

PENERAPAN KOMPLEKSITAS WAKTU ALGORITMA PRIM UNTUK MENGHITUNG KEMAMPUAN KOMPUTER DALAM MELAKSANAKAN PERINTAH

Deny Wiria Nugraha

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

Email : deny_wiria_nugraha@yahoo.co.id

Abstract - The purpose of this study is to develop the software using both Delphi 7 and ArcView GIS 3.3 programming language which is able to apply Prim's algorithm in obtaining the time complexity used to calculate the capability of computer in executing the command. This study not only compares two pieces of software built by the authors but also compares the capability of two computers that each have different specifications.

It has been proven that the software generated in this study can be utilized to get the complexity of time by using Prim's algorithm which is used to calculate the ability of computer in executing the command. The software can also accurately display the minimum spanning tree as a result of applying the Prim's algorithm. The capability of computer is examined in terms of the accuracy and speed in executing the commands. The examination result shows that the capability of the first computer specifications is higher than the capability of the second computer specifications in applying the Prim's algorithm. The other result found in this study shows that the computation time software built in Delphi 7 is faster than the computation time software built in ArcView GIS 3.3. This result indicates that in terms of applying the Prim's algorithm, the software built in Delphi 7 is more efficient than the software built in ArcView GIS 3.3.

Keywords: Time Complexity, Prim's Algorithm, The Ability of Computer

I. PENDAHULUAN

Penggunaan komputer dalam berbagai bidang saat ini berkembang dengan pesatnya. Aplikasi-aplikasi komputer banyak digunakan di berbagai bidang tersebut antara lain: bidang pendidikan misalnya *e-learning*; bidang pemerintahan misalnya *e-government*;

bidang teknik misalnya aplikasi *computer aided design* (CAD); bidang industri misalnya aplikasi *computer aided manufacturing* (CAM); bidang seni dan grafik misalnya photoshop dan coreldraw; bidang bisnis misalnya *e-commerce*; bidang kesehatan misalnya aplikasi *ultra sonografi* (USG) dan aplikasi *computerized axial tomography*; dan lain-lain. Penggunaan komputer memiliki banyak keuntungan antara lain: mengotomasi dan memudahkan pekerjaan-pekerjaan yang rutin dan berat secara fisik, memperkaya sumber informasi sehingga interaksi dan kualitas keputusan menjadi lebih baik, memiliki kecepatan dan ketelitian dalam mengerjakan suatu perintah, memiliki media penyimpanan yang ringkas dan berkapasitas besar, dan mampu mengolah data dalam jumlah yang besar.

Semua aplikasi komputer sangat menuntut kemampuan komputer yang baik. Kemampuan komputer yang baik adalah kecepatan dan ketepatan komputer dalam melaksanakan suatu perintah yang diberikan oleh pengguna komputer. Komputer dapat melakukan suatu operasi dasar, seperti misalnya perhitungan, penjumlahan atau pengurangan dalam waktu yang sangat cepat. Untuk menghitung kemampuan komputer yaitu kecepatan dan ketepatannya, maka diperlukan suatu algoritma untuk menguji kemampuan komputer tersebut. Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma Prim. Algoritma ini menggunakan metode Greedy yang merupakan salah satu metode untuk merancang dan mendesain suatu algoritma. Metoda ini membangun suatu pohon merentang minimum dengan memeriksa garis demi garis untuk memilih garis dengan bobot kecil dan membuang garis

dengan bobot besar, sehingga terbentuk suatu pohon merentang minimum. Metode ini digunakan untuk mendapatkan solusi yang optimal dari suatu permasalahan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun perangkat lunak dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7 dan program ArcView GIS 3.3 yang mampu mengaplikasikan algoritma Prim untuk mendapatkan kompleksitas waktunya guna diterapkan untuk menghitung kemampuan komputer dalam melaksanakan perintah. Penelitian ini membandingkan dua buah perangkat lunak yang dibangun penulis dan membandingkan kemampuan dua unit komputer dengan spesifikasi yang berbeda.

Rumusan masalah dalam penelitian ini berkaitan dengan bagaimana caranya menghitung kemampuan komputer dalam melaksanakan perintah yang diberikan oleh pengguna komputer. Hal tersebut memberi arti bahwa perlu dibangun suatu perangkat lunak yang mampu mengaplikasikan algoritma Prim dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7 dan program ArcView GIS 3.3 untuk mendapatkan kompleksitas waktu algoritma Prim, yang diuji pada dua unit komputer dengan spesifikasi yang berbeda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Algoritma

Algoritma adalah deskripsi langkah-langkah penyelesaian masalah yang tersusun secara logis atau urutan logis pengambilan keputusan untuk pemecahan suatu masalah. Algoritma ditulis dengan notasi khusus, notasi mudah dimengerti dan notasi dapat diterjemahkan menjadi sintaks suatu bahasa pemrograman (Zakaria dan Prijono, 2006:5).

