

# EVALUASI JARINGAN KABEL LISTRIK PLN DI DAERAH PERKAMPUNGAN DENGAN ALGORITME GENETIKA



Disusun Oleh:

N a m a : Vebri Satriadi

NIM : 16523020

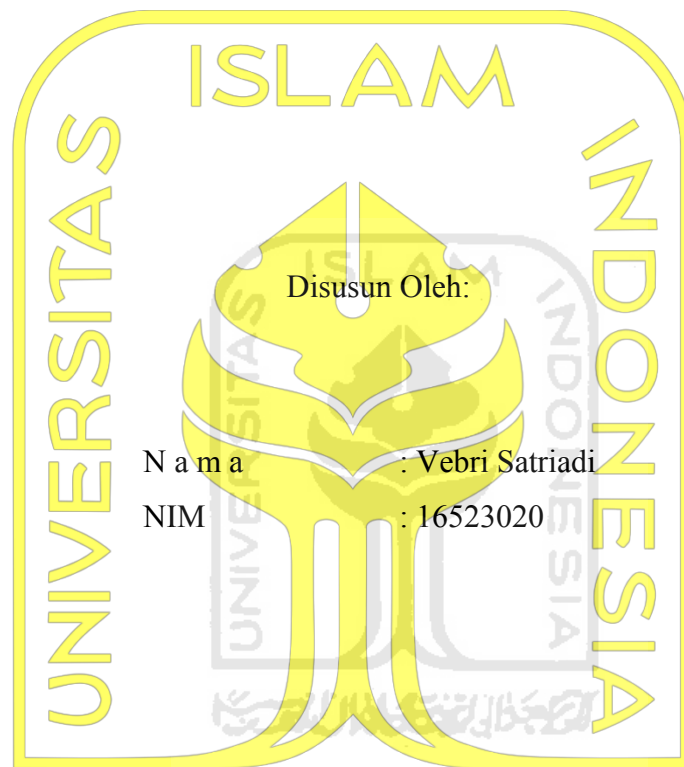
**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**2020**

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**EVALUASI JARINGAN KABEL LISTRIK PLN DI DAERAH  
PERKAMPUNGAN DENGAN ALGORITME GENETIKA**

**TUGAS AKHIR**



المعهد الإسلامي للدراسات والبحوث  
Yogyakarta, 21 Juli 2020

Pembimbing,

( Zainudin Zuhri, S.T, M.I.T. )

**HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**EVALUASI JARINGAN KABEL LISTRIK PLN DI DAERAH  
PERKAMPUNGAN DENGAN ALGORITME GENETIKA**

**TUGAS AKHIR**

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika  
di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 21 Juli 2020

Tim Penguji

Zainudin Zulkhri, S.T., M.I.T.

**Anggota 1**

Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng.,  
Ph.D.

**Anggota 2**

Irving Vitra Paputungan, S.T., M.Sc.

  
 Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



( Dr. Raden Teduh Dirgahayu, S.T., M.Sc. )

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vebri Satriadi

NIM : 16523020

Tugas akhir dengan judul:

### **EVALUASI JARINGAN KABEL LISTRIK PLN DI DAERAH PERKAMPUNGAN DENGAN ALGORITME GENETIKA**

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 21 Juli 2020



METERAI  
TEMPEL  
4C9E9AHF594651207  
6000  
ENAM RIBU RUPIAH

( Vebri Satriadi )

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi serta pengetahuan yang ada di berkas ini, saya persembahkan untuk:

1. Ibu dan Ayah tercinta yang selalu mendoakan dan mendukung seluruh tindakan saya.
2. Peradaban dunia, yang akan selalu berkembang dan membutuhkan pemikiran-pemikiran yang cemerlang.
3. Saudara-saudara dan kawan seperjuangan saya yang selalu menyemangati dan memberi masukan.



## HALAMAN MOTO

*Cogito ergo sum* (Aku berpikir, maka aku ada), salah satu pepatah yang masyhur di dunia. Diutarakan oleh Descartes, filsuf ternama asal Prancis yang mengikuti aliran filsafat Rasionalisme. Sama seperti dirinya ketika mengucapkan kata tersebut, dalam hidup saya ketika ingin mempelajari sesuatu, saya meragukan segalanya, bahkan diri sendiri. Berpikir membuat saya takut menghadapi jalan yang salah. Tetapi, bagaimanapun berpikir mengarahkan saya pada kesalahan, saya tetap berpikir. Hal itulah satu-satunya hal yang jelas bagi saya, hal yang tidak mungkin salah. Untuk itu, bagi peradaban dunia, saya akan tetap berpikir untuk menjaga eksistensi diri saya.



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmaanirrahiim.*

*Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh,*

Syukur *Alhamdulillah*, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang telah memberi rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat merampungkan skripsi yang berjudul “Evaluasi Jaringan Kabel Listrik PLN di Daerah Perkampungan dengan Algoritme Genetika” ini dengan baik.

Tidak mudah menyelesaikan skripsi ini dengan kondisi yang penulis alami, yakni di masa pandemi Covid-19. Namun, dengan keteguhan hati dan semangat serta bimbingan dari berbagai pihak, maka penelitian serta penulisan skripsi ini dapat diselesaikan.

Penulis mengucapkan beribu-ribu terima kasih kepada orangtua tercinta, yang telah senantiasa memberi doa serta dukungan yang berlimpah. Doa-doa dan dukungan tersebutlah yang menyelimuti penulis untuk terus kuat dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini. Tak lupa juga, penulis memberikan hormat dan terima kasih kepada pihak-pihak berikut yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini:

- a. Bapak Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
- b. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- c. Bapak Hendrik, ST., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Program Studi Informatika, Universitas Islam Indonesia.
- d. Bapak Dr. Raden Teduh Dirgahayu, S.T., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana, Universitas Islam Indonesia.
- e. Bapak Zainudin Zuhri, S.T., M.I.T. yang telah sabar membimbing dan memberi arahan hingga saat ini.
- f. Bapak Ridho Rahmadhi, S.Kom., M.Sc., Ph.D., selaku Kepala Laboratorium Informatika Universitas Islam Indonesia.
- g. Pihak-pihak lain yang berada di lingkungan Universitas Islam Indonesia terkhusus pada Informatika UII.
- h. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dengan ditulisnya skripsi ini, diharapkan dapat memberikan membantu pihak-pihak yang berkepentingan untuk lebih mengoptimalkan sumber daya yang ada. Selain itu, diharapkan

skripsi ini dapat memberikan pengetahuan baru bagi pembaca sehingga dunia yang kita tempati ini dapat lebih tertata untuk masa depan kelak.

Terima kasih,

*Wassalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.*

Yogyakarta, 21 Juli 2020



( Vebri Satriadi )





## SARI

Skripsi ini membahas penyelesaian permasalahan kabel listrik di suatu daerah perkampungan. Permasalahan yang kerap terjadi di perkampungan adalah tersambunginya kabel-kabel listrik secara alami, tanpa perhitungan dan perencanaan yang matang. Akibatnya, pemasangan kabel listrik tersebut tidak begitu optimal, yang berdampak pada pemborosan sumber daya kabel listrik. Skripsi ini menggunakan Pohon Rentang Minimum untuk merepresentasikan permasalahan tersebut dengan Algoritme Genetika sebagai metode penyelesaian masalah.

Penelitian ini menggunakan data Desa Menyumbang, Kecamatan Hulu Sungai, Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat. Di daerah tersebut, ditemukan sebanyak 44 titik sambungan kabel dan 135 busur untuk dilakukan proses optimasi. Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah dengan *waterfall*. Penelitian dengan Algoritme Genetika ini menggunakan probabilitas penyilangan dan mutasi masing-masing sebesar 50% dan 5%. Metode penyilangan yang dilakukan adalah dengan penyilangan N-Titik Acak dan dengan metode mutasi yang diusulkan oleh Hidayat. Sementara itu, metode seleksi yang digunakan adalah dengan seleksi Roda Roulette dan dengan metode Regenerasi yang menggantikan kromosom yang memiliki nilai kebugaran yang rendah.

Penelitian menunjukkan bahwa Algoritme Genetika pada penelitian ini dapat merepresentasikan Pohon Rentang pada permasalahan yang ada. Selanjutnya, dengan panjang kabel yang terdapat pada wilayah tersebut dapat teroptimasi dan mendapatkan hasil yang lebih baik daripada sebelumnya.

Kata kunci: Algoritme Genetika, optimasi, Pohon Rentang Minimum

## GLOSARIUM

- Nodes : Titik-titik/simpul yang menjadi objek penelitian.
- Edges : Garis yang menghubungkan simpul-simpul.
- Pseudo Code : Penulisan algoritme dalam bentuk yang hampir sama dengan bahasa pemrograman, tetapi ditulis dengan struktur yang lebih sederhana dengan bahasa baku.
- Source Code : Rangkaian pernyataan atau deklarasi yang ditulis dalam bahasa pemrograman sehingga dapat dipahami oleh mesin.
- Global Optimum : Solusi yang sebenarnya dicari dalam suatu optimasi.
- Local Optimum : Solusi yang didapatkan dalam suatu optimasi, tetapi bukan solusi yang terbaik.
- Fluktuatif : bersifat fluktuasi, terdapat ketidaketapan atau guncangan pada hasil satu dengan yang lain.



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
HALAMAN MOTO .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
SARI .....	ix
GLOSARIUM.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	16
1.1 Latar Belakang .....	16
1.2 Rumusan Masalah .....	18
1.3 Batasan Masalah .....	18
1.4 Tujuan Penelitian .....	18
1.5 Manfaat Penelitian .....	18
1.6 Sistematika Penulisan .....	19
BAB II LANDASAN TEORI.....	21
2.1 Pemodelan Jaringan .....	21
2.2 Teori Graf.....	21
2.3 Pohon .....	27
2.4 Pohon Rentang Minimum .....	28
2.5 Algoritme Genetika.....	30
2.6 Pemrograman Berbasis Prosedur .....	39
2.7 Pemrograman Interpretatif .....	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	41
3.1 Analisis Kebutuhan .....	41
3.2 Tinjauan Literatur .....	42
3.3 Pengumpulan Data .....	42
3.4 Perancangan Algoritme.....	43

3.5	Analisis Hasil .....	47
3.6	Evaluasi .....	47
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		49
4.1	Hasil Penelitian .....	49
4.2	Pembahasan .....	51
4.3	Kelebihan dan Kekurangan .....	53
BAB V PENUTUP .....		55
5.1	Kesimpulan .....	55
5.2	Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....		56
LAMPIRAN .....		58



**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 1.</b> Tabel penggunaan Algoritme Genetika pada berbagai permasalahan Pohon Rentang Minimum di beberapa penelitian sebelumnya .....	29
--	----



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Desa Menyumbang yang menjadi subjek penelitian. ....	17
Gambar 2.1. Ilustrasi Multigraf .....	22
Gambar 2.2. Ilustrasi Pseudograf.....	22
Gambar 2.3. Ilustrasi Trivialgraf .....	23
Gambar 2.4. Ilustrasi Graf Lengkap .....	23
Gambar 2.5. Ilustrasi Graf Teratur.....	23
Gambar 2.6. Graf Berarah.....	24
Gambar 2.7. Graf Tak Berarah .....	24
Gambar 2.8. Graf Tak Berlabel.....	25
Gambar 2.9. Graf Berlabel.....	25
Gambar 2.10. Ilustrasi Walk .....	26
Gambar 2.11. Ilustrasi dari Closed Walk.....	26
Gambar 2.12. Ilustrasi dari Path .....	27
Gambar 2.13. Ilustrasi Cycle .....	27
Gambar 2.14. Ilustrasi Tree .....	28
Gambar 2.15. Ilustrasi bagaimana Pohon Rentang Minimum bekerja .....	29
Gambar 2.16. Diagram alir Algoritme Genetika .....	32
Gambar 2.17. Ilustrasi penyilangan $N$ -Titik .....	35
Gambar 2.18. Ilustrasi Penyilangan Seragam .....	36
Gambar 2.19. Ilustrasi Penyilangan Berbasis Posisi.....	36
Gambar 2.20. Ilustrasi Penyilangan Berbasis Urutan .....	37
Gambar 2.21. Ilustrasi mutasi untuk kode biner .....	38
Gambar 2.22. Ilustrasi mutasi berbasis posisi.....	38
Gambar 2.23. Ilustrasi mutasi berbasis urutan.....	38
Gambar 2.24. Ilustrasi mutasi teraduk .....	39
Gambar 2.25. Ilustrasi paradigma pemrograman berbasis prosedur.....	40
Gambar 3.1. Denah lokasi yang menjadi <i>input</i> data dalam penelitian.....	43
Gambar 3.2. Representasi kromosom pada permasalahan Pohon Rentang Minimum yang diusulkan Hidayat .....	44
Gambar 3.4. Ilustrasi pemilihan titik secara acak .....	46
Gambar 3.5. Ilustrasi pengisian gen yang kosong pada kedua kromosom gen pertama .....	46

Gambar 3.6. Ilustrasi penyilangan pada titik-titik yang telah terpilih secara acak dan dilakukan revisi pada induk pertama gen kedua .....	46
Gambar 3.7. Hasil akhir penyilangan N-Titik Acak .....	46
Gambar 3.8. Proses mutasi gen pada permasalahan Pohon Rentang Minimum yang diusulkan Hidayat.....	47
Gambar 4.1. Perkembangan nilai kebugaran selama proses komputasi .....	50
Gambar 4.2. Hasil permasalahan Pohon Rentang Minimum yang telah dioptimasi .....	51



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Sumber daya listrik saat ini menjadi salah satu kebutuhan vital dalam kehidupan sehari-hari. Hampir seluruh kebutuhan dapat dibantu dengan alat-alat yang menggunakan listrik sebagai sumber dayanya, termasuk kebutuhan yang berada di wilayah perkampungan. Merujuk pada data Statistik Ketenagalistrikan Edisi No. 31 Tahun Anggaran 2018, menunjukkan daya listrik yang tersambung per sektor pelanggan rumah tangga tahun 2017 mencapai 59.257,32 persen (Direktorat Jendral Ketenagalistrikan, 2018). Hal ini mengindikasikan bahwa lebih dari separuh daya listrik yang tersambung di Indonesia, dikonsumsi oleh kebutuhan rumah tangga.

Sementara itu, data yang sama menunjukkan bahwa pada tahun 2015, 2016, 2017, total produksi dan pembelian tenaga listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN) berturut-turut adalah 233.981,98 GWh, 246.610,52 GWh, dan 254.657,39 GWh (Direktorat Jendral Ketenagalistrikan, 2018). Data tersebut membuktikan bahwa total produksi dan pembelian tenaga listrik oleh PLN setiap tahun semakin bertambah. Jumlah pelanggan pun semakin bertambah setiap tahunnya yakni 61,167,980 pelanggan pada tahun 2015, 64,282,493 pelanggan tahun 2016, dan 68,068,283 pelanggan di tahun 2017 (Direktorat Jendral Ketenagalistrikan, 2018).

