simulasi monte carlo adalah simulasi yang menggunakan dasar data empiris atau percobaan.

### **2.6.3 Kelebihan Simulasi**

Beberapa Kelebihan dari simulasi adalah sebagai berikut.

- (1) Tidak semua sistem dapat direpresentasikan dalam model matematis, simulasi merupakan alternatif yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.
- (2) Dapat bereksperimen tanpa adanya resiko pada sistem nyata, dengan simulasi memungkinkan untuk melakukan percobaan terhadap sistem tanpa harus menanggung resiko terhadap sistem yang berjalan.
- (3) Simulasi dapat mengestimasi kinerja sistem pada kondisi tertentu dan memberikan alternatif desain terbaik sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
- (4) Simulasi memungkinkan untuk melakukan studi jangka panjang dalam waktu yang relatif singkat.
- (5) Dapat menggunakan input data bervariasi.

## **2.7. Lampu Lalu Lintas**

### **2.7.1 Pengertian Lampu Lalu Lintas**

Menurut Penjelasan UU Lalu Lintas No. 14 tahun 1992 pasal 8 ayat 1 huruf C menyebutkan bahwa “Pengertian alat pemberi isyarat lalu lintas adalah peralatan teknis berupa isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan bunyi untuk memberi peringatan atau mengatur lalu lintas orang atau kendaraan di persimpangan, persilangan sebidang ataupun pada arus jalan”. Jadi lampu lalu lintas dapat diartikan sebagai lampu yang digunakan untuk mengatur kelancaran lalu lintas di suatu persimpangan jalan dengan cara memberi kesempatan pengguna jalan dari masing-masing arah untuk berjalan secara bergantian. Pada

setiap lampu lalu lintas terdapat 3 buah lampu yang berwarna merah, kuning, dan hijau. Merah berarti berhenti, kuning berarti hati-hati, sedangkan hijau berarti jalan.

### **2.7.2 Pengaturan Lampu Lalu Lintas**

Secara *default*, setiap lampu lalu lintas akan mengatur laju kendaraan yang akan berjalan lurus dan berbelok ke kanan. Sedangkan belok kiri diperbolehkan langsung kecuali ada lampu lalu lintas atau rambu-rambu lalu lintas lain yang mengatur belokan ke kiri. Hal itu telah diatur di Penjelasan UU Lalu Lintas No.14 tahun 1992.

## **2.8. Microsoft Visual Basic 6.0**

### **2.8.1 Pengertian Microsoft Visual Basic 6.0**

Bahasa Basic pada dasarnya adalah bahasa yang mudah dimengerti sehingga pemrograman di dalam bahasa Basic dapat dengan mudah dilakukan meskipun oleh orang yang baru belajar membuat program. Hal ini lebih mudah lagi setelah hadirnya Microsoft Visual Basic, yang dibangun dari ide untuk membuat bahasa yang sederhana dan mudah dalam pembuatan scriptnya (*simple scripting language*) untuk graphic user interface yang dikembangkan dalam sistem operasi Microsoft Windows.

Visual Basic merupakan bahasa pemrograman yang sangat mudah dipelajari, dengan teknik pemrograman visual yang memungkinkan penggunaanya untuk berkreasi lebih baik dalam menghasilkan suatu program aplikasi. Ini terlihat

dari dasar pembuatan dalam visual basic adalah FORM, dimana pengguna dapat mengatur tampilan form kemudian dijalankan dalam script yang sangat mudah.

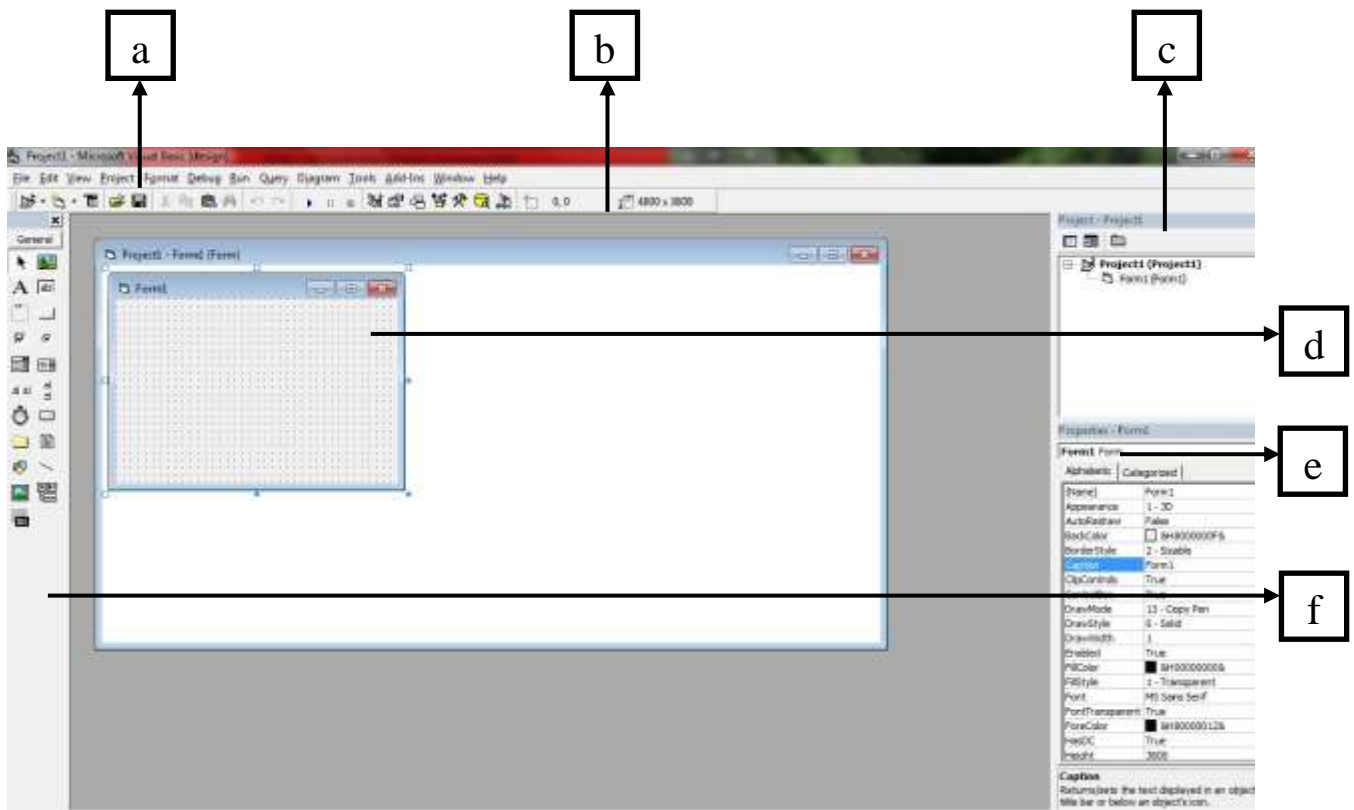
Ledakan pemakaian Visual Basic ditandai dengan kemampuan Visual Basic untuk dapat berinteraksi dengan aplikasi lain di dalam sistem operasi Windows dengan komponen ActiveX Control. Dengan komponen ini memungkinkan pengguna untuk memanggil dan menggunakan semua model data yang ada di dalam sistem operasi windows. Hal ini juga ditunjang dengan teknik pemrograman di dalam Visual Basic yang mengadopsi dua macam jenis pemrograman yaitu Pemrograman Visual dan *Object Oriented Programming* (OOP).