Suatu algoritma akan memerlukan masukan (*input*) tertentu untuk memulainya, dan akan menghasilkan keluaran (*output*) tertentu pada akhirnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam algoritma adalah mencari langkah-langkah yang paling sesuai untuk penyelesaian suatu masalah, karena setiap algoritma memiliki karakteristik tertentu yang memiliki kelebihan dan kekurangan.

Beberapa hal yang harus dipahami dalam mencari algoritma antara lain:

1. Masalah seperti apa yang hendak diselesaikan.
2. Gagasan apa yang ada pada algoritma tersebut.
3. Berapa lama yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah.
4. Berapa jumlah data yang dapat ditangani oleh suatu algoritma.

B. Kompleksitas Waktu

“Sebuah algoritma tidak saja harus menghasilkan keluaran yang benar, tetapi juga harus mangkus (efisien) (Munir, 2009:495)”. Kebenaran suatu algoritma harus diuji dengan jumlah masukan tertentu untuk melihat kinerja algoritma berupa waktu yang diperlukan untuk menjalankan algoritmanya dan ruang memori yang diperlukan untuk struktur datanya.

Algoritma yang bagus adalah algoritma yang mangkus (efisien). Kemangkusan algoritma diukur dari jumlah waktu dan ruang memori yang dibutuhkan untuk menjalankan algoritma tersebut. Algoritma yang mangkus adalah algoritma yang meminimumkan kebutuhan waktu dan ruang.

Aplikasi sebuah algoritma dapat dikatakan baik atau efisien adalah memerlukan kriteria formal yang digunakan untuk menilai algoritma tersebut yaitu kemangkusan algoritma dengan kompleksitasnya. Besaran yang dipakai untuk menerangkan model penilaian waktu/ruang algoritma adalah dengan menggunakan kompleksitas algoritma.

Ada dua macam kompleksitas algoritma, yaitu kompleksitas waktu dan kompleksitas ruang. Kompleksitas waktu dari algoritma adalah mengukur jumlah perhitungan (komputasi) yang dikerjakan oleh komputer ketika menyelesaikan suatu masalah dengan menggunakan algoritma. Ukuran yang dimaksud mengacu ke jumlah langkah-langkah perhitungan dan waktu tempuh pemrosesan.

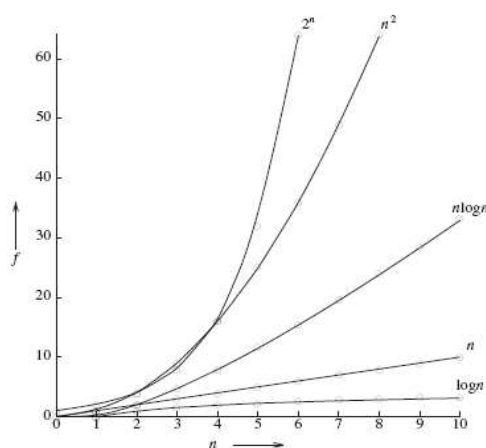
Kompleksitas waktu merupakan hal penting untuk mengukur efisiensi suatu algoritma. Kompleksitas waktu dari suatu algoritma yang terukur sebagai suatu fungsi

ukuran masalah. Kompleksitas waktu dari algoritma berisi ekspresi bilangan dan jumlah langkah yang dibutuhkan sebagai fungsi dari ukuran permasalahan. Kompleksitas ruang berkaitan dengan sistem memori yang dibutuhkan dalam eksekusi program. Pada tabel 1 diperlihatkan kelompok algoritma berdasarkan kompleksitas waktu asimptotiknya.

Tabel 1. Kelompok algoritma berdasarkan kompleksitas waktu asimptotiknya

Kelompok Algoritma	Nama
$O(1)$	Konstan
$O(\log n)$	Logaritmik
$O(n)$	Linear
$O(n \log n)$	$n \log n$
$O(n^2)$	Kuadratik
$O(n^3)$	Kubik
$O(2^n)$	Eksponensial
$O(n!)$	Faktorial

Berdasarkan tabel 1 di atas, maka dapat digambarkan grafik kelompok algoritma dengan kompleksitas waktu asimptotiknya seperti yang terlihat pada gambar 1..