Data-data di atas dapat memberikan gambaran bahwa kebutuhan dan penyediaan tenaga listrik semakin bertambah setiap tahunnya. Sementara itu, di area perkampungan, jaringan kabel listrik tersambung secara alami dengan tidak melalui perencanaan yang matang. Hal tersebut berakibat pada pemborosan kabel listrik yang berdampak pada bertambahnya pemborosan sumber daya listrik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan optimasi kabel listrik di daerah perkampungan.

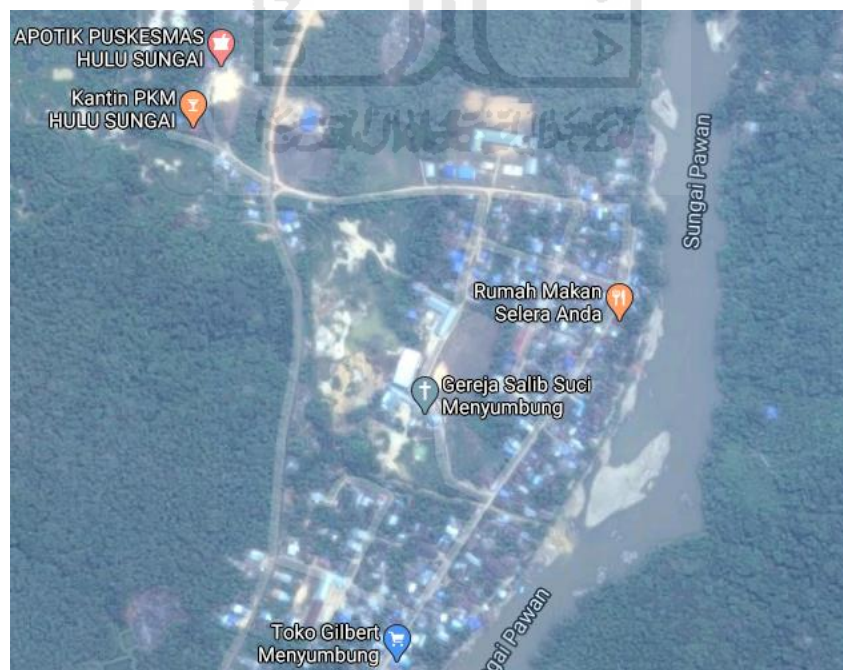
Dalam mencari nilai optimum dari masalah Pohon Rentang Minimum, banyak metode yang dapat digunakan seperti Algoritme Prim, Algoritme Kruskal, Pohon Steiner. Adapun pada penelitian ini, akan diajukan untuk menggunakan Algoritme Genetika guna memecahkan masalah pencarian nilai optimum dari distribusi jaringan listrik di wilayah perkampungan. Sementara itu, yang dimaksud dengan Algoritme Genetika adalah suatu metode dalam pemecahan permasalahan optimasi yang mengadopsi prinsip teori evolusi Charles Darwin. Proses Pencarian penyelesaian atau proses terpilihnya sebuah penyelesaian dalam algoritme ini



berlangsung sama seperti terpilihnya suatu individu untuk bertahan hidup dalam proses evolusi (Zukhri, Z., 2014).

Dalam membentuk kondisi yang optimum, dibutuhkan beberapa langkah. Pertama, pembentukan populasi dalam Algoritme Genetika dibentuk secara acak. Kemudian, pada saat kondisi suatu individu tidak dapat bertahan, maka individu tersebut akan diseleksi. Proses seleksi dalam Algoritme Genetika menggunakan dua cara, yakni dengan mengevaluasi tingkat ketahanan individu tersebut kemudian memilih individu yang layak menjadi induk dalam proses reproduksi individu. Selanjutnya, generasi baru akan terbentuk melalui sistem reproduksi. Proses reproduksi pun akan melewati dua cara, yakni *crossover* yang menyilangkan sifat dari beberapa induk dan mewariskannya ke generasi selanjutnya dan mutasi yang mengubah sedikit gen dari individu tersebut. Proses tersebut akan diulang-ulang sehingga mendapatkan generasi yang paling optimum, atau bisa disebut *local optimum*.

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan akan memberikan solusi terhadap permasalahan kabel listrik yang tersambung pada daerah perkampungan. Solusi yang diharapkan adalah meningkatnya efektivitas dan efisiensi dalam menyalurkan kabel listrik di daerah-daerah kabel listriknya tumbuh secara alami tanpa perencanaan yang matang pada berbagai daerah perkampungan. Gambar 1.1 merupakan gambar peta suatu wilayah perkampungan yang akan dioptimasi pada penelitian ini.



Gambar 1.1. Peta Desa Menyumbang yang menjadi subjek penelitian.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian yang telah disampaikan, dapat ditarik pertanyaan penelitian untuk merumuskan masalah tentang evaluasi kabel listrik di daerah perkampungan. Rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana mengoptimalkan jaringan kabel listrik PLN di daerah perkampungan menggunakan Algoritme Genetika?
- b. Bagaimana efisiensi Algoritme Genetika dalam menyelesaikan permasalahan distribusi jaringan kabel listrik PLN?

## 1.3 Batasan Masalah

Penelitian yang membahas evaluasi jaringan kabel listrik di daerah perkampungan dengan Algoritme Genetika ini memiliki batasan masalah yang digunakan untuk mengarahkan jalannya penelitian ini agar masih dalam pembahasan Pohon Rentang Minimum dan Algoritme Genetika. Berikut batasan masalahnya:

- a. Diasumsikan tidak ada penghalang dalam menghubungkan titik-titik sambungan kabel seperti pohon dan rumah.
- b. Diasumsikan satu titik memiliki satu trafo.
- c. Besarnya tegangan di wilayah Desa Menyumbang diasumsikan seragam.
- d. Jenis kabel yang membentang diasumsikan berupa kabel tertutup.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan skripsi yang membahas Algoritme Genetika untuk menyelesaikan masalah kabel jaringan listrik di daerah perkampungan adalah sebagai berikut:

- a. Mengevaluasi dan mengoptimasi panjang kabel listrik PLN di daerah perkampungan sekecil-kecilnya.
- b. Mengetahui perbandingan antara panjang kabel listrik yang belum teroptimasi dan telah dioptimasi dengan Algoritme Genetika.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dengan adanya penelitian dan penyusunan naskah skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a. Menjadi referensi dalam menerapkan Algoritme Genetika dalam menyelesaikan permasalahan pada Pohon Rentang Minimum

## 1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, penulisan maupun pembahasan skripsi yang akan membahas evaluasi jaringan kabel listrik di daerah perkampungan dengan Algoritme Genetika terbagi menjadi tiga bagian. Hal tersebut dimaksudkan agar pembaca dapat lebih memahami batasan pembahasan yang ada di dalam naskah skripsi ini. Bagian-bagian yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- a. Pembuka Skripsi

Bagian ini berisi halaman judul, halaman pengesahan, halaman pernyataan keaslian, halaman persembahan, halaman moto, kata pengantar, sari, daftar isi, glosarium, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

- b. Isi Skripsi

Pada bagian ini, akan dibahas isi skripsi yang terbagi menjadi lima bab, yakni:

1. Bab I: Pendahuluan

Bab ini berisi tentang gambaran umum laporan Tugas Akhir ini seperti latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan penelitian tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab II: Landasan Teori

Bab ini akan menguraikan tentang dasar-dasar pemikiran maupun berbagai definisi yang berkaitan dengan penelitian ini. Hal-hal tersebut dijadikan kerangka teoretis dalam mendasari pemecahan permasalahan kabel jaringan listrik di daerah perkampungan dalam penelitian ini seperti Pemodelan Jaringan, Teori Graf, Algoritme Genetika, Pohon, Pohon Rentang Minimum, Algoritme Genetika, maupun salah satu paradigma pemrograman berbasis prosedur (*Procedural Programming*).

3. Bab III: Metodologi Penelitian

Bagian ini akan berisikan tentang langkah-langkah yang ditempuh untuk mencapai tujuan dari penelitian yang membahas Algoritme Genetika dalam memecahkan permasalahan kabel listrik di daerah perkampungan. Adapun bab ini terdapat beberapa bagian seperti perumusan masalah, sumber data, tempat dan waktu penelitian, serta prosedur penelitian.

4. Bab IV: Analisis Kebutuhan dan Perancangan

Isi dari bab ini merupakan analisis kebutuhan serta rancangan Algoritme Genetika yang akan diterapkan pada penelitian ini. Rancangan-rancangan tersebut berupa representasi kromosom yang digunakan, evaluasi nilai kebugaran, dan beberapa teknik seperti penyilangan, mutasi, regenerasi, dan seleksi.

5. Bab V: Hasil dan Pembahasan

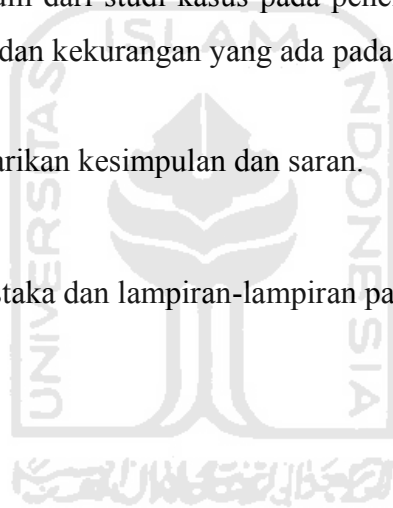
Pada bagian ini akan menguraikan tentang pembahasan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Hasil penelitian berupa solusi paling optimum dari permasalahan Pohon Rentang Minimum dari jaringan listrik perkampungan Menyumbang dengan menggunakan Algoritme Genetika sebagai algoritme optimasi. Pengembangan algoritme tersebut ke dalam bentuk *source code* dengan paradigma pemrograman *Procedural Programming*. Pada pembahasan berisi analisis hasil penelitian, akan dikemukakan hasil optimum dari studi kasus pada penelitian ini. Terakhir, terdapat sub-bab berupa kelebihan dan kekurangan yang ada pada penelitian ini.

6. Bab VI: Penutup

Isi dari bab ini berupa penarikan kesimpulan dan saran.

c. Akhir skripsi

Bagian ini berisi daftar pustaka dan lampiran-lampiran pada penelitian



## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Pemodelan Jaringan

Pada Riset Operasi, terdapat beberapa pemodelan permasalahan, seperti transportasi, penugasan, jaringan, dan lain-lain. Penelitian ini akan menggunakan salah satunya, yakni Pemodelan Jaringan. Jaringan merupakan suatu sistem dari titik dan garis-garis yang menghubungkan titik-titik tersebut (Siang, 2011). Dalam suatu kasus yang nyata, titik-titik dapat merepresentasikan lokasi (seperti kota, daerah, sambungan kabel listrik, dan lain-lain) dan garis merupakan hubungan antar lokasi/titik tersebut seperti kabel listrik, pipa, dan lain-lain. Salah satu cara untuk merepresentasikan pemodelan jaringan adalah dengan menggunakan graf.

Selain itu, pemodelan jaringan dapat merepresentasikan beberapa permasalahan yang ada di dunia nyata, seperti Pohon Rentang Minimum, penjadwalan proyek, pencarian jarak terdekat, dan lain-lain.

### 2.2 Teori Graf

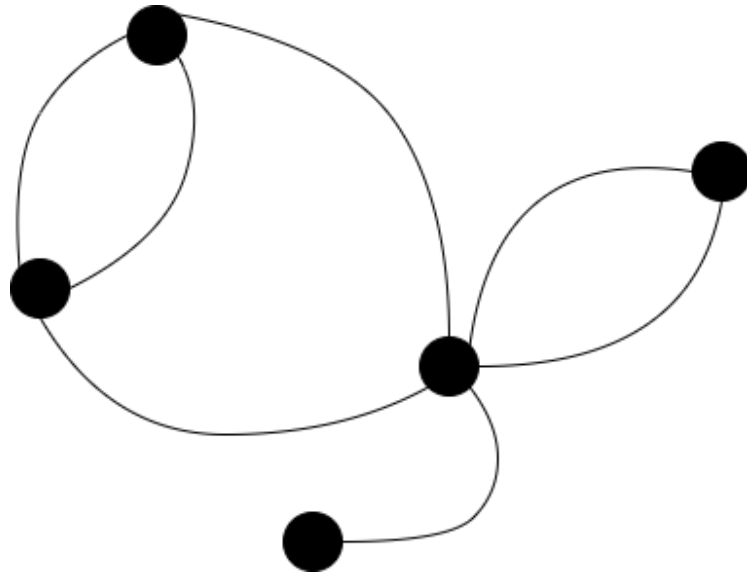
Pemodelan jaringan dapat direpresentasikan dengan baik melalui graf. (Siang, 2011) Sementara itu, definisi dari graf adalah kumpulan beberapa *vertices*, yang beberapa di antaranya terhubung oleh *edges*. Pada intinya graf adalah susunan pasangan beberapa pasangan  $G = (V, E)$  dengan *vertices* ( $V$ ) atau yang disebut *nodes* dengan kumpulan *edges* ( $E$ ). Selanjutnya,  $V$  adalah himpunan tidak kosong (*nonempty*) dari simpul-simpul yang direpresentasikan dengan titik, dan  $E$  adalah himpunan *edges* yang digambarkan dengan garis-garis yang membentang antara *nodes* satu dengan *nodes* yang lainnya.