Visual Basic 6.0 sebetulnya perkembangan dari versi sebelumnya dengan beberapa penambahan komponen yang sedang tren saat ini, seperti kemampuan pemrograman internet dengan DHTML (*Dynamic HyperText Mark Language*), dan beberapa penambahan fitur database dan multimedia yang semakin baik. Sampai saat buku ini ditulis bisa dikatakan bahwa Visual Basic 6.0 masih merupakan pilih pertama di dalam membuat program aplikasi yang ada di pasar perangkat lunak nasional. Hal ini disebabkan oleh kemudahan dalam melakukan proses *development* dari aplikasi yang dibuat (Basuki, 2006: 1).

### **2.8.2 Komponen Utama Microsoft Visual Basic 6.0**

Mengenal komponen-komponen Microsoft Visual Basic 6.0 merupakan hal yang sangat penting. Komponen-komponen ini akan membantu kita dalam pembuatan program (Yuniar, 2006: 7). Pertama kali menjalankan Microsoft Visual Basic 6.0 akan tampil beberapa komponen, yaitu Baris Menu, Toolbox,

Toolbar, Form, Jendela Project, dan Jendela Properties. Tampilan Microsoft Visual Basic 6.0 dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Tampilan Microsoft Visual Basic 6.0

Keterangan:

a. Baris Menu

Menyimpan seluruh perintah yang terdapat pada Microsoft Visual Basic 6.0.

b. Toolbox

Merupakan kumpulan ikon-ikon objek untuk membuat tampilan program atau form.

c. Toolbar

Merupakan kumpulan ikon-ikon perintah yang sering dipakai pada Microsoft Visual Basic.

d. Form

Tempat untuk meletakkan objek-objek sebagai tampilan program.

e. Jendela Projek

Merupakan jendela yang berisi projek, form-form, modul-modul, dan lainnya yang berhubungan dengan project yang dibuat.

f. Jendela Propertis

Merupakan jendela berisi propertis (karakteristik) form dan objek-objek yang ada dalam form tersebut.

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Fokus Penelitian**

Fokus permasalahan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian menggunakan prinsip pewarnaan simpul pada graf,
2. Teknik perhitungan menggunakan algoritma Welsh-Powell,
3. Lokasi yang digunakan adalah persimpangan Jerakah untuk simpang 3 dan persimpangan STIKES Tlogorejo untuk simpang 4 di Kota Semarang,
4. Pembuatan simulasi menggunakan program Microsoft Visual Basic 6.0.

#### **3.2. Pengumpulan Data**

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data penelitian ini adalah pengamatan dan pencatatan secara langsung untuk mengambil data primer dari tempat penelitian, yaitu durasi lampu merah, kuning, dan hijau menyala pada setiap kaki simpang di persimpangan Jerakah (Simpang 3) dan persimpangan STIKES Tlogorejo (Simpang 4) Kota Semarang. Mengasumsikan 4 periode waktu pengambilan data untuk penelitian yaitu pagi hari, siang hari, sore hari, dan malam hari. Untuk pagi hari, dibatasi pada pukul 06.00 – 07.00, dengan asumsi persimpangan akan banyak dilalui pengendara baik milik pribadi maupun umum karena para pekerja dan pelajar berangkat pada jam tersebut. Untuk siang hari,



dibatasi pada pukul 12.30 – 13.30, dengan asumsi persimpangan akan banyak dilalui pengendara baik milik pribadi maupun umum karena para pelajar pulang pada jam tersebut. Untuk sore hari, dibatasi pada pukul 16.30 – 17.30, dengan asumsi persimpangan akan banyak dilalui pengendara baik milik pribadi maupun umum karena para pekerja pulang pada jam tersebut. Untuk malam hari, dibatasi pada pukul 20.00 – 21.00, dengan asumsi persimpangan akan banyak dilalui pengendara umum (bus, truk, dsb) karena terletak pada jalur pantura.

### **3.3. Pengolahan Data**

Setelah pengambilan data selesai, maka dilanjutkan langkah pengolahan data dengan menggunakan algoritma Welsh-Powell dengan tujuan menghitung keefektifan pengaturan lampu lalu lintas yang baru dibandingkan dengan data primer yang telah didapat. Untuk memperlihatkan hasil penelitian secara jelas, peneliti menggunakan sistem simulasi yang dibangun. Tujuan dari pengolahan data ini digabung dengan menggunakan sistem yang dibangun agar dapat dibandingkan dengan *output* sistem untuk permasalahan yang sama yang sangat mendukung proses pengujian sistem simulasi.

### **3.4. Pembuatan Program Simulasi**

Pada tahap ini, pembuatan program simulasi dibuat mengacu pada hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap mengolah data. Perancangan program dilakukan menggunakan *software* Microsoft Visual Basic 6.0.

### **3.5. Penarikan Kesimpulan**

Berdasarkan semua penelitian yang telah dilakukan, maka ditariklah kesimpulan untuk menjawab semua tujuan penelitian yang telah ditetapkan pada awal penelitian. Pada tahap ini, sejumlah saran juga akan diberikan terhadap masalah-masalah yang ditemukan sehingga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengguna jalan.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat diambil simpulan sebagai berikut.