Gambar 1. Kelompok algoritma dengan kompleksitas waktu asimptotiknya (Mehta dan Sahni, 2005:24)

Kebutuhan waktu dan ruang suatu algoritma bergantung pada ukuran masukan, yang secara khas adalah jumlah data yang diproses. Ukuran masukan itu

disimbolkan dengan n . Setelah menetapkan ukuran masukan, maka langkah selanjutnya dalam mengukur kompleksitas waktu adalah menghitung banyaknya operasi yang dilakukan algoritma sehingga didapatkan notasi kompleksitas waktunya dalam fungsi n yaitu $f(n)$.

Untuk mengukur kebutuhan waktu sebuah algoritma yaitu dengan mengeksekusi langsung algoritma tersebut pada sebuah komputer, lalu dihitung berapa lama durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah persoalan dengan n yang berbeda-beda. Kemudian dibandingkan hasil komputasi algoritma tersebut dengan notasi kompleksitas waktunya untuk mengetahui efisiensi algoritmanya.

C. Algoritma Prim

Graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) , ditulis dengan notasi $G = (V, E)$. Dalam hal ini, V merupakan himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*vertices* atau *node*) digambarkan dalam titik-titik, dan E adalah himpunan sisi-sisi (*edges* atau *arcs*) digambarkan dalam garis-garis yang menghubungkan sepasang simpul (Munir, 2009:356). Sedangkan graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga. Bobot pada tiap sisi dapat berbeda-beda bergantung pada masalah yang dimodelkan dengan graf.

Jika G adalah graf berbobot, maka bobot pohon merentang T dari G didefinisikan sebagai jumlah bobot semua sisi di T . Pohon merentang yang berbeda mempunyai bobot yang berbeda pula. Diantara semua pohon merentang dalam graf G , pohon merentang yang berbobot minimum dinamakan pohon merentang minimum. Pohon merentang minimum mempunyai terapan yang luas dalam praktek (Munir, 2009:450).

Algoritma Prim dimulai dari simpul yang berubah-ubah di setiap tingkatnya, diperbolehkan menambah cabang baru untuk membuat susunan pohon baru. Algoritma ini akan tertahan ketika simpul yang sedang dieksplorasi pada graf sudah sampai pada simpul yang dituju. Strategi

yang digunakan adalah strategi Greedy dengan menganggap bahwa pada setiap langkah dari pohon merentang adalah *augmented* dan dipilih simpul yang nilainya paling kecil dari semua simpul yang ada (Purwanto, 2008:86).

Beberapa peneliti yang menggunakan metode Greedy diantaranya adalah, yang pertama Borůvka tahun 1926, selanjutnya dengan metoda yang sama, penelitiannya ditinjau ulang oleh Choquet tahun 1938, Lukaszewicz, Florek, Perkal, Steinhaus dan Zubrzycki tahun 1951. Algoritma Borůvka dimulai dari n titik terasing dari graf (graf semula tanpa garis), kemudian dari masing-masing titik dipilih garis dengan bobot terkecil yang berhubungan dengan titik tersebut. Karena setiap garis mempunyai dua titik, maka dimungkinkan ada garis yang diperiksa dua kali.

Peneliti selanjutnya adalah Kruskal tahun 1956, yang menyusun garis-garis dalam urutan tidak menurun (*non decreasing*) dari bobotnya. Langkah awal adalah memilih garis dengan bobot terkecil diantara semua garis. Selanjutnya memilih garis dengan bobot terkecil berikutnya diantara sisa garis, dengan garis tersebut menghubungkan titik di dalam pohon bagian yang sudah dipilih dengan titik diluar pohon bagian.

Matematikawan Vojtěch Jarník tahun 1930 mengenalkan suatu metoda penentuan pohon merentang, yang selanjutnya diteliti kembali oleh Robert C. Prim tahun 1957 dan Dijkstra tahun 1959 sehingga menghasilkan suatu algoritma yang dikenal dengan nama algoritma Prim.

Algoritma Prim menitikberatkan pada pemilihan bobot minimum berdasarkan simpul yang diambil. Dan karena tidak perlu mengurutkan terlebih dahulu, algoritma Prim cocok untuk pohon dengan jumlah simpul banyak. Algoritma Prim akan selalu berhasil menemukan pohon merentang minimum tetapi pohon merentang yang dihasilkan tidak selalu unik.

Langkah-langkah dalam algoritma Prim adalah sebagai berikut:

1. Buat sebuah pohon yang terdiri dari satu simpul (*node*), dipilih secara acak dari graf.
2. Buat sebuah himpunan yang berisi semua cabang di graf.
3. Ulangi sampai semua cabang di dalam himpunan menghubungkan dua simpul di pohon:
 - a. Hapus dari himpunan satu cabang dengan bobot terkecil yang menghubungkan satu simpul di pohon dengan satu simpul di luar pohon.
 - b. Hubungkan cabang tersebut ke pohon.