#### 2.2.1 Macam-Macam Graf

Dilihat dari strukturnya, terdapat lima macam graf, yaitu:

##### **Multigraf**

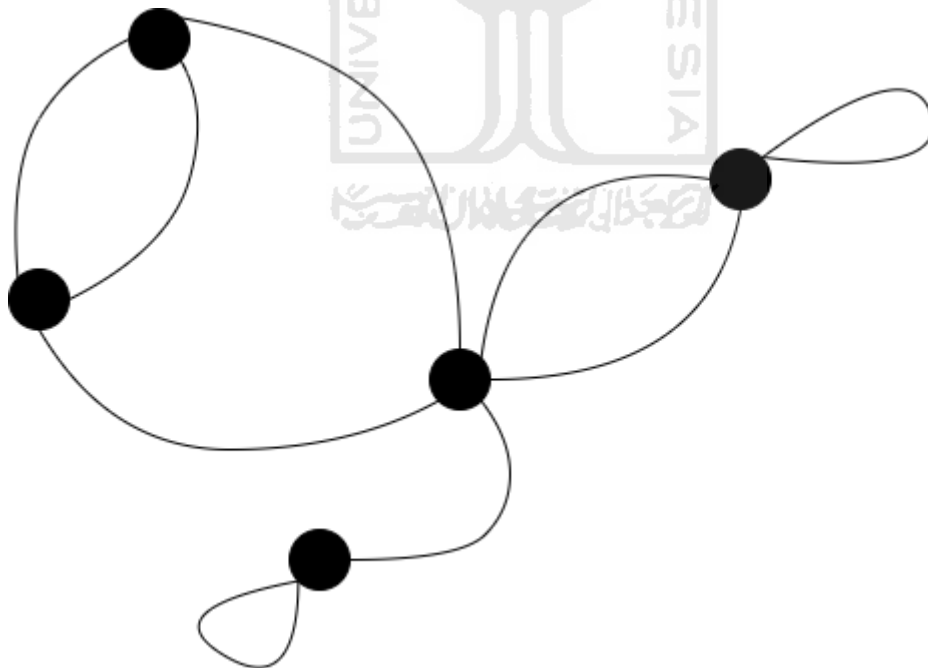
Multigraf adalah graf yang memiliki satu atau lebih pasangan rusuk ganda yang menghubungkan dua buah titiknya. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1. Ilustrasi Multigraf

### Pseudograf

Pseudograf adalah graf yang memiliki satu atau lebih pasang rusuk ganda yang menghubungkan dua buah titiknya dan memiliki satu atau lebih loop pada titiknya. Untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai pseudograf, perhatikan ilustrasi pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2. Ilustrasi Pseudograf

### Trivialgraf

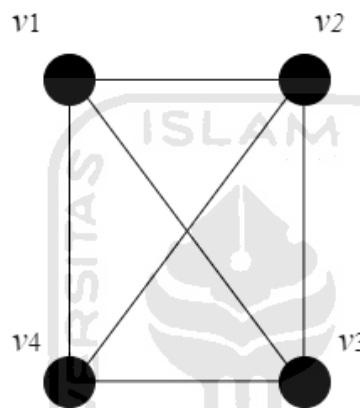
Trivialgraf adalah graf yang hanya terdiri dari satu titik. Contoh ilustrasi Trivialgraf dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3. Ilustrasi Trivialgraf

### Graf Lengkap

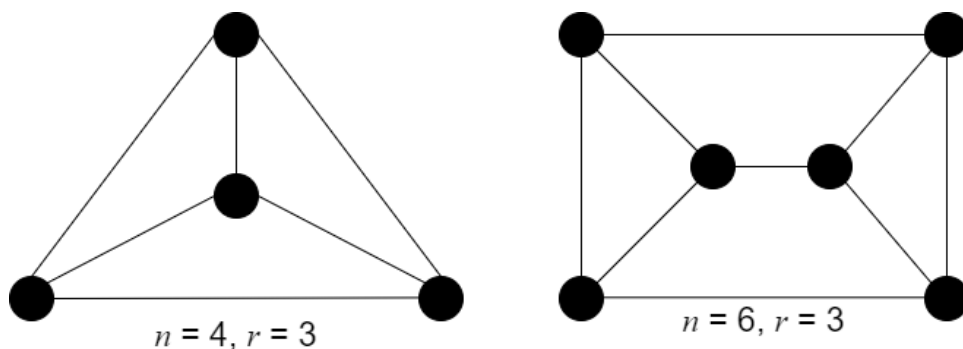
Graf lengkap adalah graf yang setiap titiknya terhubung dengan seluruh titik yang lain dengan hanya satu rusuk. Perhatikan Gambar 2.4 untuk melihat gambaran dari Graf Lengkap berikut.



Gambar 2.4. Ilustrasi Graf Lengkap

### Graf Teratur

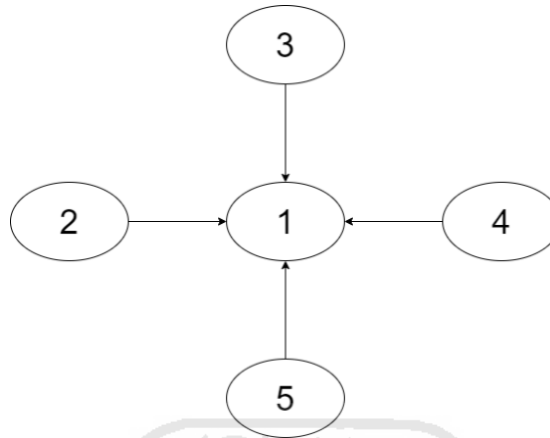
Graf teratur merupakan graf yang setiap simpulnya memiliki derajat yang sama. Apabila masing-masing derajat setiap simpul adalah  $r$ , maka graf tersebut disebut sebagai graf teratur derajat  $r$ . Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2.5 berikut ini.



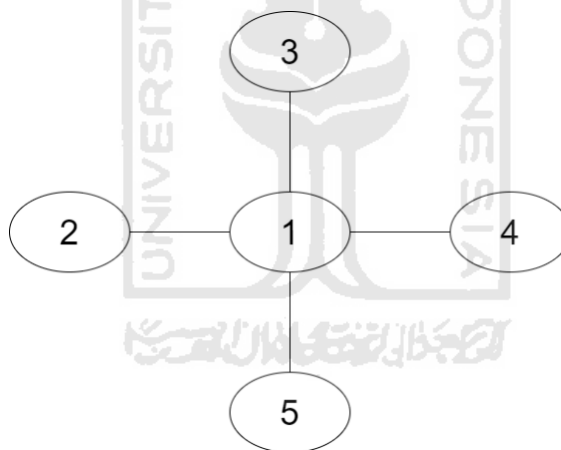
Gambar 2.5. Ilustrasi Graf Teratur

Berdasarkan jenis garisnya, graf dapat dibagi menjadi dua, yakni Graf Berarah dan Graf Tak Berarah. Sebuah graf dikatakan berarah ketika seluruh garisnya memiliki arah yang

menunjukkan titik asal dan tujuan garis yang bersangkutan. Jika seluruh garisnya tidak memiliki arah, dapat dikategorikan graf tersebut berupa graf tak berarah. Ilustrasi dari Graf Berarah ditunjukkan pada Gambar 2.6, sedangkan Graf Tak Berarah ditunjukkan dengan Gambar 2.7.



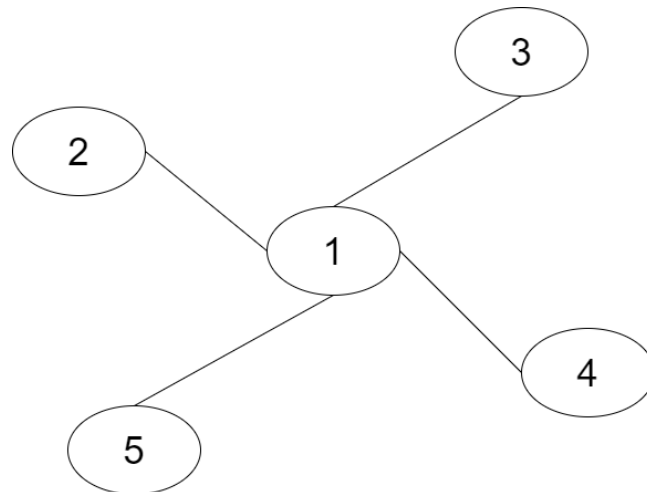
Gambar 2.6. Graf Berarah



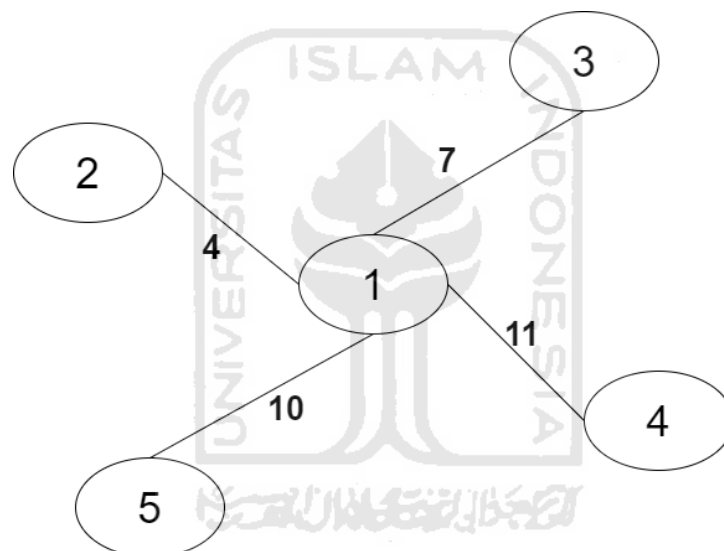
Gambar 2.7. Graf Tak Berarah

Berdasarkan label garisnya, graf dapat dibedakan menjadi dua macam, yakni graf berlabel dan graf tak berlabel. Pada graf tak berlabel, garis yang menghubungkan kedua *nodes*, tidak menyatakan bobot dari hubungan tersebut. Garis yang menghubungkannya hanyalah sekadar penunjuk bahwa kedua *nodes* berhubungan. Di sisi lain, graf berlabel memiliki garis yang menunjukkan bahwa kedua *nodes* saling memiliki hubungan yang diasosiasikan dengan bilangan riil. Ilustrasi dari Graf Tak Berlabel ditunjukkan pada Gambar 2.8, sedangkan Graf Berlabel ditunjukkan dengan Gambar 2.9.





Gambar 2.8. Graf Tak Berlabel



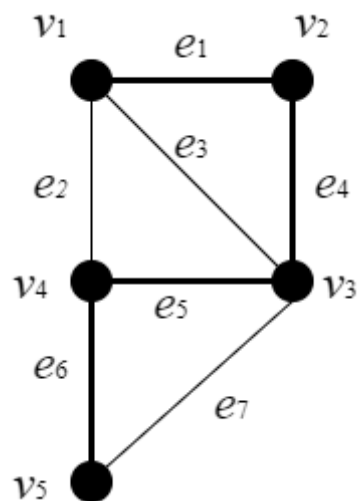
Gambar 2.9. Graf Berlabel

### 2.2.2 Koneksitas

Merupakan hubungan atau lintasan antar *nodes* dalam sebuah graf. Koneksitas dalam Teori Graf dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yakni:

#### Walk

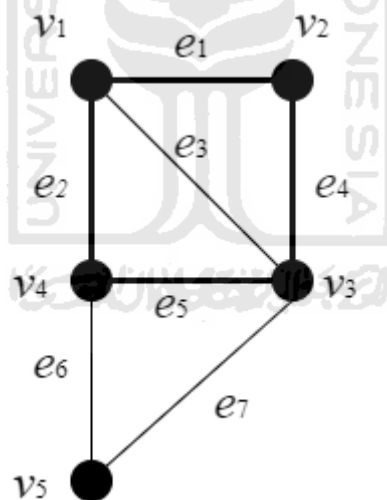
Merupakan lintasan dari suatu titik ke titik yang lain. Perhatikan Gambar 2.10 untuk mengetahui seperti apa Walk.



Gambar 2.10. Ilustrasi Walk

### Closed Walk

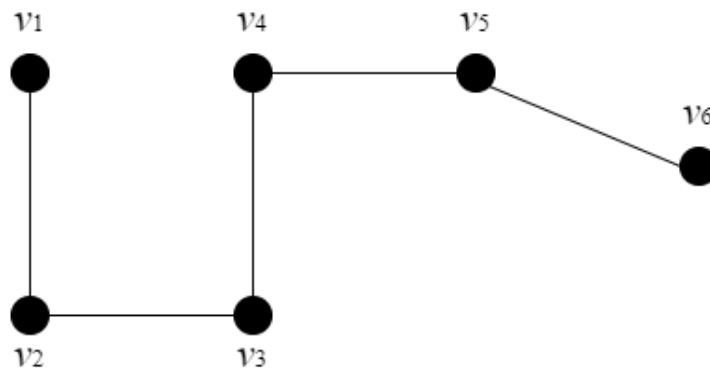
Merupakan walk yang titik awal sama dengan titik akhirnya. Perhatikan Gambar 2.11 untuk mengetahui seperti apa Walk.



Gambar 2.11. Ilustrasi dari Closed Walk

### Path

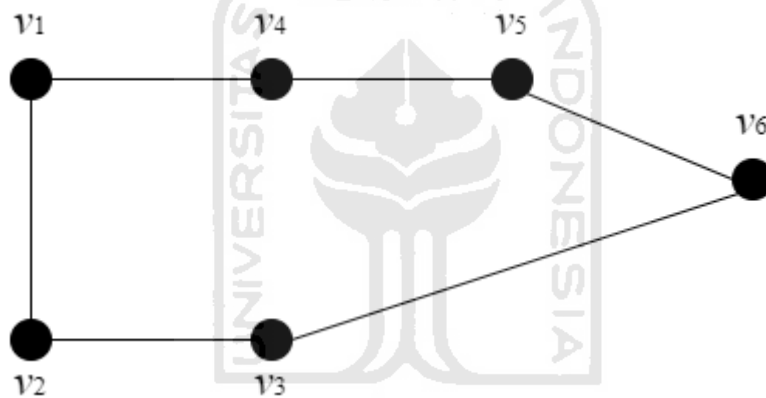
Path merupakan Walk yang semua titiknya berlainan, berarti yang diperhatikan adalah titiknya. Lihat Gambar 2.12 untuk melihat gambaran mengenai Path.



Gambar 2.12. Ilustrasi dari Path

### Cycle

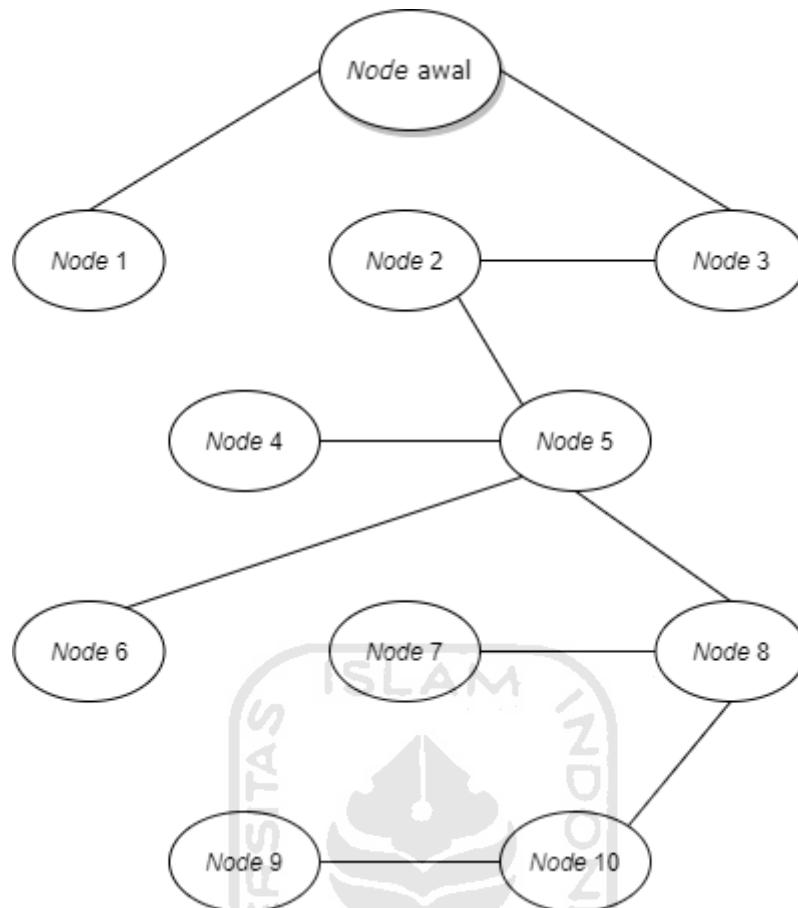
Cycle merupakan Path yang tertutup, berarti titik awal dan akhirnya sama. Lihat Gambar 2.13 untuk melihat gambaran mengenai Cycle.