- (1) Penerapan graf pada persimpangan menggunakan algoritma Welsh-Powell untuk optimalisasi pengaturan *traffic light* yaitu dengan cara (1) Mentransformasikan persimpangan jalan beserta arusnya ke bentuk graf (2) Mewarnai setiap simpul pada graf dengan menggunakan algoritma Welsh-Powell (3) Menentukan alternatif penyelesaian durasi lampu hijau dan lampu merah menyala (4) Menghitung tingkat keefektivitasan durasi total *traffic light*. Hasil perhitungan tingkat keefektivitasan pada persimpangan Jerakah (Simpang 3) bahwa tingkat keefektivitasan tidak lebih baik dari data primer karena pada persimpangan Jerakah sudah memiliki perhitungan durasi lampu menyala paling efektif yang dibuat oleh DISHUBKOMINFO Kota Semarang, sedangkan hasil perhitungan tingkat keefektivitasan pada persimpangan STIKES Tlogorejo (Simpang 4) bahwa tingkat keefektivitasan lebih baik dari data primer sehingga perhitungan tersebut tepat diterapkan pada persimpangan STIKES Tlogorejo.
- (2) Pembuatan simulasi optimalisasi pengaturan *traffic light* menggunakan bantuan Microsoft Visual Basic 6.0 dengan cara melakukan perhitungan

terlebih dahulu pada kasus persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo selanjutnya diterapkan menggunakan bahasa pemrograman pada Microsoft Visual Basic 6.0 untuk mensimulasikan persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut.

- (1) Untuk penelitian selanjutnya hendaknya pengambilan tempat tidak pada persimpangan yang telah berlabel *Auto Traffic Control System* (ATCS) karena telah memiliki perhitungan dengan tingkat efektif yang tinggi atau paling efektif.
- (2) Penelitian skripsi ini didukung dengan *software* Microsoft Visual Basic 6.0 berbasis PC, untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan *user interface* berbasis *mobile* agar penggunaannya lebih praktis.

## DAFTAR PUSTAKA

- As'ad, Nabila. 2008. *Aplikasi Pewarnaan Graf pada Pemecahan Masalah Penyusunan Jadwal*. <http://www.informatika.org/~rinaldi/Matdis/2008-2009/Makalah2008/Makalah0809-038.pdf>.
- Baruah, A. K. & Baruah, N. 2012. Signal Group of Compatible Graph in Traffic Control Problems. *Int. J. Advance Networking and Application*. Vol: 04 Issue: 01 Pages: 1473-1480 ISSN: 0975-0290.
- Basuki, A. 2006. *Algoritma Pemrograman 2 Menggunakan Visual Basic 6.0*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Budayasa, I. K. 2007. *Teori Graph dan Aplikasinya*. Surabaya: Unesa University Press.
- Purnamasari, D., M. Z. Ilman, & D. Wulandari. 2012. Algoritma Welch-Powell untuk Pengendalian Lampu Lalu Lintas. *UG Jurnal*. Vol: 6 No. 03 Pages: 1-7 ISSN: 1978-4783.
- Faisal. 2013. Teknik Menentukan Perjalanan pada Masalah Persimpangan dengan Menggunakan Metode Greedy Coloring. *Jurnal Penelitian Ilmu Komputer, System Embedded & Logic* 1(1): 43-46.
- Meiliana, C. H. & Maryono D. 2014. Aplikasi Pewarnaan Graf untuk Optimalisasi Pengaturan Traffic Light di Sukoharjo. *JIPTEK*. Vol. VII No. 1.
- Munir, R. 2005. *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika.
- Nugroho, A. D. 2008. *Analisis Penerapan Belok Kiri Langsung terhadap Tundaan Lalu Lintas pada Pendekat Persimpangan Bersinyal*. Tesis. Semarang: Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Riwinoto & Isal, R. 2010. Simulasi Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas di Kota Depok dengan Menggunakan Pendekatan Greedy Berbasis Graf. *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika*. Bali: Universitas Indonesia.
- Supardi, Y. 2006. *Microsoft Visual Basic 6.0 untuk Segala Tingkat*. Jakarta: Penerbit PT Elex Media Komputindo.
- Susiloputro, A., Rochmad, & Alamsyah. 2012. Penerapan Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Ujian Menggunakan Algoritma Welsh Powell. *UNNES Journal of Mathematics*, 1(1): 2-7. Tersedia di <http://lib.unnes.ac.id/12424/1/4150407001a.pdf>.

Undang Undang No. 14 Tahun 1992 Tentang: Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.

# LAMPIRAN

*Coding* pembuatan simulasi persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo pada Microsoft Visual Basic 6.0 sebagai berikut.