Gambar 2.13. Ilustrasi Cycle

### 2.3 Pohon

Dalam teori graf, Pohon adalah sebuah pohon  $T$  tak berarah dari suatu graf  $G$  yang beberapa simpulnya terhubung pada busur yang terhubung. Sebuah graf dapat dikatakan sebuah Pohon Rentang apabila lintasan tersebut tidak berbentuk sirkuit dan saling terhubung antar dua *nodes*.  $G$  disebut dengan hutan (*forest*) apabila dan hanya  $G$  tidak memuat sirkuit. Jadi, Pohon Rentang adalah graf pohon yang himpunan seluruh simpulnya merupakan himpunan bagian tak sebenarnya (*improper subset*) dari simpul-simpul yang terdapat pada graf. Representasi permasalahan Pohon Rentang dengan mencari nilai sekecil-kecilnya dinamakan Pohon Rentang Minimum. Untuk melihat gambaran yang jelas tentang representasi Pohon, dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Ilustrasi Tree

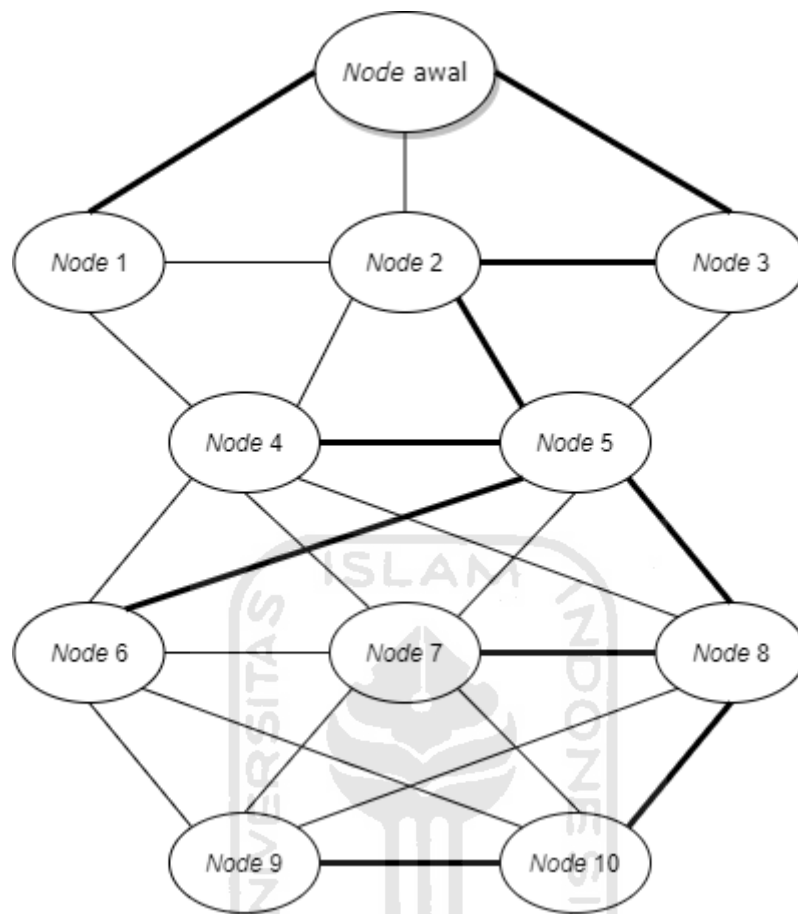
## 2.4 Pohon Rentang Minimum

Pohon Rentang Minimum adalah salah satu penerapan Pohon yang menghubungkan beberapa titik/*nodes* dalam satu busur sehingga mendapatkan solusi/bobot sekecil-kecilnya. Solusi tersebut didapatkan dari penjumlahan jarak/bobot dari seluruh simpul yang terhubung.

Pohon Rentang Minimum juga mirip dengan permasalahan rute terpendek (Travelling Salesman Problem). Perbedaan yang mendasar adalah terdapat pada busur/lintasan yang dicari. Pada rute terpendek, solusi yang dicari adalah bagaimana titik awal mencapai titik akhir dengan melewati titik-titik yang tersedia. Jarak/bobot antar titik dijumlahkan sehingga dicari nilai minimum. Sementara itu, pada Pohon Rentang Minimum, solusi didapatkan dari penentuan busur-busur yang menghubungkan titik-titik yang terdapat pada jaringan, sehingga didapatkan solusi yang minimum (Dimiyati & Dimiyati, 1992).

Permasalahan Pohon Rentang Minimum dapat merepresentasikan permasalahan di kehidupan sehari-hari, seperti pencarian total panjang kabel listrik yang ada pada suatu daerah, mencari total panjang pipa air yang terdapat di suatu wilayah, dan permasalahan yang

berbentuk pohon lainnya. Untuk melihat gambaran tentang Pohon Rentang Minimum, perhatikan Gambar 2.15 berikut.



Gambar 2.15. Ilustrasi bagaimana Pohon Rentang Minimum bekerja

Pada beberapa penelitian sebelumnya yang membahas penyelesaian permasalahan Pohon Rentang Minimum, beberapa di antaranya menggunakan Algoritme Genetika sebagai algoritme optimasi, penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Tabel penggunaan Algoritme Genetika pada berbagai permasalahan Pohon Rentang Minimum di beberapa penelitian sebelumnya

No	Penulis	Ukuran Populasi	Penyilangan	Mutasi
1	Efrain Ruiz, Maria Albareda, Elena Fernandez, Mauricio G. C. (Ruiz, Albareda, Fernandez, & Resende, 2015)	100	Parameterized Uniform Crossover	Position Based Mutation

2	Jeremiah Numela, Bryant A. Julstrom (Nummela & Julstrom, 2006)	100	Order Crossover	Position Based Mutation
3	Rui Salgueiro, Ana de Almeida, dan Orlando Oliveira (Salgueiro, Almeida, & Oliveira, 2017)	3000	Uniform Crossover	Order Based Mutation
4	Gengui Zhou dan Mitsui Gen (Zhou & Gen, 1997)	200	Uniform Crossover	Position Based Mutation
6	Yu Li dan Youcef Bouchebaba (Li & Bouchebaba, 2000)	200	Path Crossover	Path Mutation
7	Taufik Hidayat (Hidayat, Algoritma Genetik untuk Pemecahan Persoalan Minimum Spanning Tree, 2000)	50	Pengembangan Metode Crossover	Pengembangan Metode Mutasi

## 2.5 Algoritme Genetika

Algoritme Genetika adalah suatu metode dalam pemecahan permasalahan optimasi yang mengadopsi prinsip teori evolusi Charles Darwin. Serupa dengan teori evolusi, Algoritme Genetika juga menerapkan berbagai proses yang terjadi ketika evolusi terjadi, seperti seleksi, perkawinan induk (*crossover*), mutasi, dan lain-lain. Seluruh proses tersebut akan diulang-ulang dengan kriteria pemberhentian perulangan tertentu. Proses pencarian penyelesaian atau proses terpilihnya sebuah penyelesaian dalam algoritme ini berlangsung sama seperti terpilihnya suatu individu untuk bertahan hidup dalam proses evolusi (Zukhri, Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner, 2014). Permasalahan Pohon Rentang Minimum dapat dicari penyelesaiannya dengan menggunakan pendekatan Algoritme Genetika.

Menurut Gen dan Cheng (1997), terdapat kelebihan-kelebihan yang ada di Algoritme Genetika dibanding algoritme pencarian lainnya (Gen & Cheng, 1997). Kelebihan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Dalam pencarian nilai optimum, Algoritme Genetika hanya menerapkan sedikit perhitungan matematis yang berhubungan dengan masalah yang ingin diselesaikan.

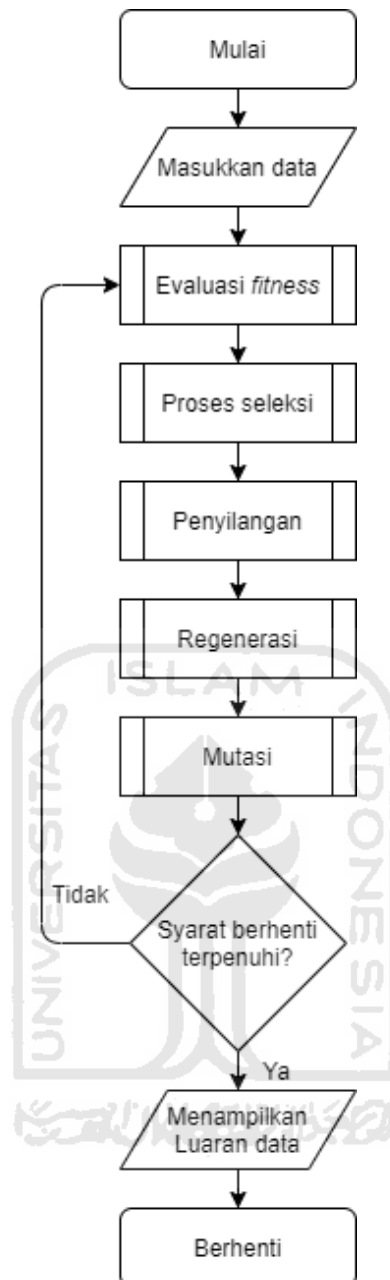
- b. Operator-operator dalam proses evolusi seperti jumlah individu, probabilitas penyilangan dan probabilitas mutasi membuat algoritme ini sangat efektif pada pencarian secara global dalam suatu permasalahan.
- c. Algoritme Genetika memiliki fleksibilitas yang tinggi untuk digabungkan atau dikombinasikan dengan metode pencarian lainnya agar efektifitas penyelesaian masalah menjadi lebih tinggi.

Dalam penerapan Algoritme Genetika, individu-individu (kromosom) tercipta secara acak kemudian disilangkan sehingga terbentuk suatu sekumpulan individu yang disebut populasi. Dalam proses evolusi, individu yang terbaik lah yang terpilih, dalam Algoritme Genetika, berarti kromosom yang memiliki nilai kebugaran (*fitness*) yang tinggi lah yang terpilih. Proses pemilihan individu tersebut berdasarkan pada nilai kebugaran pada individu tersebut. Semakin tinggi tingkat kebugaran suatu individu, semakin tinggi pula probabilitas terpilihnya individu tersebut untuk bertahan dan menjadi induk untuk menghasilkan individu baru (*offspring*).

Dari kromosom-kromosom yang telah diseleksi tersebut, dilakukan perkawinan silang (*crossover*). Proses ini hampir serupa dengan perkawinan yang terjadi pada teori evolusi yang menggabungkan sifat-sifat dari masing-masing induk. Individu yang tercipta dari hasil proses penyilangan tersebut mengalami sedikit perubahan pada beberapa sifatnya yang disebut mutasi. Selanjutnya, terciptalah individu-individu baru yang diharapkan memiliki nilai yang lebih baik dibanding induk-induknya. Dari hasil perkawinan silang tersebut, dilakukan regenerasi untuk menggantikan kromosom-kromosom yang kurang layak untuk dipertahankan. Hal ini dilakukan dengan tujuan ukuran populasi dapat bertahan hingga akhir proses evolusi. Setelah regenerasi, kromosom-kromosom tersebut akan dimutasi gennya dengan probabilitas yang sangat kecil.

Seluruh proses tersebut akan diulang-ulang hingga berhenti dengan kriteria tertentu, seperti telah melampaui ambang batas nilai kebugaran yang diinginkan, telah mencapai iterasi sebanyak  $n$ , dan kriteria lainnya. Dengan adanya proses tersebut, diharapkan solusi yang dicapai tidak berupa *local optimum*, tetapi telah mencapai *global optimum*.

Ringkasnya, Algoritme Genetika dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Diagram alir Algoritme Genetika

### 2.5.1 Pengodean

Pengodean (*encoding*) merupakan hal yang krusial dalam penyelesaian suatu permasalahan optimasi dalam Algoritme Genetika. Proses ini tidak terlepas dari peranan kromosom sebagai representasi penyelesaian persoalan. Pada intinya, tidak ada aturan khusus terhadap proses pengodean ini, kromosom-kromosom dapat dirancang dengan suatu kode tertentu, dengan syarat dapat diproses oleh operator-operator genetika, dan juga representasi



permasalahan yang akan dioptimasi (Zukhri, Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner, 2014). Terdapat beberapa jenis pengodean dalam Algoritme Genetika:

- a. Kode Biner untuk Representasi Bilangan Bulat
- b. Kode Biner untuk Representasi Bilangan Riil
- c. Kode untuk Optimasi Kombinatorial

### 2.5.2 Seleksi

Seleksi dalam Algoritme Genetika dilakukan untuk memilih kromosom-kromosom yang layak bertahan dalam suatu populasi. Kromosom yang terpilih memiliki probabilitas yang tinggi untuk disilangkan dengan kromosom lain.

#### Seleksi Peringkat

Pada teknik seleksi ini, kromosom-kromosom pada suatu populasi yang telah dihitung nilai kebugarannya, diurutkan berdasarkan nilai kebugarannya. Kromosom yang memiliki nilai kebugaran yang lebih tinggi menempati posisi yang lebih tinggi ataupun mempunyai urutan yang lebih awal dibanding kromosom-kromosom lain. Sementara itu, probabilitas terpilihnya kromosom ditentukan berdasarkan fungsi distribusi, sehingga jumlah probabilitas seluruh kromosom sama dengan satu, atau

$$\sum_{i=1}^N P_i = 1 \quad (2.1)$$

#### Seleksi Turnamen

Seleksi Turnamen mengadopsi sistem turnamen pada dunia nyata. Kromosom-kromosom pada suatu populasi dibagi menjadi beberapa grup secara acak yang berisi setidaknya dua kromosom. Proses seleksi dilakukan dengan mempertahankan kromosom yang memiliki nilai kebugaran tertinggi pada suatu grup.

#### Seleksi Elitis

Pada model seleksi ini, sebuah kromosom yang memiliki nilai kebugaran tertinggi di antara kromosom lain akan dipertahankan untuk populasi generasi selanjutnya. Namun, kemungkinan terjadinya konvergensi dan terjebak pada nilai *local optimum* berbanding lurus pada metode seleksi ini.

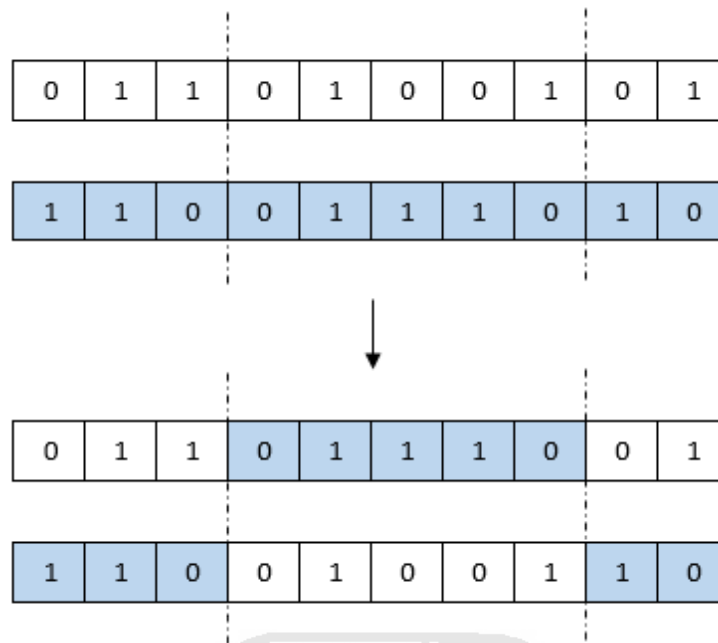
### 2.5.3 Penyilangan

Salah satu operator dalam Algoritme Genetika adalah penyilangan. Operator ini bertujuan untuk melahirkan kromosom baru yang mewarisi beberapa gen dari induknya. Dengan adanya operator ini, diharapkan adanya kromosom-kromosom yang mewarisi sifat-sifat terbaik dari induknya agar memiliki nilai kebugaran yang baik, sehingga hasil dari optimasi yang didapatkan maksimal. Setelah dilakukan penyilangan, dilakukan regenerasi kromosom untuk menggantikan beberapa kromosom yang kurang layak untuk tetap bertahan. Terdapat beberapa cara regenerasi dalam Algoritme Genetika, yakni (Ashlock, 2006):

- a. Regenerasi secara acak.
- b. Regenerasi Roda Roulette.
- c. Regenerasi berdasarkan peringkat.
- d. Regenerasi peringkat nilai kebugaran terburuk.
- e. Regenerasi semua induk dengan semua keturunan jika nilai kebugaran dari keturunan lebih besar daripada nilai kebugaran induknya.
- f. Regenerasi kromosom secara acak jika nilai kebugaran keturunan lebih besar daripada nilai kebugaran kromosom yang bersangkutan.

#### **Penyilangan N-Titik (*N-Point Crossover*)**

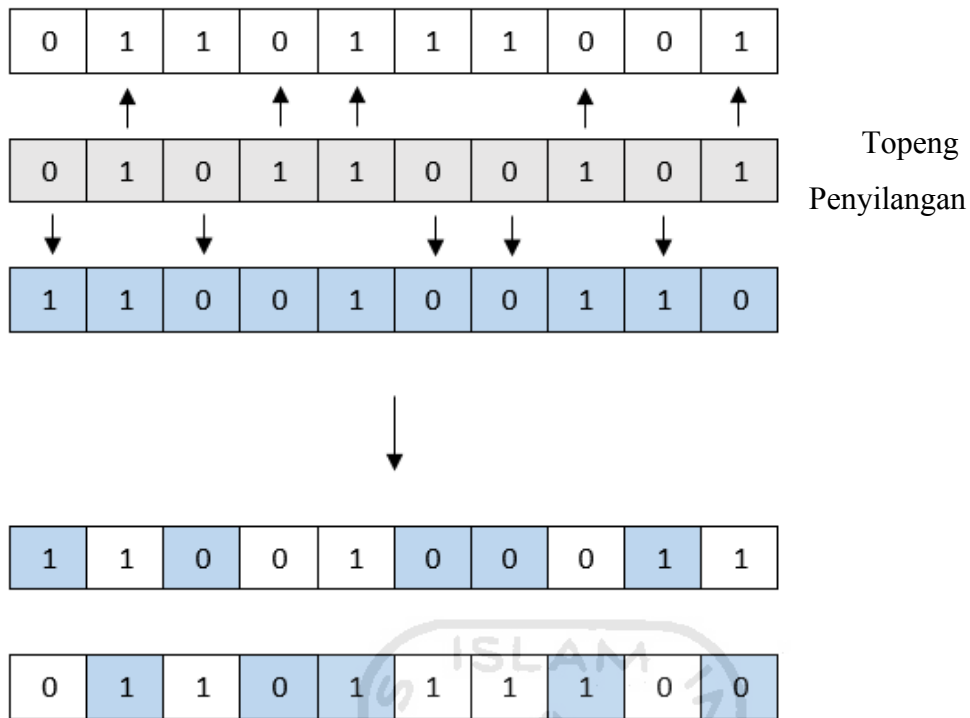
Metode penyilangan ini memotong kromosom induk menjadi  $N+1$  bagian. Kromosom keturunan pertama dihasilkan dengan mewariskan beberapa bagian potongan dari induk pertama dan induk kedua. Hal ini berlaku pula untuk kromosom anak kedua, yang mewarisi beberapa sisa bagian potongan pada kedua induk. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2.17 berikut.



Gambar 2.17. Ilustrasi penyilangan  $N$ -Titik

### Penyilangan Seragam (*Uniform Crossover*)

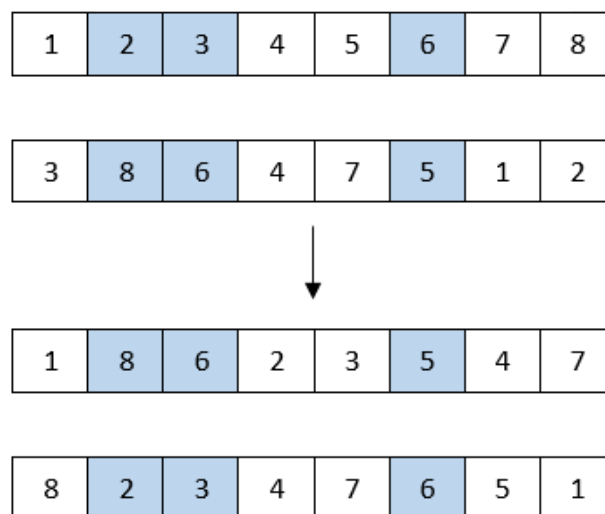
Dalam metode Penyilangan Seragam, suatu topeng penyilangan (*crossover mask*) dibangkitkan terlebih dahulu yang terdiri dari kode biner sebanyak gen dalam kromosom yang akan disilangkan. Gen-gen dalam kromosom anak akan ditentukan berdasarkan kode biner topeng penyilangan. Pada kromosom anak pertama, apabila kode pada kedudukan topeng penyilangan bernilai satu, maka gen yang diwariskan berasal dari induk pertama, sedangkan jika kode pada kedudukan topeng penyilangan bernilai nol, maka gen diwariskan dari induk kedua. Gen-gen yang diwariskan pada kromosom anak kedua, menggunakan aturan yang sebaliknya. Untuk lebih jelaskan, perhatikan Gambar 2.18 berikut.



Gambar 2.18. Ilustrasi Penyilangan Seragam

### Penyilangan Berbasis Posisi (*Position Based Crossover*)

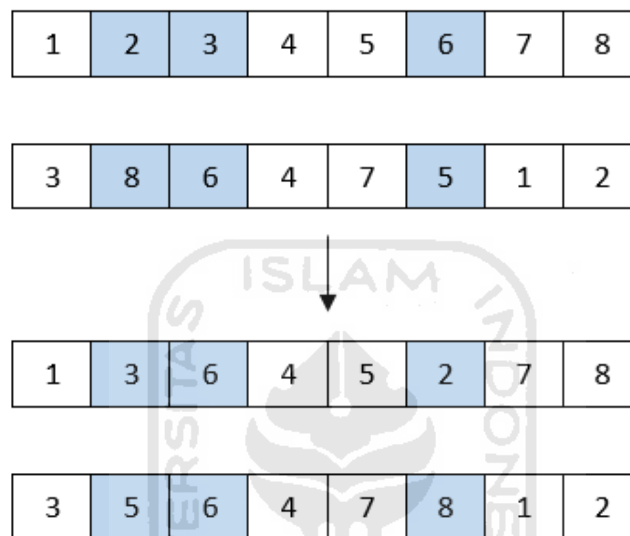
Pada metode seleksi ini, dipilih sejumlah posisi gen secara acak. Selanjutnya gen-gen pada posisi terpilih pada induk pertama diwariskan pada kromosom anak kedua. Gen-gen lain dari kromosom anak kedua diambil dari gen-gen induk yang kedua dengan urutan yang sama. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat ilustrasi metode penyilangan ini pada Gambar 2.19 berikut.



Gambar 2.19. Ilustrasi Penyilangan Berbasis Posisi

### Penyilangan Berbasis Urutan (*Order Based Crossover*)

Dalam metode ini, gen-gen pada suatu kromosom dipilih secara acak, kemudian dibentuk kromosom anak pertama pada posisi gen tersebut dengan cara mengambil dari gen-gen pada posisi terpilih dari induk pertama, namun dengan urutan mengikuti gen-gen dengan nilai yang sama pada induk kedua. Selanjutnya, gen-gen pada posisi yang tidak terpilih diambil dari gen-gen pada urutan yang tak terpilih dari induk pertama. Untuk melihat gambaran mengenai metode penyilangan ini, dapat dilihat pada Gambar 2.20 berikut.



Gambar 2.20. Ilustrasi Penyilangan Berbasis Urutan

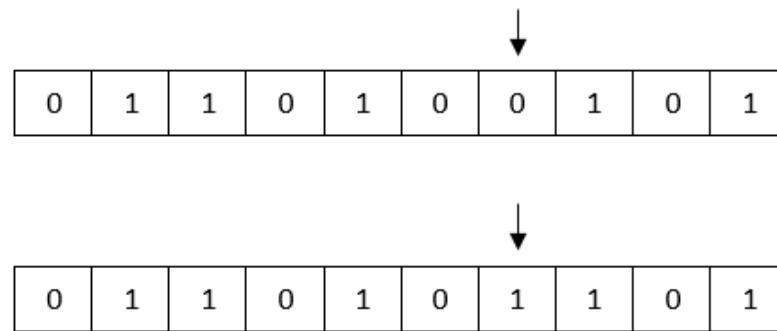
#### 2.5.4 Mutasi

Dalam seleksi alam, terdapat proses mutasi dalam suatu individu, begitu juga dalam Algoritme Genetika. Mutasi bertujuan untuk mengubah gen-gen tertentu dalam suatu kromosom dengan jumlah yang sangat kecil, persis seperti kejadian sebenarnya. Probabilitas mutasi dalam suatu gen pun sangat kecil, yang memungkinkan terjadinya mutasi genetik pada suatu individu dengan persentase yang sangat kecil.

Beberapa teknik mutasi dalam Algoritme Genetika adalah sebagai berikut:

##### **Mutasi yang Melibatkan Kode Biner**

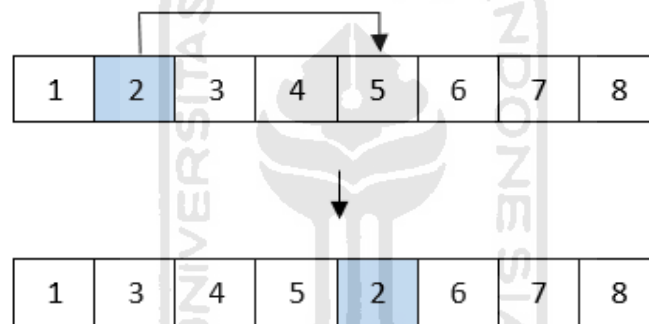
Proses mutasi yang melibatkan kode biner, operator mutasi dilakukan dengan mengubah nilai gen pada posisi tertentu. Jika sebuah gen terpilih secara acak untuk dikenakan operator mutasi, maka nilai gen tersebut akan berubah dari nol menjadi satu, atau dari satu menjadi nol. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 2.21 berikut.



Gambar 2.21. Ilustrasi mutasi untuk kode biner

### Mutasi Berbasis Posisi (Position Based Mutation)

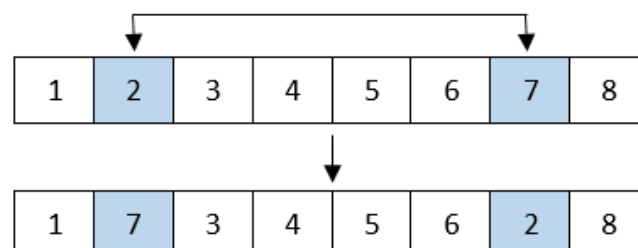
Pada metode mutasi ini, proses mutasi dilakukan dengan memilih posisi sebuah gen secara acak, kemudian gen pada posisi yang telah terpilih akan dipindahkan pada posisi gen acak lainnya. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 2.22 berikut.



Gambar 2.22. Ilustrasi mutasi berbasis posisi

### Mutasi Berbasis Urutan (Order Based Mutation)

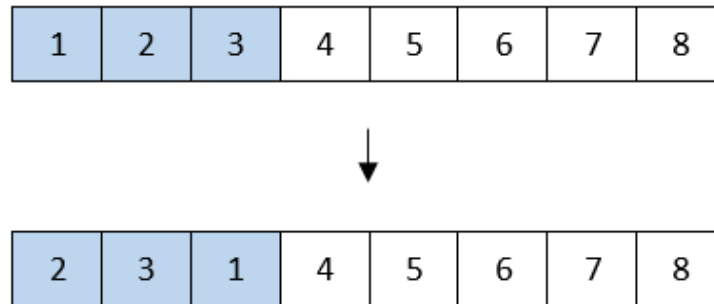
Pada metode ini, mutasi dilakukan dengan memilih posisi dua gen secara acak, yang akan ditukar posisinya, sehingga urutan kedua gen sesudah dimutasi menjadi kebalikan dari urutannya sebelum dikenakan operator mutasi. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 2.23 berikut.



Gambar 2.23. Ilustrasi mutasi berbasis urutan

### Mutasi Teraduk (Scramble Mutation)

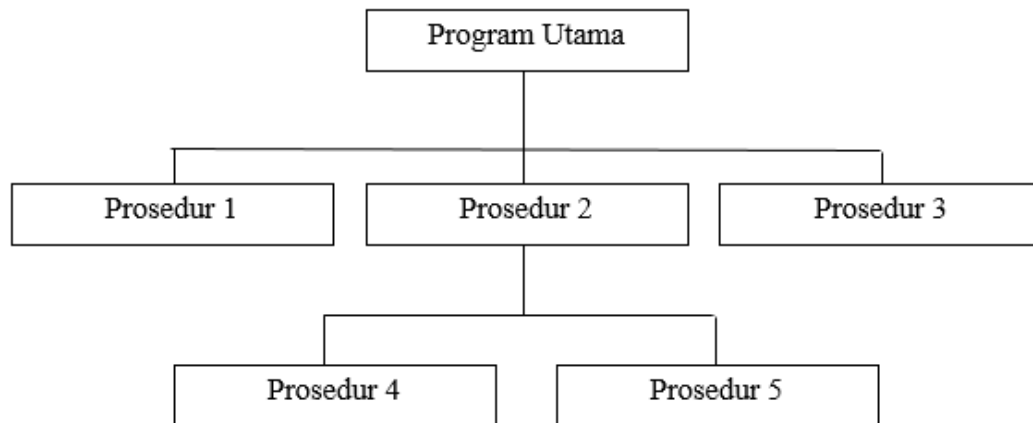
Mutasi Teraduk dilakukan dengan memilih posisi beberapa gen secara acak, kemudian urutan gen-gen tersebut akan ditukar secara acak. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 2.24 berikut.