1. Persimpangan Jerakah (Simpang 3)

```
Dim TotalTenthSecondsMERAHBARAT,
TotalSecondsMERAHBARAT, TenthSecondsMERAHBARAT,
SecondsMERAHBARAT As Integer
Dim TotalTenthSecondsKUNINGBARAT,
TotalSecondsKUNINGBARAT, TenthSecondsKUNINGBARAT,
SecondsKUNINGBARAT As Integer
Dim TotalTenthSecondsHIJAUBARAT,
TotalSecondsHIJAUBARAT, TenthSecondsHIJAUBARAT,
SecondsHIJAUBARAT As Integer
```

```
Dim TotalTenthSecondsMERAHTIMUR,
TotalSecondsMERAHTIMUR, TenthSecondsMERAHTIMUR,
SecondsMERAHTIMUR As Integer
Dim TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR,
TotalSecondsKUNINGTIMUR, TenthSecondsKUNINGTIMUR,
SecondsKUNINGTIMUR As Integer
Dim TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR,
TotalSecondsHIJAUTIMUR, TenthSecondsHIJAUTIMUR,
SecondsHIJAUTIMUR As Integer
```

```
Dim TotalTenthSecondsMERAHSELATAN,
TotalSecondsMERAHSELATAN, TenthSecondsMERAHSELATAN,
SecondsMERAHSELATAN As Integer
Dim TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN,
TotalSecondsKUNINGSELATAN, TenthSecondsKUNINGSELATAN,
SecondsKUNINGSELATAN As Integer
```



```
Dim TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN,
TotalSecondsHIJAUSELATAN, TenthSecondsHIJAUSELATAN,
SecondsHIJAUSELATAN As Integer
```

```
Private Sub Command1_Click()
    Form1.Show
    Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
    Label23.Caption = Label19.Caption * 1
    Label29.Caption = Label19.Caption * 2
    Label17.Caption = Label19.Caption * 2
```

```
Label25.Caption = Label19.Caption
Label31.Caption = Label19.Caption
End Sub
```

```
Private Sub CommandHITUNG_Click()
    Dim x, y, z, a, b, c, d, e, f As Double
    x = Val(TextTLMBARAT) + Val(TextTLKBARAT) +
    Val(TextTLHBARAT)
    Label19.Caption = (x / 3)
    a = Val(Label19)
    Label18.Caption = Val(TextTLKBARAT)
    b = Val(Label18)
    Label17.Caption = x - a - b
```

```
y = Val(TextTLMTIMUR) + Val(TextTLKTIMUR) +
    Val(TextTLHTIMUR)
    Label25.Caption = (y / 3)
```

```

c = Val(Label25)
Label24.Caption = Val(TextTLKTIMUR)
d = Val(Label24)
Label23.Caption = y - c - d

z = Val(TextTLMSELATAN) + Val(TextTLKSELATAN) +
Val(TextTLHSELATAN)
Label31.Caption = (z / 3)
e = Val(Label31)
Label30.Caption = Val(TextTLKSELATAN)
f = Val(Label30)
Label29.Caption = z - e - f
End Sub

Private Sub CommandMULAI_Click()
TotalTenthSecondsKUNINGBARAT = -1
TotalTenthSecondsHIJAUBARAT = -1

TotalTenthSecondsMERAHTIMUR = -1
TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR = -1
TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR = -1

TotalTenthSecondsMERAHSELATAN = -1
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN = -1
TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN = -1

TimerHIJAUBARAT.Enabled = True
TimerMERAHTIMUR.Enabled = True
TimerMERAHSELATAN.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub CommandRESET_Click()
    TextTLMBARAT.Text = ""
    TextTLKBARAT.Text = ""
    TextTLHBARAT.Text = ""
    TextTLMTIMUR.Text = ""
    TextTLKTIMUR.Text = ""
    TextTLHTIMUR.Text = ""
    TextTLMSELATAN.Text = ""
    TextTLKSELATAN.Text = ""
    TextTLHSELATAN.Text = ""

    Label17.Caption = ""
    Label18.Caption = ""
    Label19.Caption = ""
    Label23.Caption = ""
    Label24.Caption = ""
    Label25.Caption = ""
    Label29.Caption = ""
    Label30.Caption = ""
    Label31.Caption = ""

    TimerHIJAUBARAT.Enabled = False
    ShapeHIJAUBARAT.Visible = False
    LabelHIJAUBARAT.Caption = "0"
    TimerKUNINGBARAT.Enabled = False
    ShapeKUNINGBARAT.Visible = False
    LabelKUNINGBARAT.Caption = "0"
    TimerMERAHBARAT.Enabled = False
    ShapeMERAHBARAT.Visible = False
    LabelMERAHBARAT.Caption = "0"

```

```

TimerHIJAUTIMUR.Enabled = False
ShapeHIJAUTIMUR.Visible = False
LabelHIJAUTIMUR.Caption = "0"
TimerKUNINGTIMUR.Enabled = False
ShapeKUNINGTIMUR.Visible = False
LabelKUNINGTIMUR.Caption = "0"
TimerMERAHTIMUR.Enabled = False
ShapeMERAHTIMUR.Visible = False
LabelMERAHTIMUR.Caption = "0"

```

```

TimerHIJAUSELATAN.Enabled = False
ShapeHIJAUSELATAN.Visible = False
LabelHIJAUSELATAN.Caption = "0"
TimerKUNINGSELATAN.Enabled = False
ShapeKUNINGSELATAN.Visible = False
LabelKUNINGSELATAN.Caption = "0"
TimerMERAHSELATAN.Enabled = False
ShapeMERAHSELATAN.Visible = False
LabelMERAHSELATAN.Caption = "0"

```

```
End Sub
```

```

Private Sub TimerHIJAUBARAT_Timer()
ShapeHIJAUBARAT.Visible = True
TotalTenthSecondsHIJAUBARAT =
TotalTenthSecondsHIJAUBARAT + 1
TenthSecondsHIJAUBARAT = TotalTenthSecondsHIJAUBARAT
Mod 10
TotalSecondsHIJAUBARAT =
Int(TotalTenthSecondsHIJAUBARAT / 10)
SecondsHIJAUBARAT = TotalSecondsHIJAUBARAT Mod 100

```

```

LabelHIJAUBARAT = SecondsHIJAUBARAT
If SecondsHIJAUBARAT >= Label19.Caption Then
TimerKUNINGBARAT.Enabled = True
TimerHIJAUBARAT.Enabled = False
ShapeHIJAUBARAT.Visible = False
LabelHIJAUBARAT.Caption = "0"
TotalTenthSecondsKUNINGBARAT = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerKUNINGBARAT_Timer()
ShapeKUNINGBARAT.Visible = True
TotalTenthSecondsKUNINGBARAT =
TotalTenthSecondsKUNINGBARAT + 1
TenthSecondsKUNINGBARAT = TotalTenthSecondsKUNINGBARAT
Mod 10
TotalSecondsKUNINGBARAT =
Int(TotalTenthSecondsKUNINGBARAT / 10)
SecondsKUNINGBARAT = TotalSecondsKUNINGBARAT Mod 100