Gambar 2.24. Ilustrasi mutasi teraduk

### 2.6 Pemrograman Berbasis Prosedur

Dalam dunia pemrograman, terdapat beberapa paradigma yang tersebar dan digunakan oleh pemrogram lain. Paradigma-paradigma tersebut antara lain *Object Oriented Programming* (OOP), *Functional Programming*, *Map-Reduce Programming*, maupun *Procedural Programming*. Penelitian ini akan menggunakan salah satu dari sekian banyak paradigma pemrograman, yakni *Procedural Programming*. Dalam paradigma pemrograman ini, program dibagi menjadi bagian yang lebih kecil, disebut *functions*. Pendekatan pemrogramannya mengikuti alur dari atas ke bawah. Tidak seperti OOP, tidak ada spesifikasi akses (*private*, *public*, dan *protected*). Pada *Procedural Programming*, *overloading* tidak mungkin terjadi. Paradigma pemrograman ini biasa digunakan pada beberapa bahasa pemrograman seperti C, FORTRAN, Pascal, dan lain-lain. Untuk melihat gambaran mengenai Pemrograman Berbasis Prosedur, dapat dilihat pada Gambar 2.25 berikut.



Gambar 2.25. Ilustrasi paradigma pemrograman berbasis prosedur

## 2.7 Pemrograman Interpretatif

Pada bahasa pemrograman, salah satu aspek yang cukup diperhatikan adalah tingkat keterbacaan kode. Aspek ini akan menentukan bahasa pemrograman apakah dapat dipahami oleh pemrograman lain ketika ditulis dan dirancang oleh seorang pemrogram. Dengan tingginya aspek ini, suatu bahasa pemrograman akan lebih mudah dipahami dan dibaca oleh orang lain. Salah satu bahasa pemrograman yang memiliki aspek keterbacaan kode yang baik adalah Python. Bahasa pemrograman Python didukung oleh komunitas yang banyak dan besar serta tersebar di seluruh dunia. Bahasa pemrograman ini juga mendukung berbagai paradigma pemrograman lain, seperti OOP, *functional programming*, *procedural programming*, dan lain-lain.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode penyelesaian masalah Pohon Rentang Minimum pada daerah perkampungan dengan Algoritme Genetika adalah menggunakan metode yang dikembangkan mandiri. Langkah-langkah yang ditempuh dalam metode tersebut adalah dimulai dari menganalisis kebutuhan sistem yang akan dibangun, melakukan tinjauan literatur, mengumpulkan data yang akan digunakan selama penelitian berlangsung, perancangan algoritme, menganalisis hasil dari optimasi, dan terakhir melakukan evaluasi terhadap hasil optimasi. Metode yang digunakan pada penelitian ini digunakan guna memaksimalkan proses dan dengan pertimbangan efisiensi waktu yang digunakan selama penelitian berlangsung.

#### 3.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan dengan menganalisis rancangan dalam proses pengembangan. Analisis dalam skripsi ini berupa analisis *input*, analisis proses, analisis *output*. Hal tersebut dibutuhkan untuk menyelesaikan evaluasi Pohon Rentang Minimum dengan Algoritme Genetika. Analisis kebutuhan *input* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data-data simpul (berupa sambungan kabel) dan busur yang ada di daerah perkampungan.
- b. Data mengenai panjang busur yang membentang antar simpul.
- c. Data simpul-simpul yang tersambung satu dengan yang lain.

Selanjutnya, kebutuhan proses yang diperlukan dalam pengembangan algoritme ini terdiri dari:

- a. Merepresentasikan kromosom, proses mendefinisikan bentuk permasalahan Pohon Rentang Minimum dengan Algoritme Genetika.
- b. Menginisialisasi populasi, menciptakan populasi dengan jumlah kromosom tertentu.
- c. Mengevaluasi nilai kebugaran, suatu proses untuk menilai apakah suatu kromosom layak dipertahankan atau tidak.
- d. Menyeleksi kromosom, memilih kromosom yang tepat untuk dijadikan induk pada proses selanjutnya.
- e. Menyilangkan induk, menyilangkan gen-gen yang terdapat pada masing-masing induk untuk menghasilkan keturunan yang baru.

- f. Meregenerasi populasi, proses untuk menggantikan kromosom-kromosom yang tidak layak.
- g. Memutasi kromosom, proses untuk mengubah sedikit gen pada suatu kromosom agar menghasilkan solusi yang paling optimal.

Sementara itu, analisis kebutuhan *output* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data graf hasil optimasi dalam bentuk larik multi dimensi.
- b. Data gambar graf hasil optimasi yang merepresentasikan permasalahan Pohon Rentang Minimum
- c. Data gambar *input* graf yang akan dioptimasi.

### 3.2 Tinjauan Literatur

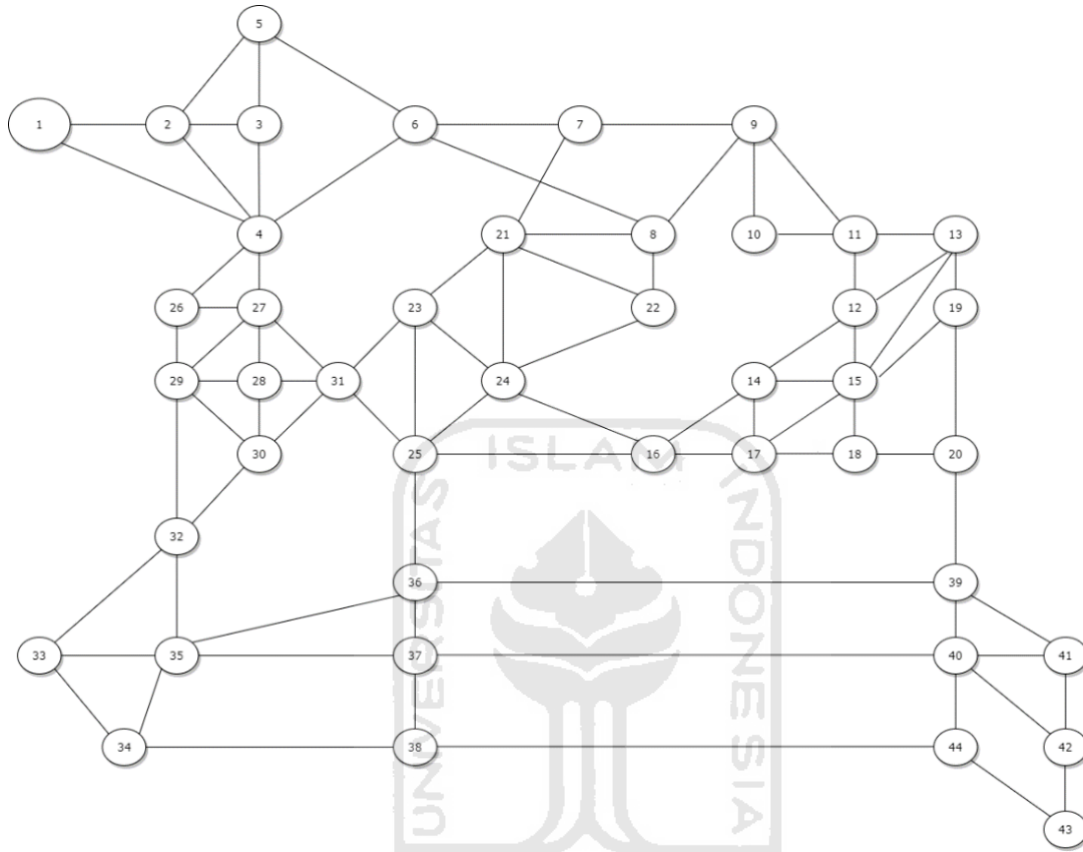
Pada penelitian ini, dilakukan tinjauan literatur terhadap beberapa sumber terkait optimasi Pohon Rentang Minimum dengan Algoritme Genetika. Tinjauan literatur tersebut telah dimuat pada bab sebelumnya. Literatur yang ditinjau pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemodelan Jaringan
- b. Teori Graf
- c. Pohon
- d. Pohon Rentang Minimum
- e. Algoritme Genetika
- f. Pemrograman Berbasis Prosedur
- g. Pemrograman Interpretatif.

### 3.3 Pengumpulan Data

Dalam penelitian yang membahas evaluasi jaringan kabel listrik di daerah perkampungan dengan Algoritme Genetika, sumber data yang digunakan adalah data primer yang diambil dari denah lokasi yang berada di wilayah Desa Menyumbang, Kecamatan Hulu Sungai, Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat. Data akan diambil dengan menggunakan teknologi Global Positioning System (GPS) yang disediakan oleh perusahaan Google. Data yang diperlukan pada penelitian ini berupa data *nodes*, dan bobot *edges* yang berasal dari sumber data. *Nodes* yang dimaksud adalah sambungan kabel, dapat berupa rumah, bangunan publik, maupun tiang listrik. Sedangkan *edges* adalah kabel yang membentangkan antar *nodes*. Bobot

pada *edges* merepresentasikan panjang kabel yang akan dihitung dan diperkirakan secara manual. Bentuk data yang digunakan pada penelitian ini adalah larik multi-dimensi yang berisi *nodes* asal, *nodes* tujuan, dan panjang *edges*. Denah lokasi perkampungan yang akan dioptimasi dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Denah lokasi yang menjadi *input* data dalam penelitian.

### 3.4 Perancangan Algoritme

Sebelum membuat dan menguji algoritme, dilakukan perancangan Algoritme Genetika sebagai gambaran awal untuk membuat dan mengujinya.

#### 3.4.1 Representasi Kromosom

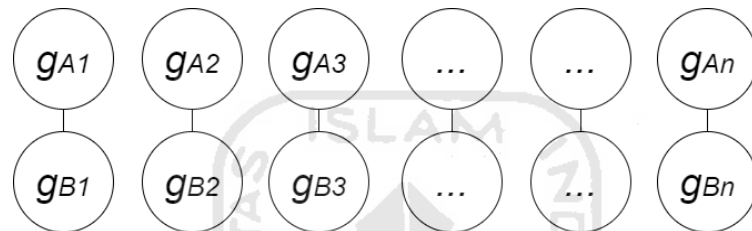
Pada Algoritme Genetika, tahap awal dari optimasi adalah dengan menentukan representasi kromosom atau pengodean terhadap permasalahan yang ada, dalam penelitian ini adalah Pohon Rentang Minimum. Hidayat mengusulkan representasi kromosom yang dapat diterapkan pada Pohon Rentang Minimum terdiri atas dua sub-kromosom dengan lebar yang sama (Hidayat, Algoritma Genetik untuk Pemecahan Persoalan Minimum Spanning Tree, 2000). Pada sub-kromosom yang pertama untuk menyatakan simpul yang menjadi sambungan

kabel asal asal dan sub-kromosom kedua berupa simpul yang menjadi sambungan kabel tujuan dari busur.

Penerapan representasi tersebut berupa larik multi-dimensi. Larik tersebut berisi sebanyak dua kolom dan  $n$ -baris dengan rincian sebagai berikut:

- Kolom pertama menunjukkan sub-kromosom pertama yang berbentuk bilangan bulat dengan ketentuan  $0 < g_{Bi} < i$ . Pasangan gen ini dengan gen pada urutan yang sama dalam sub-kromosom pertama harus menyatakan salah satu busur dalam graf.
- Kolom kedua menunjukkan sub-kromosom kedua yang berbentuk bilangan 1 sampai  $n$  yang bersifat permutasi.

Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Representasi kromosom pada permasalahan Pohon Rentang Minimum yang diusulkan Hidayat

### 3.4.2 Evaluasi Nilai Kebugaran

Fungsi objektif yang diterapkan pada permasalahan Pohon Rentang Minimum adalah total panjang seluruh busur yang membentuk Pohon Rentang (Zukhri, Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner, 2014). Nilai yang diharapkan dalam solusi permasalahan Pohon Rentang Minimum merupakan nilai yang paling kecil, dengan kata lain, fungsi objektif berbanding terbalik dengan nilai pada fungsi *fitness* di penelitian ini. Cara sederhana untuk mendefinisikan fungsi *fitness* dinyatakan dalam bentuk (4.1).

$$eval(v) = \frac{1}{h(v)} \quad (3.1)$$

$eval(v)$ : nilai kebugaran.

$h(v)$ : fungsi objektif dalam suatu kromosom.

### 3.4.3 Seleksi

Seleksi Roda Roulette mengadopsi sistem kerja Roda Roulette pada dunia nyata. Keliling roda lingkaran dibentuk oleh busur-busur sebanyak  $N$ . Busur-busur tersebut didapatkan dari perhitungan nilai kebugaran kumulatif yang dihitung dari kromosom pertama hingga terakhir

dalam suatu populasi. Semakin tinggi nilai kebugaran pada suatu kromosom, maka semakin lebar pula bobot/jarak antar busur pada suatu kromosom. Jarum pada Roda Roulette akan diputar sebanyak  $N$  kali, kemudian dipilih suatu bilangan riil acak  $0 < n < 1$ . Ketika nilai  $n$  telah didapatkan, maka nilai tersebut akan digunakan untuk menentukan ke mana jarum tersebut berhenti berputar. Ringkasnya, semakin tinggi nilai kumulatif dari suatu kromosom pada populasi tersebut, maka semakin tinggi pula probabilitas terpilihnya kromosom tersebut menjadi induk.

#### 3.4.4 Operator Penyilangan

Penelitian ini menggunakan teknik penyilangan  $N$ -Titik Acak yang diusulkan oleh Vebri (Satriadi & Zukhri, 2020). Penyilangan dilakukan dengan memilih titik-titik sejumlah  $n$  secara acak. Hasil dari pemilihan tersebut kemudian dipilih apakah pada titik itu gen harus disilangkan atau tidak. Pemilihan tersebut dilakukan secara acak pada gen di kedua pasangan kromosom pada titik yang telah terpilih. Proses tersebut akan diulang dari titik awal dimulainya penukaran gen hingga titik terakhir. Apabila ditemukan suatu masalah pada penyilangan gen seperti adanya sub-kromosom yang bersifat permutasi, maka gen pada titik tersebut akan dilakukan strategi perbaikan untuk memastikan pembentukan kromosom yang membentuk Pohon Rentang Minimum. Strategi perbaikan memungkinkan dipertahankannya kromosom yang tidak layak menjadi kromosom yang layak sehingga dapat merepresentasikan permasalahan Pohon Rentang Minimum. Titik-titik yang tidak terpilih selanjutnya akan digantikan dengan gen yang dipilih secara acak dengan memenuhi kriteria berikut:

- a. Gen yang terpilih harus menyatakan semua kromosom-kromosom yang mungkin dibentuk.
- b. Gen yang dipilih harus dapat memberikan peluang terbentuknya representasi permasalahan Pohon Rentang Minimum.

Untuk lebih singkatnya, perhatikan alur kerja penyilangan  $N$ -Titik Acak berikut:

- a. Memilih titik penyilangan secara acak.
- b. Mengisi gen yang pada kedua kromosom gen pertama hingga terakhir.
- c. Menyilangan gen yang terpilih pada proses sebelumnya secara acak dan memeriksa apakah ada masalah. Jika ditemukan masalah, maka gen tersebut akan dilakukan strategi perbaikan.

Untuk memberikan penggambaran bagaimana penyilangan *N*-Titik Acak bekerja, perhatikan Gambar 3.3 hingga Gambar 3.6 berikut.