```

```

LabelKUNINGBARAT = SecondsKUNINGBARAT
If SecondsKUNINGBARAT >= Label18.Caption Then
TimerMERAHBARAT.Enabled = True
TimerKUNINGBARAT.Enabled = False
ShapeKUNINGBARAT.Visible = False
LabelKUNINGBARAT.Caption = "0"
TotalTenthSecondsMERAHBARAT = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerMERAHBARAT_Timer()
ShapeMERAHBARAT.Visible = True
TotalTenthSecondsMERAHBARAT =
TotalTenthSecondsMERAHBARAT + 1
TenthSecondsMERAHBARAT = TotalTenthSecondsMERAHBARAT
Mod 10
TotalSecondsMERAHBARAT =
Int(TotalTenthSecondsMERAHBARAT / 10)
SecondsMERAHBARAT = TotalSecondsMERAHBARAT Mod 100

LabelMERAHBARAT = SecondsMERAHBARAT
If SecondsMERAHBARAT >= Label17.Caption Then
TimerHIJAUBARAT.Enabled = True
TimerMERAHBARAT.Enabled = False
ShapeMERAHBARAT.Visible = False
LabelMERAHBARAT.Caption = "0"
TotalTenthSecondsHIJAUBARAT = -1
Exit Sub
End If
End Sub

Private Sub TimerHIJAUTIMUR_Timer()
ShapeHIJAUTIMUR.Visible = True
TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR =
TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR + 1
TenthSecondsHIJAUTIMUR = TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR
Mod 10
TotalSecondsHIJAUTIMUR =
Int(TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR / 10)
SecondsHIJAUTIMUR = TotalSecondsHIJAUTIMUR Mod 100

```

```

LabelHIJAUTIMUR = SecondsHIJAUTIMUR
If SecondsHIJAUTIMUR >= Label25.Caption Then
TimerKUNINGTIMUR.Enabled = True
TimerHIJAUTIMUR.Enabled = False
ShapeHIJAUTIMUR.Visible = False
LabelHIJAUTIMUR.Caption = "0"
TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR = -1

Label23.Caption = Label17.Caption
Label29.Caption = Label23.Caption

Label25.Caption = Label19.Caption
Label31.Caption = Label19.Caption
Exit Sub
End If
End Sub

Private Sub TimerKUNINGTIMUR_Timer()
ShapeKUNINGTIMUR.Visible = True
TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR =
TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR + 1
TenthSecondsKUNINGTIMUR = TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR
Mod 10
TotalSecondsKUNINGTIMUR =
Int(TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR / 10)
SecondsKUNINGTIMUR = TotalSecondsKUNINGTIMUR Mod 100

LabelKUNINGTIMUR = SecondsKUNINGTIMUR
If SecondsKUNINGTIMUR >= Label24.Caption Then
TimerMERAHTIMUR.Enabled = True

```

```

TimerKUNINGTIMUR.Enabled = False
ShapeKUNINGTIMUR.Visible = False
LabelKUNINGTIMUR.Caption = "0"
TotalTenthSecondsMERAHTIMUR = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerMERAHTIMUR_Timer()
ShapeMERAHTIMUR.Visible = True
TotalTenthSecondsMERAHTIMUR =
TotalTenthSecondsMERAHTIMUR + 1
TenthSecondsMERAHTIMUR = TotalTenthSecondsMERAHTIMUR
Mod 10
TotalSecondsMERAHTIMUR =
Int(TotalTenthSecondsMERAHTIMUR / 10)
SecondsMERAHTIMUR = TotalSecondsMERAHTIMUR Mod 100

```

```

LabelMERAHTIMUR = SecondsMERAHTIMUR
If SecondsMERAHTIMUR >= Label23.Caption Then
TimerHIJAUTIMUR.Enabled = True
TimerMERAHTIMUR.Enabled = False
ShapeMERAHTIMUR.Visible = False
LabelMERAHTIMUR.Caption = "0"
TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerHIJAUSELATAN_Timer()
ShapeHIJAUSELATAN.Visible = True

```



```

TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN =
TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN + 1
TenthSecondsHIJAUSELATAN =
TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN Mod 10
TotalSecondsHIJAUSELATAN =
Int(TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN / 10)
SecondsHIJAUSELATAN = TotalSecondsHIJAUSELATAN Mod 100

```

```

LabelHIJAUSELATAN = SecondsHIJAUSELATAN
If SecondsHIJAUSELATAN >= Label31.Caption Then
TimerKUNINGSELATAN.Enabled = True
TimerHIJAUSELATAN.Enabled = False
ShapeHIJAUSELATAN.Visible = False
LabelHIJAUSELATAN.Caption = "0"
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerKUNINGSELATAN_Timer()
ShapeKUNINGSELATAN.Visible = True
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN =
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN + 1
TenthSecondsKUNINGSELATAN =
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN Mod 10
TotalSecondsKUNINGSELATAN =
Int(TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN / 10)
SecondsKUNINGSELATAN = TotalSecondsKUNINGSELATAN Mod
100

```

```

LabelKUNINGSELATAN = SecondsKUNINGSELATAN

```

```

If SecondsKUNINGSELATAN >= Label30.Caption Then
TimerMERAHSELATAN.Enabled = True
TimerKUNINGSELATAN.Enabled = False
ShapeKUNINGSELATAN.Visible = False
LabelKUNINGSELATAN.Caption = "0"
TotalTenthSecondsMERAHSELATAN = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerMERAHSELATAN_Timer()
ShapeMERAHSELATAN.Visible = True
TotalTenthSecondsMERAHSELATAN =
TotalTenthSecondsMERAHSELATAN + 1
TenthSecondsMERAHSELATAN =
TotalTenthSecondsMERAHSELATAN Mod 10
TotalSecondsMERAHSELATAN =
Int(TotalTenthSecondsMERAHSELATAN / 10)
SecondsMERAHSELATAN = TotalSecondsMERAHSELATAN Mod 100

```

```

LabelMERAHSELATAN = SecondsMERAHSELATAN
If SecondsMERAHSELATAN >= Label29.Caption Then
TimerHIJAUSELATAN.Enabled = True
TimerMERAHSELATAN.Enabled = False
ShapeMERAHSELATAN.Visible = False
LabelMERAHSELATAN.Caption = "0"
TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

## 2. Persimpangan STIKES Tlogorejo (Simpang 4)

```
Dim TotalTenthSecondsMERAHBARAT,
TotalSecondsMERAHBARAT, TenthSecondsMERAHBARAT,
SecondsMERAHBARAT As Integer
Dim TotalTenthSecondsKUNINGBARAT,
TotalSecondsKUNINGBARAT, TenthSecondsKUNINGBARAT,
SecondsKUNINGBARAT As Integer
Dim TotalTenthSecondsHIJAUBARAT,
TotalSecondsHIJAUBARAT, TenthSecondsHIJAUBARAT,
SecondsHIJAUBARAT As Integer
```