1	1	3	4	1	6	5
2	3	4	5	6	7	8
1	2	2	3	3	3	4
4	3	4	5	6	7	8

Gambar 3.3. Ilustrasi pemilihan titik secara acak

1	1		4			5
3	3		5			8
1	2		3			4
4	3		5			8

Gambar 3.4. Ilustrasi pengisian gen yang kosong pada kedua kromosom gen pertama

1	2		4			5
3	4		5			8
1	2		3			5
3	4		5			8

Gambar 3.5. Ilustrasi penyilangan pada titik-titik yang telah terpilih secara acak dan dilakukan revisi pada induk pertama gen kedua

1	1	3	4	5	2	4
4	3	2	5	6	7	8
1	2	4	3	3	6	5
3	4	6	5	2	7	8

Gambar 3.6. Hasil akhir penyilangan *N*-Titik Acak

### 3.4.5 Regenerasi

Populasi yang berisi seluruh kromosom yang telah dilakukan operasi Penyilangan akan dilakukan proses regenerasi pada induk sebelumnya. Regenerasi dilakukan untuk mengurangi kromosom-kromosom yang memiliki tingkat kebugaran yang rendah sehingga proses evolusi akan menghasilkan keturunan yang memiliki ketahanan yang tinggi. Regenerasi pada

penelitian ini menggunakan metode regenerasi yang menggantikan kromosom-kromosom yang memiliki tingkat kebugaran yang paling rendah.

### 3.4.6 Operator Mutasi

Setelah individu-individu baru hasil penyilangan dan regenerasi telah didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah mengubah sedikit gen dari individu tersebut. Hal ini dimaksudkan agar suatu proses evolusi tidak terjebak di dalam *local optimum* serta menghindari divergensi.

Proses mutasi dalam penelitian ini menerapkan metode yang diusulkan oleh Hidayat (Hidayat, Algoritma Genetik untuk Pemecahan Persoalan Minimum Spanning Tree, 2000). Satu kromosom yang terdiri dari dua sub-kromosom kemudian dipilih titik gen yang akan dimutasi secara acak. Proses mutasi harus menjamin bahwa keturunan yang terbentuk dapat merepresentasikan permasalahan Pohon Rentang Minimum mengingat sub-kromosom pertama dan sub-kromosom kedua saling terhubung.

Perhatikan Gambar 3.7 yang mendeskripsikan proses mutasi ini bekerja.

1	1	3	4	1	6	4
2	3	4	5	6	7	8

1	1	2	4	1	6	4
2	3	4	5	6	7	8

Gambar 3.7. Proses mutasi gen pada permasalahan Pohon Rentang Minimum yang diusulkan Hidayat

### 3.5 Analisis Hasil

Data yang telah diperoleh dan terbentuknya rancangan serta implementasi dari algoritme, kemudian dilakukan analisis terhadap hasil optimasi. Penelitian ini akan menganalisis efisiensi hasil dari optimasi total panjang kabel pada sumber data. Semakin pendek total bobot atau panjang kabel yang dioptimasi, maka hasil optimasi dianggap semakin efisien. Kemudian, akan dianalisis perbandingan nilai kebugaran dari tiap individu terbaik pada suatu generasi. Semakin tinggi nilai kebugaran, maka algoritme semakin baik.

### 3.6 Evaluasi

Setelah dilakukan analisis terhadap hasil optimasi, kemudian dilakukan evaluasi terhadap algoritme dan hasil optimasi yang telah dilakukan. Penelitian ini akan dilakukan evaluasi

terhadap hasil optimasi dan evaluasi terhadap kinerja algoritme yang telah diimplementasikan ke dalam bentuk *source code*. Hasil optimasi dikatakan baik ketika total bobot pada sambungan kabel memiliki nilai yang lebih rendah daripada pencarian manual. Sementara itu, kinerja algoritme dikatakan baik apabila perkembangan nilai kebugaran pada suatu individu pada masing-masing generasi memiliki kecenderungan menurun.





## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam pengumpulan dan pengolahan data, telah didapatkan sebanyak 44 *nodes* dan 135 *edges* beserta bobot masing-masing *edges*. Tidak ada perlakuan khusus atau pemrosesan data, sehingga data dapat diambil dan diolah langsung ketika data didapatkan. Hasil perolehan data dapat dilihat pada Lampiran 1. Kemudian, dijabarkan hasil penelitian sekaligus pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

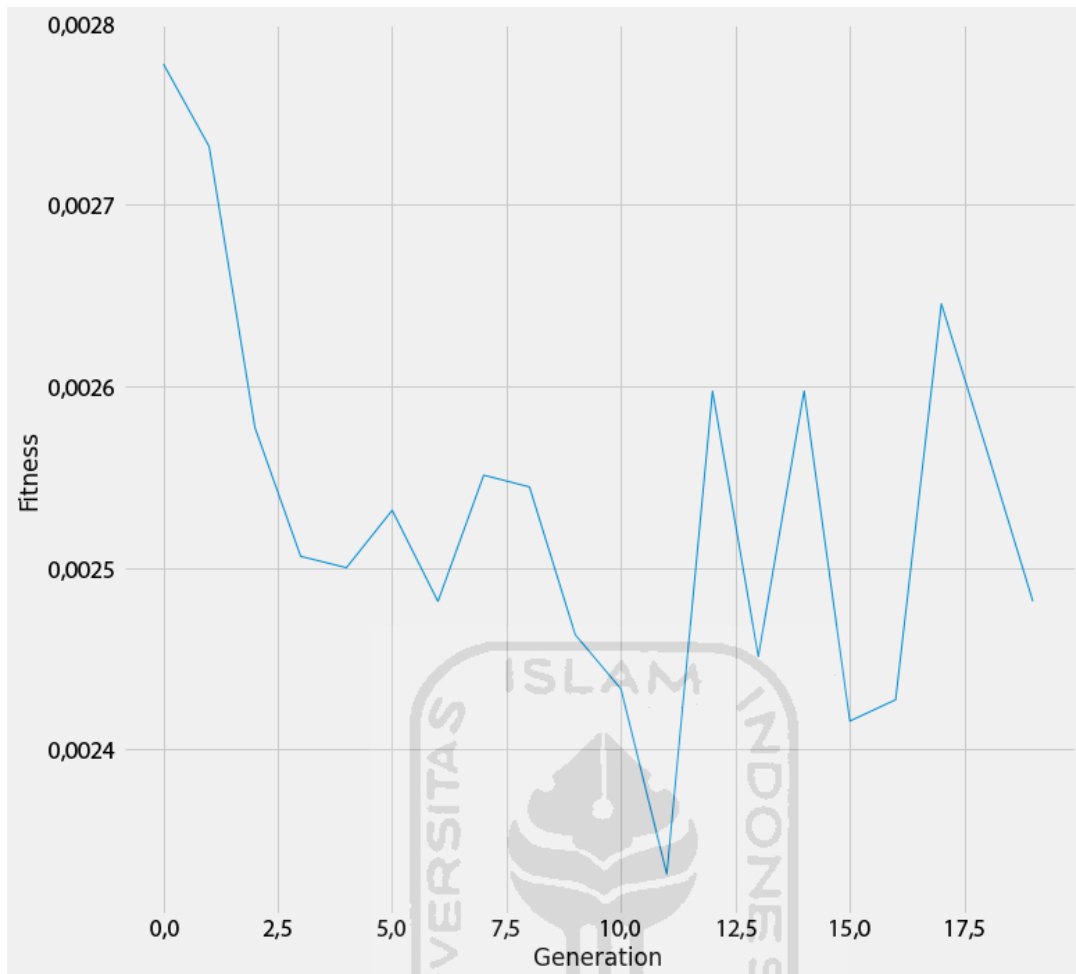
#### 4.1 Hasil Penelitian

Perkampungan yang menjadi subjek penelitian adalah Desa Menyumbang, Kalimantan Barat. Jaringan kabel listrik di kawasan tersebut direpresentasikan ke dalam bentuk graf. Penelitian dilakukan dengan mencari total panjang busur yang menghubungkan antar sambungan kabel/*nodes* hingga membentuk representasi Pohon dengan Algoritme Genetika.

Data yang diperoleh yakni gambar peta jaringan distribusi listrik di wilayah Desa Menyumbang, Provinsi Kalimantan Barat yang didapatkan melalui observasi langsung menggunakan aplikasi Google Maps dari Google. Selanjutnya, panjang kabel atau bobot/jarak antar sambungan kabel yang digunakan pada wilayah tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh kemudian disajikan pada Lampiran 1.

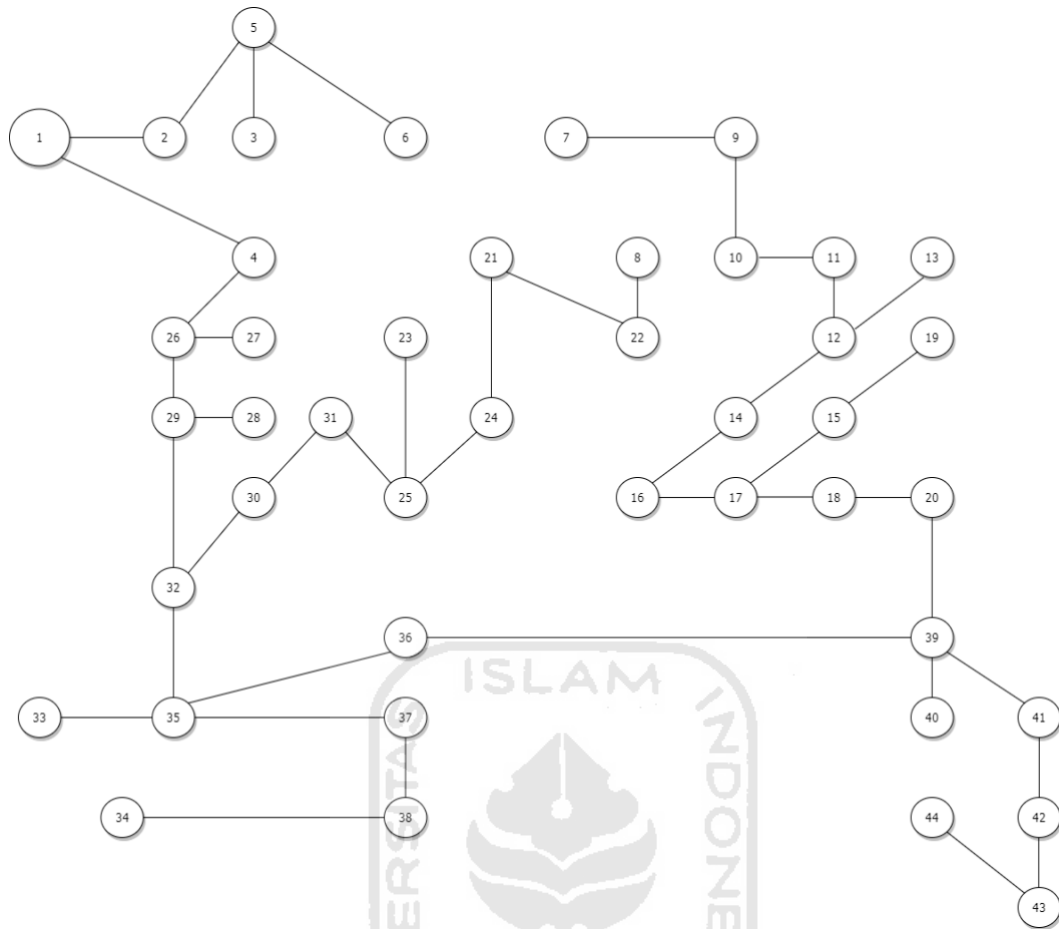
Kemudian, data-data pada Lampiran 1 dibuat gambar jaringan dengan titik sumbernya adalah gardu induk PLN, kemudian dihubungkan ke semua titik yang memungkinkan, dalam hal ini perpotongan antara ujung-ujung kabel. Gambar jaringan tersebut disajikan dalam Gambar 3.1.

Pada hasil data yang menjadi subjek penelitian serta gambar jaringan, telah diketahui terdapat 44 titik sambungan kabel dengan 135 busur yang menghubungkan tiap titik. Dari data serta gambar jaringan tersebut, akan dilakukan optimasi permasalahan Pohon Rentang Minimum dengan Algoritme Genetika dengan menggunakan Bahasa Pemrograman Python 3.7, serta bantuan *library* Networkx dan Matplotlib. Probabilitas penyilangan dan probabilitas mutasi yang digunakan masing-masing adalah sebesar 50% dan 5%, dengan menggunakan metode seleksi Roda Roulette. Sementara itu, representasi kromosom dan teknik mutasi pada kromosom mengadopsi dari penelitian sebelumnya (Hidayat, Algoritma Genetik untuk Pemecahan Persoalan Minimum Spanning Tree, 2000).



Gambar 4.1. Perkembangan nilai kebugaran selama proses komputasi

Untuk menampilkan graf hasil optimasi yang berupa *nodes* dan *edges*, digunakan library *networkx*. Data yang didapatkan dari hasil pemetaan awal, serta hasil optimasi berupa larik multi-dimensi. Per larik, di dalamnya terdapat tiga larik, yang berisi *nodes* yang menjadi asal *nodes* pada larik pertama, *nodes* yang menjadi tujuan *nodes* pada larik kedua, serta bobot *edges* antar *nodes*. Kemudian digambarkan *nodes-nodes* sesuai dengan jumlah yang ada pada data. Tidak ada duplikasi pada *nodes-nodes*. Kemudian, ditarik garis yang menghubungkan antar *nodes* yang berhubungan, dan ditambahkan bobot pada garis yang menghubungkan antar *nodes*.



Gambar 4.2. Hasil permasalahan Pohon Rentang Minimum yang telah dioptimasi

Luaran simpul dan busur serta gambar graf yang terbentuk dari hasil optimasi selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Gambar 4.2.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kebugaran yang didapatkan pada iterasi terakhir sebesar 0,00248 dan total bobot yang didapatkan adalah sebesar 403, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.

## 4.2 Pembahasan

Hasil pengukuran total panjang kabel dari jaringan listrik yang terpasang pada perkampungan Menyumbang dapat direpresentasikan dengan graf terhubung yang tak berarah dan berbobot. Graf tak berarah  $G$  dengan himpunan simpul  $V$  dan busur  $E$  dinotasikan dengan  $G = \{V, E\}$ . Pada data,  $V$  merepresentasikan titik dari sambungan kabel yang terdapat pada lokasi. Pada proses optimasi jaringan listrik dengan representasi permasalahan Pohon Rentang Minimum, tidak diperbolehkan adanya *loop*, sirkuit, dan rangkap. Dalam hal ini, *loop* adalah sisi yang menghubungkan sebuah simpul dengan dirinya sendiri. Sirkuit adalah kumpulan

busur yang menghubungkan simpul-simpul sehingga hasil tersebut ke titik awal dan membentuk perulangan. Sisi rangkap graf adalah adanya lebih dari satu sisi yang dikaitkan dengan sepasang titik.

Penentuan permasalahan Pohon Rentang Minimum dari graf yang diambil pada perkampungan Menyumbang adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui jumlah sambungan kabel pada wilayah tersebut. Sambungan kabel tersebut meliputi tiang listrik, rumah penduduk, bangunan yang dapat digunakan secara umum, maupun pertokoan. Telah didapatkan sebanyak 44 titik pada perkampungan ini.
- b. Mencari seluruh busur-busur yang mungkin terbentuk dari titik-titik yang tersambung serta mencari bobot busur atau jarak antar titik yang tersambung. Terdapat 135 busur yang tersambung pada perkampungan ini.