```
Dim TotalTenthSecondsMERAHUTARA,
TotalSecondsMERAHUTARA, TenthSecondsMERAHUTARA,
SecondsMERAHUTARA As Integer
Dim TotalTenthSecondsKUNINGUTARA,
TotalSecondsKUNINGUTARA, TenthSecondsKUNINGUTARA,
SecondsKUNINGUTARA As Integer
Dim TotalTenthSecondsHIJAUUTARA,
TotalSecondsHIJAUUTARA, TenthSecondsHIJAUUTARA,
SecondsHIJAUUTARA As Integer
```

```
Dim TotalTenthSecondsMERAHTIMUR,
TotalSecondsMERAHTIMUR, TenthSecondsMERAHTIMUR,
SecondsMERAHTIMUR As Integer
Dim TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR,
TotalSecondsKUNINGTIMUR, TenthSecondsKUNINGTIMUR,
SecondsKUNINGTIMUR As Integer
Dim TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR,
TotalSecondsHIJAUTIMUR, TenthSecondsHIJAUTIMUR,
SecondsHIJAUTIMUR As Integer
```

```

Dim TotalTenthSecondsMERAHSELATAN,
TotalSecondsMERAHSELATAN, TenthSecondsMERAHSELATAN,
SecondsMERAHSELATAN As Integer
Dim TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN,
TotalSecondsKUNINGSELATAN, TenthSecondsKUNINGSELATAN,
SecondsKUNINGSELATAN As Integer
Dim TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN,
TotalSecondsHIJAUSELATAN, TenthSecondsHIJAUSELATAN,
SecondsHIJAUSELATAN As Integer

```

```

Private Sub Command1_Click()
Label27.Caption = Label23(0).Caption * 1 + 2
Label33.Caption = Label23(0).Caption * 2 + 2
Label39.Caption = Label23(0).Caption * 3 + 2
Label21(0).Caption = Label39.Caption

```

```

Label29.Caption = Label23(0).Caption
Label35.Caption = Label23(0).Caption
Label41.Caption = Label23(0).Caption
End Sub

```

```

Private Sub Command2_Click()
TotalTenthSecondsKUNINGBARAT = -1
TotalTenthSecondsHIJAUBARAT = -1

```

```

TotalTenthSecondsMERAHUTARA = -1
TotalTenthSecondsKUNINGUTARA = -1
TotalTenthSecondsHIJAUUTARA = -1

```

```

TotalTenthSecondsMERAHTIMUR = -1
TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR = -1

```

```
TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR = -1
```

```
TotalTenthSecondsMERAHSELATAN = -1
```

```
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN = -1
```

```
TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN = -1
```

```
TimerHIJAUBARAT.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandHITUNG4_Click()
```

```
Dim x, t, y, z, a, b, m, n, c, d, e, f As Double
```

```
x = Val(TextTLMBARAT) + Val(TextTLKBARAT) +  
Val(TextTLHBARAT)
```

```
Label23(0).Caption = (x / 4)
```

```
a = Val(Label23(0))
```

```
Label22(0).Caption = Val(TextTLKBARAT)
```

```
b = Val(Label22(0))
```

```
Label21(0).Caption = x - a - b
```

```
t = Val(TextTLMUTARA) + Val(TextTLKUTARA) +  
Val(TextTLHUTARA)
```

```
Label29.Caption = (t / 4)
```

```
m = Val(Label29)
```

```
Label28.Caption = Val(TextTLKUTARA)
```

```
n = Val(Label28)
```

```
Label27.Caption = t - m - n
```

```
y = Val(TextTLMTIMUR) + Val(TextTLKTIMUR) +  
Val(TextTLHTIMUR)
```

```
Label35.Caption = (y / 4)
```

```

c = Val(Label35)
Label34.Caption = Val(TextTLKTIMUR)
d = Val(Label34)
Label33.Caption = y - c - d

z = Val(TextTLMSELATAN) + Val(TextTLKSELATAN) +
Val(TextTLHSELATAN)
Label41.Caption = (z / 4)
e = Val(Label41)
Label40.Caption = Val(TextTLKSELATAN)
f = Val(Label40)
Label39.Caption = z - e - f
End Sub

Private Sub CommandKEMBALI_Click()
    Form1.Show
    Unload Me
End Sub

Private Sub CommandMULAI_Click()
    TotalTenthSecondsKUNINGBARAT = -1
    TotalTenthSecondsHIJAUBARAT = -1

    TotalTenthSecondsMERAHUTARA = -1
    TotalTenthSecondsKUNINGUTARA = -1
    TotalTenthSecondsHIJAUUTARA = -1

    TotalTenthSecondsMERAHTIMUR = -1
    TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR = -1
    TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR = -1

```

```

TotalTenthSecondsMERAHSELATAN = -1
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN = -1
TotalTenthSecondsHIJASELATAN = -1

```

```

TimerHIJAUBARAT.Enabled = True
TimerMERAHUTARA.Enabled = True
TimerMERAHTIMUR.Enabled = True
TimerMERAHSELATAN.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub CommandRESET_Click()

```

```

    TextTLMBARAT.Text = ""
    TextTLKBARAT.Text = ""
    TextTLHBARAT.Text = ""
    TextTLMUTARA.Text = ""
    TextTLKUTARA.Text = ""
    TextTLHUTARA.Text = ""
    TextTLMTIMUR.Text = ""
    TextTLKTIMUR.Text = ""
    TextTLHTIMUR.Text = ""
    TextTLMSELATAN.Text = ""
    TextTLKSELATAN.Text = ""
    TextTLHSELATAN.Text = ""

```

```

    Label21(0).Caption = ""
    Label22(0).Caption = ""
    Label23(0).Caption = ""
    Label27.Caption = ""
    Label28.Caption = ""
    Label29.Caption = ""
    Label33.Caption = ""

```

```
Label34.Caption = ""  
Label35.Caption = ""  
Label39.Caption = ""  
Label40.Caption = ""  
Label41.Caption = ""
```