Pada penelitian ini, dicari efisiensi total panjang kabel yang tersambung. Efisiensi yang dimaksud adalah total panjang kabel mencapai titik minimum. Sehingga, Solusi yang diambil adalah total bobot yang paling kecil. Hal ini menggunakan Algoritme Genetika sebagai algoritme optimasi pada permasalahan Pohon Rentang Minimum.

Pada Algoritme Genetika, langkah awal adalah menentukan representasi kromosom pada permasalahan yang akan dicari solusinya. Seperti yang telah dijelaskan pada 3.4.1, representasi kromosom yang digunakan adalah representasi kromosom yang diusulkan oleh Hidayat. Langkah berikutnya adalah membentuk populasi. Ukuran populasi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 50 kromosom. Selanjutnya, dari seluruh kromosom di dalam populasi tersebut, dihitung tingkat kebugarannya masing-masing. Nilai kebugaran digunakan untuk menentukan apakah suatu kromosom layak atau tidak dalam proses evolusi. Setelah didapatkan nilai kebugaran tiap kromosom, langkah berikutnya adalah memilih kromosom yang akan dijadikan induk. Induk yang diinginkan adalah kromosom yang memiliki nilai kebugaran yang baik sehingga menurunkan keturunan yang memiliki sifat-sifat terbaik dari induknya. Selanjutnya, kromosom-kromosom tersebut akan diseleksi untuk mendapatkan induk yang baik. Induk-induk yang telah didapatkan dari hasil seleksi, kemudian diterapkan operator penyilangan, yaitu menyilangkan gen-gen dari induk-induk terpilih sehingga keturunan terbentuk. Setelah keturunan terbentuk, langkah berikutnya adalah meregenerasi kromosom-kromosom di dalam suatu populasi. Metode regenerasi yang digunakan adalah regenerasi yang menggantikan kromosom yang memiliki tingkat kebugaran rendah dengan kromosom yang memiliki tingkat kebugaran yang lebih baik. Selanjutnya, dilakukan operasi mutasi pada seluruh kromosom tersebut sehingga sedikit dari gen pada suatu kromosom akan

berubah untuk menghindari *local optimum*. Proses akan kembali pada proses seleksi. Hal ini dilakukan secara berulang-ulang dengan kriteria berhenti mencapai iterasi yang diinginkan.

Sementara itu, pencarian secara manual/acak dilakukan dengan cara menyambungkan *nodes-nodes* yang terdapat pada data dengan catatan, persambungan tersebut membentuk sebuah representasi pohon. Pencarian pada permulaannya dilakukan dengan memilih *nodes* awal. *Nodes* tersebut kemudian disambungkan dengan *nodes* yang lain sehingga membentuk representasi pohon. Pohon yang dimaksud di sini bukanlah pencarian Pohon Rentang Minimum, akan tetapi hanya sebatas membentuk representasi Pohon.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Algoritme Genetika yang diterapkan pada permasalahan Pohon Rentang Minimum di perkampungan Menyumbang dapat merepresentasikan graf pohon. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Lampiran 2. Penelitian ini juga membuktikan Algoritme Genetika yang diterapkan pada permasalahan Pohon Rentang Minimum menunjukkan hasil yang lebih baik dari pencarian Pohon Rentang Minimum yang dilakukan dengan cara acak. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pada gambar tersebut, juga dapat dilihat bahwa perhitungan nilai kebugaran tiap generasi sangat fluktuatif.

### 4.3 Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan dari penelitian ini adalah mampu mendapatkan total panjang kabel listrik lebih pendek daripada pencarian secara manual/acak. Hal ini dapat dilihat dari total panjang kabel yang belum teroptimasi sepanjang 512 meter, sementara total panjang kabel yang telah teroptimasi sepanjang 403 meter.

Terdapat beberapa batasan yang ada pada penelitian ini. Hal ini lah yang menjadi kekurangan pada penelitian ini. Pertama, asumsi jumlah trafo yang ada pada penelitian ini adalah berjumlah satu untuk setiap rumah. Tidak setiap rumah memiliki jumlah trafo satu, ada kemungkinan memiliki jumlah trafo lebih atau bahkan tidak memilikinya sama sekali. Kedua, tidak diperhitungkan penghalang yang dapat terjadi ketika membentangkan kabel listrik seperti pohon, objek bangunan, maupun penghalang lainnya. Hal ini menyebabkan optimasi yang dilakukan kurang representatif. Selain itu, tegangan yang diasumsikan pada penelitian ini adalah sama. Padahal, tidak semua rumah/bangunan pula memiliki kebutuhan listrik dan tegangan yang sama. Lebih lanjut, pengembangan algoritme ini dan penyelesaian dalam suatu daerah perkampungan bukanlah berupa aplikasi. Hal ini menyebabkan pengguna awam yang berkepentingan dalam memecahkan masalah optimasi yang dibahas pada skripsi ini kesulitan

dalam menjalankannya. Dengan adanya batasan-batasan tersebut dan kendala yang ada, penelitian ini dapat dikatakan belum begitu merepresentasikan kasus yang dapat terjadi di lapangan, terutama optimasi jaringan kabel listrik pada daerah perkampungan.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijelaskan, dapat disimpulkan bahwa Algoritme Genetika yang dijalankan untuk memecahkan masalah optimasi kabel listrik di daerah perkampungan menunjukkan hasil yang lebih optimal daripada pencarian yang dilakukan secara manual. Algoritme ini juga dapat diterapkan pada perkampungan Menyumbang, Kalimantan Barat. Telah diperoleh total panjang kabel listrik minimum dari satu sambungan kabel ke sambungan kabel lainnya adalah sepanjang 403 meter. Sementara itu, pencarian secara manual mendapatkan hasil total panjang kabel sepanjang 512 meter. Hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat perbandingan yang cukup signifikan antara total panjang kabel yang dioptimasi dengan yang tidak. Penelitian ini dapat membuktikan bahwa implementasi Algoritme Genetika telah berhasil mengoptimasi dan mengevaluasi panjang kabel listrik di daerah perkampungan. Selain itu, Algoritme Genetika dengan pengembangan teknik penyilangan juga dapat merepresentasikan representasi Pohon yang menjadi permasalahan di daerah perkampungan.

#### **5.2 Saran**

Dalam penelitian yang membahas Algoritme Genetika untuk mengevaluasi jaringan kabel listrik di daerah perkampungan ini, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

- a. Pengembangan aplikasi antar muka yang dapat memudahkan pengguna awam untuk menjalankan Algoritme Genetika pada permasalahan kabel listrik di daerah perkampungan.
- b. Melakukan pengembangan teknik, seperti teknik mutasi, teknik seleksi.
- c. Pengembangan algoritme yang dapat mengatasi batasan-batasan masalah yang ada pada penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashlock, D. (2006). *Evolutionary Computation for Modeling and Optimization*. Springer.
- Coello, C. A., & Pulido, G. T. A Micro-Genetic Algorithm for Multiobjective Optimization.
- Consoli, S., & Stikianakis, N. (2013). *Operations Research in Disaster Rreparedness*.
- Dimiyati, T. T., & Dimiyati, A. (1992). *Operations Research Model-Model Pengambilan Keputusan*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Direktorat Jendral Ketenagalistrikan. (2018). Statistik Ketenagalistrikan 2017. *Tahun Anggaran 2018* .
- Gen, M., & Cheng, R. (1997). *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*. Canada: John Wiley and Sons. Inc.
- Hidayat, T. (2000). Algoritma Genetik untuk Pemecahan Persoalan Minimum Spanning Tree. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sistem Cerdas dalam Rekayasa dan Bisnis*, (hal. 53-62).
- Li, Y., & Bouchebaba, Y. (2000). A New Genetic Algorithm for the Optimal Communication Spanning Tree Problem. *LNCS 1829* (hal. 162-173). Berlin: Springer.
- Nummela, J., & Julstrom, B. A. (2006). An Effective Genetic Algorithm for the Minimum-Label Spanning Tree Problem. *GECCO 2006 – Genetic and Evolutionary Computation Conference*.
- Ruiz, E., Albareda, M., Fernandez, E., & Resende, M. G. (2015). A biased random-key genetic algorithm for the capacitated minimum spanning tree problem. *Computers and Operations Research* .
- Salgueiro, R., Almeida, A. d., & Oliveira, O. (2017). New genetic algorithm approach for the min-degree constrained minimum spanning tree. *European Journal of Operational Research* , 877-886.
- Santos, J. L., Pugliese, L. P., & Guerriero, F. (2018). A new approach for the multiobjective minimum spanning tree. *Computers and Operations Research* , 69-83.
- Satriadi, V., & Zuhri, Z. (2020). Penyilangan N-Titik Acak dalam Algoritme Genetika untuk Permasalahan Pohon Rentang Minimum. *AUTOMATA* .
- Siang, J. J. (2011). *Riset Operasi dalam Pendekatan Algoritmis*. Penerbit Andi.
- Zhou, G., & Gen, M. (1997). Genetic algorithm approach on. *European Journal of Operational Research 114 (1999)* , 141-152.



Zukhri, Z. (2014). *Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Yogyakarta: Andi Publisher.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1

Data pengujian, yakni jaringan distribusi listrik Desa Menyumbang, Kecamatan Hulu Sungai,  
Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat.

Sisi	Bobot	Sisi	Bobot	Sisi	Bobot
V <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	5	V <sub>12</sub> V <sub>15</sub>	11	V <sub>26</sub> V <sub>29</sub>	5
V <sub>1</sub> V <sub>4</sub>	20	V <sub>13</sub> V <sub>15</sub>	14	V <sub>26</sub> V <sub>28</sub>	3
V <sub>2</sub> V <sub>5</sub>	18	V <sub>13</sub> V <sub>19</sub>	9	V <sub>27</sub> V <sub>28</sub>	3
V <sub>2</sub> V <sub>3</sub>	5	V <sub>19</sub> V <sub>20</sub>	9	V <sub>27</sub> V <sub>31</sub>	5
V <sub>3</sub> V <sub>5</sub>	17	V <sub>14</sub> V <sub>15</sub>	5	V <sub>28</sub> V <sub>29</sub>	5
V <sub>3</sub> V <sub>4</sub>	17	V <sub>14</sub> V <sub>16</sub>	7	V <sub>28</sub> V <sub>30</sub>	3
V <sub>5</sub> V <sub>6</sub>	15	V <sub>14</sub> V <sub>17</sub>	7	V <sub>28</sub> V <sub>31</sub>	3
V <sub>6</sub> V <sub>7</sub>	8	V <sub>15</sub> V <sub>17</sub>	7	V <sub>29</sub> V <sub>32</sub>	8
V <sub>6</sub> V <sub>8</sub>	19	V <sub>15</sub> V <sub>18</sub>	8	V <sub>30</sub> V <sub>31</sub>	3
V <sub>7</sub> V <sub>9</sub>	15	V <sub>16</sub> V <sub>17</sub>	5	V <sub>30</sub> V <sub>32</sub>	7
V <sub>9</sub> V <sub>10</sub>	7	V <sub>17</sub> V <sub>18</sub>	5	V <sub>32</sub> V <sub>33</sub>	24
V <sub>10</sub> V <sub>11</sub>	7	V <sub>18</sub> V <sub>20</sub>	9	V <sub>33</sub> V <sub>34</sub>	15
V <sub>11</sub> V <sub>12</sub>	5	V <sub>20</sub> V <sub>39</sub>	25	V <sub>8</sub> V <sub>21</sub>	8
V <sub>12</sub> V <sub>13</sub>	8	V <sub>4</sub> V <sub>26</sub>	9	V <sub>8</sub> V <sub>22</sub>	9
V <sub>12</sub> V <sub>14</sub>	12	V <sub>4</sub> V <sub>27</sub>	9	V <sub>21</sub> V <sub>22</sub>	5
V <sub>46</sub> V <sub>47</sub>	5	V <sub>34</sub> V <sub>38</sub>	26	V <sub>21</sub> V <sub>23</sub>	5
V <sub>47</sub> V <sub>48</sub>	3	V <sub>39</sub> V <sub>40</sub>	16	V <sub>21</sub> V <sub>24</sub>	5
V <sub>48</sub> V <sub>50</sub>	3	V <sub>39</sub> V <sub>41</sub>	15	V <sub>22</sub> V <sub>24</sub>	7
V <sub>50</sub> V <sub>51</sub>	3	V <sub>37</sub> V <sub>40</sub>	18	V <sub>23</sub> V <sub>24</sub>	4
V <sub>45</sub> V <sub>49</sub>	3	V <sub>41</sub> V <sub>42</sub>	3	V <sub>23</sub> V <sub>31</sub>	5
V <sub>49</sub> V <sub>51</sub>	17	V <sub>40</sub> V <sub>37</sub>	19	V <sub>23</sub> V <sub>25</sub>	5
V <sub>50</sub> V <sub>51</sub>	3	V <sub>40</sub> V <sub>41</sub>	8	V <sub>24</sub> V <sub>25</sub>	3
V <sub>42</sub> V <sub>43</sub>	3	V <sub>40</sub> V <sub>44</sub>	3	V <sub>24</sub> V <sub>16</sub>	10
V <sub>43</sub> V <sub>46</sub>	3	V <sub>42</sub> V <sub>43</sub>	3	V <sub>25</sub> V <sub>36</sub>	21

V46V47	3	V43V44	9	V36V37	5
V47V48	3	V43V46	3	V36V39	22
V48V50	3	V44V45	3	V37V38	5
V45V46	10	V44V46	10	V38V44	26
V45V47	10	V52V55	8	V59V66	8
V49V47	10	V55V56	3	V66V68	5
V49V48	10	V53V55	3	V68V70	4
V49V50	11	V54V56	7	V57V62	12
V51V53	23	V56V57	2	V62V61	3
V53V54	3	V57V58	7	V61V63	3
V51V52	6	V58V59	3	V63V64	3
V34V71	15	V60V57	6	V64V65	3
V71V73	29	V60V58	5	V65V67	3
V71V72	28	V60V59	7	V67V69	4
V72V73	10	V60V64	7	V69V70	4
V73V74	8	V66V65	14	V57V61	20
V72V74	9	V66V67	7	V68V69	5
V74V75	23	V75V76	16	V75V77	15
V75V78	16	V76V77	6	V80V81	3
V75V79	17	V77V78	3	V81V79	7
V78V80	9	V78V79	4	V79V80	6

Lampiran 2

Sisi	Bobot	Sisi	Bobot	Sisi	Bobot
v1v4	20	V31v25	5	V17v16	5
v1v2	5	V30v32	7	V30v31	3
v2v5	18	V26v27	3	V37v38	5
v5v3	17	V10v9	7	V32v35	8
v29v26	5	V16v14	7	V17v15	8
v29v28	5	V10v11	7	V5v6	15
v8v10	4	V11v12	5	V25v24	3
v42v43	3	V35v36	22	V39v40	16
v24v21	5	V38v34	26	V9v7	15
v17v18	5	V25v23	5	V22v8	9
v43v44	9	V15v19	7	V35v33	5
v41v42	3	V21v22	6	V36v39	22
v4v26	9	V14v12	12	V12v13	8
v18v20	9	V35v37	20	V32v29	8
v39v41	15				