```
TimerHIJAUBARAT.Enabled = False  
ShapeHIJAUBARAT.Visible = False  
LabelHIJAUBARAT.Caption = "0"  
TimerKUNINGBARAT.Enabled = False  
ShapeKUNINGBARAT.Visible = False  
LabelKUNINGBARAT.Caption = "0"  
TimerMERAHBARAT.Enabled = False  
ShapeMERAHBARAT.Visible = False  
LabelMERAHBARAT.Caption = "0"
```

```
TimerHIJAUUTARA.Enabled = False  
ShapeHIJAUUTARA.Visible = False  
LabelHIJAUUTARA.Caption = "0"  
TimerKUNINGUTARA.Enabled = False  
ShapeKUNINGUTARA.Visible = False  
LabelKUNINGUTARA.Caption = "0"  
TimerMERAHUTARA.Enabled = False  
ShapeMERAHUTARA.Visible = False  
LabelMERAHUTARA.Caption = "0"
```

```
TimerHIJAUTIMUR.Enabled = False  
ShapeHIJAUTIMUR.Visible = False  
LabelHIJAUTIMUR.Caption = "0"  
TimerKUNINGTIMUR.Enabled = False  
ShapeKUNINGTIMUR.Visible = False
```



```

LabelKUNINGTIMUR.Caption = "0"
TimerMERAHTIMUR.Enabled = False
ShapeMERAHTIMUR.Visible = False
LabelMERAHTIMUR.Caption = "0"

TimerHIJAUSELATAN.Enabled = False
ShapeHIJAUSELATAN.Visible = False
LabelHIJAUSELATAN.Caption = "0"
TimerKUNINGSELATAN.Enabled = False
ShapeKUNINGSELATAN.Visible = False
LabelKUNINGSELATAN.Caption = "0"
TimerMERAHSELATAN.Enabled = False
ShapeMERAHSELATAN.Visible = False
LabelMERAHSELATAN.Caption = "0"
End Sub

Private Sub TimerHIJAUBARAT_Timer()
ShapeHIJAUBARAT.Visible = True
TotalTenthSecondsHIJAUBARAT =
TotalTenthSecondsHIJAUBARAT + 1
TenthSecondsHIJAUBARAT = TotalTenthSecondsHIJAUBARAT
Mod 10
TotalSecondsHIJAUBARAT =
Int(TotalTenthSecondsHIJAUBARAT / 10)
SecondsHIJAUBARAT = TotalSecondsHIJAUBARAT Mod 100

LabelHIJAUBARAT = SecondsHIJAUBARAT
If SecondsHIJAUBARAT >= Label23(0).Caption Then
TimerKUNINGBARAT.Enabled = True
TimerHIJAUBARAT.Enabled = False
ShapeHIJAUBARAT.Visible = False

```

```

LabelHIJAUBARAT.Caption = "0"
TotalTenthSecondsKUNINGBARAT = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerKUNINGBARAT_Timer()
ShapeKUNINGBARAT.Visible = True
TotalTenthSecondsKUNINGBARAT =
TotalTenthSecondsKUNINGBARAT + 1
TenthSecondsKUNINGBARAT = TotalTenthSecondsKUNINGBARAT
Mod 10
TotalSecondsKUNINGBARAT =
Int(TotalTenthSecondsKUNINGBARAT / 10)
SecondsKUNINGBARAT = TotalSecondsKUNINGBARAT Mod 100

```

```

LabelKUNINGBARAT = SecondsKUNINGBARAT
If SecondsKUNINGBARAT >= Label22(0).Caption Then
TimerMERAHBARAT.Enabled = True
TimerKUNINGBARAT.Enabled = False
ShapeKUNINGBARAT.Visible = False
LabelKUNINGBARAT.Caption = "0"
TotalTenthSecondsMERAHBARAT = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerMERAHBARAT_Timer()
ShapeMERAHBARAT.Visible = True
TotalTenthSecondsMERAHBARAT =
TotalTenthSecondsMERAHBARAT + 1

```

```

TenthSecondsMERAHBARAT = TotalTenthSecondsMERAHBARAT
Mod 10
TotalSecondsMERAHBARAT =
Int(TotalTenthSecondsMERAHBARAT / 10)
SecondsMERAHBARAT = TotalSecondsMERAHBARAT Mod 100

```

```

LabelMERAHBARAT = SecondsMERAHBARAT
If SecondsMERAHBARAT >= Label21(0).Caption Then
TimerHIJAUBARAT.Enabled = True
TimerMERAHBARAT.Enabled = False
ShapeMERAHBARAT.Visible = False
LabelMERAHBARAT.Caption = "0"
TotalTenthSecondsHIJAUBARAT = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerHIJAUUTARA_Timer()
ShapeHIJAUUTARA.Visible = True
TotalTenthSecondsHIJAUUTARA =
TotalTenthSecondsHIJAUUTARA + 1
TenthSecondsHIJAUBARAT = TotalTenthSecondsHIJAUUTARA
Mod 10
TotalSecondsHIJAUUTARA =
Int(TotalTenthSecondsHIJAUUTARA / 10)
SecondsHIJAUUTARA = TotalSecondsHIJAUUTARA Mod 100

```

```

LabelHIJAUUTARA = SecondsHIJAUUTARA
If SecondsHIJAUUTARA >= Label29.Caption Then
TimerKUNINGUTARA.Enabled = True
TimerHIJAUUTARA.Enabled = False

```

```

ShapeHIJAUUTARA.Visible = False
LabelHIJAUUTARA.Caption = "0"
TotalTenthSecondsKUNINGUTARA = -1

```

```

Label27.Caption = Label21(0).Caption
Label33.Caption = Label27.Caption
Label39.Caption = Label33.Caption
Label21(0).Caption = Label39.Caption

```

```

Label29.Caption = Label23(0).Caption
Label35.Caption = Label23(0).Caption
Label41.Caption = Label23(0).Caption
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerKUNINGUTARA_Timer()
ShapeKUNINGUTARA.Visible = True
TotalTenthSecondsKUNINGUTARA =
TotalTenthSecondsKUNINGUTARA + 1
TenthSecondsKUNINGUTARA = TotalTenthSecondsKUNINGUTARA
Mod 10
TotalSecondsKUNINGUTARA =
Int(TotalTenthSecondsKUNINGUTARA / 10)
SecondsKUNINGUTARA = TotalSecondsKUNINGUTARA Mod 100

```

```

LabelKUNINGUTARA = SecondsKUNINGUTARA
If SecondsKUNINGUTARA >= Label28.Caption Then
TimerMERAHUTARA.Enabled = True
TimerKUNINGUTARA.Enabled = False
ShapeKUNINGUTARA.Visible = False

```

```

LabelKUNINGUTARA.Caption = "0"
TotalTenthSecondsMERAHUTARA = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerMERAHUTARA_Timer()
ShapeMERAHUTARA.Visible = True
TotalTenthSecondsMERAHUTARA =
TotalTenthSecondsMERAHUTARA + 1
TenthSecondsMERAHUTARA = TotalTenthSecondsMERAHUTARA
Mod 10
TotalSecondsMERAHUTARA =
Int(TotalTenthSecondsMERAHUTARA / 10)
SecondsMERAHUTARA = TotalSecondsMERAHUTARA Mod 100

```

```

LabelMERAHUTARA = SecondsMERAHUTARA
If SecondsMERAHUTARA >= Label27.Caption Then
TimerHIJAUUTARA.Enabled = True
TimerMERAHUTARA.Enabled = False
ShapeMERAHUTARA.Visible = False
LabelMERAHUTARA.Caption = "0"
TotalTenthSecondsHIJAUUTARA = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerHIJAUTIMUR_Timer()
ShapeHIJAUTIMUR.Visible = True
TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR =
TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR + 1

```

```

TenthSecondsHIJAUTIMUR = TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR
Mod 10
TotalSecondsHIJAUTIMUR =
Int(TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR / 10)
SecondsHIJAUTIMUR = TotalSecondsHIJAUTIMUR Mod 100

```

```

LabelHIJAUTIMUR = SecondsHIJAUTIMUR
If SecondsHIJAUTIMUR >= Label35.Caption Then
TimerKUNINGTIMUR.Enabled = True
TimerHIJAUTIMUR.Enabled = False
ShapeHIJAUTIMUR.Visible = False
LabelHIJAUTIMUR.Caption = "0"
TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerKUNINGTIMUR_Timer()
ShapeKUNINGTIMUR.Visible = True
TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR =
TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR + 1
TenthSecondsKUNINGTIMUR = TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR
Mod 10
TotalSecondsKUNINGTIMUR =
Int(TotalTenthSecondsKUNINGTIMUR / 10)
SecondsKUNINGTIMUR = TotalSecondsKUNINGTIMUR Mod 100

```

```

LabelKUNINGTIMUR = SecondsKUNINGTIMUR
If SecondsKUNINGTIMUR >= Label34.Caption Then
TimerMERAHTIMUR.Enabled = True
TimerKUNINGTIMUR.Enabled = False

```

```

ShapeKUNINGTIMUR.Visible = False
LabelKUNINGTIMUR.Caption = "0"
TotalTenthSecondsMERAHTIMUR = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerMERAHTIMUR_Timer()
ShapeMERAHTIMUR.Visible = True
TotalTenthSecondsMERAHTIMUR =
TotalTenthSecondsMERAHTIMUR + 1
TenthSecondsMERAHTIMUR = TotalTenthSecondsMERAHTIMUR
Mod 10
TotalSecondsMERAHTIMUR =
Int(TotalTenthSecondsMERAHTIMUR / 10)
SecondsMERAHTIMUR = TotalSecondsMERAHTIMUR Mod 100

```

```

LabelMERAHTIMUR = SecondsMERAHTIMUR
If SecondsMERAHTIMUR >= Label33.Caption Then
TimerHIJAUTIMUR.Enabled = True
TimerMERAHTIMUR.Enabled = False
ShapeMERAHTIMUR.Visible = False
LabelMERAHTIMUR.Caption = "0"
TotalTenthSecondsHIJAUTIMUR = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerHIJAUSELATAN_Timer()
ShapeHIJAUSELATAN.Visible = True

```

```

TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN =
TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN + 1
TenthSecondsHIJAUSELATAN =
TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN Mod 10
TotalSecondsHIJAUSELATAN =
Int(TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN / 10)
SecondsHIJAUSELATAN = TotalSecondsHIJAUSELATAN Mod 100

```

```

LabelHIJAUSELATAN = SecondsHIJAUSELATAN
If SecondsHIJAUSELATAN >= Label41.Caption Then
TimerKUNINGSELATAN.Enabled = True
TimerHIJAUSELATAN.Enabled = False
ShapeHIJAUSELATAN.Visible = False
LabelHIJAUSELATAN.Caption = "0"
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerKUNINGSELATAN_Timer()
ShapeKUNINGSELATAN.Visible = True
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN =
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN + 1
TenthSecondsKUNINGSELATAN =
TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN Mod 10
TotalSecondsKUNINGSELATAN =
Int(TotalTenthSecondsKUNINGSELATAN / 10)
SecondsKUNINGSELATAN = TotalSecondsKUNINGSELATAN Mod
100

```

```

LabelKUNINGSELATAN = SecondsKUNINGSELATAN

```



```

If SecondsKUNINGSELATAN >= Label40.Caption Then
TimerMERAHSELATAN.Enabled = True
TimerKUNINGSELATAN.Enabled = False
ShapeKUNINGSELATAN.Visible = False
LabelKUNINGSELATAN.Caption = "0"
TotalTenthSecondsMERAHSELATAN = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```

```

Private Sub TimerMERAHSELATAN_Timer()
ShapeMERAHSELATAN.Visible = True
TotalTenthSecondsMERAHSELATAN =
TotalTenthSecondsMERAHSELATAN + 1
TenthSecondsMERAHSELATAN =
TotalTenthSecondsMERAHSELATAN Mod 10
TotalSecondsMERAHSELATAN =
Int(TotalTenthSecondsMERAHSELATAN / 10)
SecondsMERAHSELATAN = TotalSecondsMERAHSELATAN Mod 100

```

```

LabelMERAHSELATAN = SecondsMERAHSELATAN
If SecondsMERAHSELATAN >= Label39.Caption Then
TimerHIJAUSELATAN.Enabled = True
TimerMERAHSELATAN.Enabled = False
ShapeMERAHSELATAN.Visible = False
LabelMERAHSELATAN.Caption = "0"
TotalTenthSecondsHIJAUSELATAN = -1
Exit Sub
End If
End Sub

```