D. Kemampuan Komputer

Komputer merupakan suatu alat elektronik yang mampu melakukan berbagai tugas, yaitu: menerima input, memproses input sesuai perintah, menyimpan perintah-perintah dan hasil dari pengolahan, menyediakan output dalam bentuk informasi, memberikan informasi, dan bekerja secara otomatis (Sudarmawan dan Ariyus, 2007:47).

Kemampuan komputer yang paling menakjubkan adalah kecepatannya. Komputer dapat melakukan suatu operasi dasar, misalnya perhitungan, penambahan atau pengurangan, dalam waktu yang sangat cepat, yaitu dalam waktu *mili second*, *mikro second*, *nano second* atau *piko second*. Komputer yang cepat dapat melakukan operasi dalam waktu *pico second*. Komputer *mainframe* dapat mempunyai kecepatan sampai dengan lebih dari 1000 MIPS (*million instructions per second*). Komputer dengan kecepatan 1000 MIPS dapat mengolah sebanyak 1.000.000.000 (1 milyar) instruksi/perintah per detik. Kemampuan komputer lainnya yang menakjubkan adalah ketepatannya. Kalau manusia lelah, maka mentalnya akan luluh, yang akan berakibat kecenderungan untuk melakukan kesalahan. Misalnya saja manusia disuruh untuk melakukan perhitungan sebanyak 100000 buah penambahan, yang akan diselesaikan dalam waktu satu hari terus menerus tanpa berhenti, maka akan dijamin bahwa

manusia akan melakukan kesalahan. Sebaliknya, karena komputer tidak mempunyai mental dan tidak mengenal lelah, maka komputer tidak akan mengalami kesalahan (Purnama, 2012:32-38).

Hasil studi literatur yang penulis lakukan, mengindikasikan bahwa penelitian tentang kompleksitas waktu pernah dilakukan oleh beberapa peneliti lainnya yaitu Indriati (2000) yang meneliti tentang pohon merentang minimum pada graf monge untuk menentukan kompleksitas dan waktu tempuh suatu algoritma. Penelitian tersebut hanya menggunakan beberapa titik/simpul saja dan hanya menggunakan program yang sangat sederhana. Penelitian Pop dan Zelina (2004) menyajikan algoritma waktu eksponensial untuk graf tidak berarah yang memiliki simpul-simpul n yaitu algoritma heuristik berbasis Kruskal, algoritma heuristik berbasis Prim, dan algoritma heuristik berbasis pendekatan global-lokal. Dilakukan beberapa macam eksperimen waktu komputasi dengan jumlah simpul yang bervariasi. Pada penelitian yang penulis lakukan saat ini adalah membangun program yang sangat lengkap dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7 dan program ArcView GIS 3.3, yang diuji pada dua unit komputer yang memiliki spesifikasi berbeda, dan menguji jumlah titik/simpul dan jumlah sisi yang sangat banyak untuk menghasilkan kompleksitas waktu algoritma Prim secara akurat yang digunakan untuk menghitung kemampuan komputer dalam melaksanakan perintah.

III. METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian

Data yang merupakan bahan penelitian ini dikumpulkan melalui beberapa metode sebagai berikut:

1. Studi literatur, yaitu penelusuran literatur mengenai dasar pengetahuan tentang hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini. Metode ini dilakukan dengan cara mencari buku-buku, artikel-artikel, dan jurnal-jurnal ilmiah

mengenai algoritma, kompleksitas waktu, algoritma Prim, dan perangkat keras serta perangkat lunak komputer.

2. Pengumpulan data dari lokasi penelitian berupa data spesifikasi komputer yang terdiri dari data perangkat keras dan data perangkat lunaknya serta pengumpulan data model graf berbobot yang akan digunakan oleh perangkat lunak yang dibangun dalam penelitian ini.

B. Alat Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan spesifikasi perangkat keras komputer sebagai berikut:

1. Komputer spesifikasi 1 yaitu menggunakan prosesor Intel Core 2 CPU T5500 1,66GHz, memori 2,49 GB RAM, hard disk 320 GB.
2. Komputer spesifikasi 2 yaitu menggunakan prosesor Intel Atom CPU N270 1,60 GHz, memori 1,48 GB RAM, hard disk 160 GB.

Spesifikasi perangkat lunak komputer menggunakan sistem operasi Microsoft Windows XP, Borland Delphi versi 7 dan ArcView GIS versi 3.3.

C. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dalam bidang teknik elektro khususnya bidang rekayasa perangkat lunak dan algoritma komputer yang sesuai dengan bidang ilmu penulis. Penelitian ini dilakukan dengan cara membangun suatu perangkat lunak (program) dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7 dan program ArcView GIS 3.3 untuk mengaplikasikan algoritma Prim dan mendapatkan kompleksitas waktunya, yang digunakan untuk menghitung kemampuan dua unit komputer dengan spesifikasi berbeda dalam melaksanakan perintah yang diberikan oleh pengguna komputer.

D. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah pada Laboratorium Komputer Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Sulawesi Tengah.

F. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan pengamatan dan pengumpulan data mengenai spesifikasi komputer dan model graf berbobot yang akan digunakan.
2. Instalasi perangkat lunak yang dibutuhkan.
3. Membangun perangkat lunak dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7 dan program ArcView GIS 3.3 untuk mengaplikasikan algoritma Prim.
4. Merancang dan memasukkan model graf berbobot ke dalam program yang telah dibangun.
5. Melakukan pengetesan/pengujian dengan menggunakan dua unit komputer yang memiliki spesifikasi yang berbeda untuk mendapatkan kompleksitas waktu algoritma Prim.
6. Menghitung kemampuan komputer dalam melaksanakan perintah.
7. Menarik kesimpulan dari hasil pengetesan/pengujian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan dua perangkat lunak (program) yaitu program yang dibangun dengan bahasa pemrograman Delphi 7 dan program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3 dengan bantuan pemrograman *script avenue*. Bahasa pemrograman Delphi yang termasuk dalam salah satu bahasa pemrograman visual adalah generasi lanjut pemrograman Pascal (Malik, 2006:1). Delphi telah memanfaatkan suatu teknik pemrograman yang disebut *Rapid Application Development* (RAD) yang telah membuat pemrograman menjadi lebih mudah. Delphi merupakan suatu bahasa pemrograman yang telah memanfaatkan metode pemrograman *Object Oriented Programming* (OOP). Dengan dukungan OOP, Delphi mempunyai kemampuan yang sangat handal. Hal inilah yang menjadi daya tarik bagi kebanyakan orang untuk menggunakan Delphi sebagai bahasa pemrograman dewasa ini. Sedangkan ArcView merupakan salah satu perangkat

lunak sistem informasi geografis dan pemetaan yang telah dikembangkan ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). Dengan ArcView, pengguna dapat memiliki kemampuan-kemampuan untuk melakukan visualisasi, *explore*, menjawab *query*, dan sebagainya (Prahasta, 2009:1).

Maksud penggunaan kedua program tersebut dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil penerapan kompleksitas waktu algoritma Prim untuk menghitung kemampuan komputer dalam melaksanakan perintah secara akurat. Pengujian sistem pada penelitian ini dilakukan dengan parameter pengujian berupa variasi jumlah titik/simpul, variasi jumlah sisi, variasi model graf yang memiliki bobot berupa panjang garis yang menghubungkan antara titik-titik, dan diuji pada dua unit komputer yang memiliki spesifikasi berbeda.

Penggunaan variasi jumlah titik/simpul, variasi jumlah sisi, dan variasi model graf berbobot, serta diuji pada dua unit komputer yang memiliki spesifikasi berbeda adalah untuk mendapatkan hasil pengujian yang lengkap berupa kompleksitas waktu algoritma Prim dalam mencari pohon merentang minimum dan jumlah total jalur minimum graf berbobot, di mana data kompleksitas waktu yang telah didapatkan tersebut, digunakan untuk menghitung kemampuan komputer dalam melaksanakan suatu perintah.

Tabel 2. Hasil pengujian kompleksitas waktu algoritma Prim menggunakan komputer spesifikasi 1

Jumlah Titik/ Simpul (n)	Jumlah Sisi (m)	Waktu Komputasi (detik)		Jalur Minimum
		Program Delphi 7.0	Program ArcView GIS 3.3	
5	8	0,015	0	1076,97
10	20	0,062	2	1821,2
20	49	0,125	23	3125,86
30	80	0,219	121	4221,54
40	104	0,329	411	5472,71
50	130	0,641	1185	6826,18
60	163	1,078	3392	8373,01
70	192	1,859	7417	9790,13
80	228	3,016	14144	10958,1

Tabel 3. Hasil pengujian kompleksitas waktu algoritma Prim menggunakan komputer spesifikasi 2

Jumlah Titik/ Simpul (n)	Jumlah Sisi (m)	Waktu Komputasi (detik)		Jalur Minimum
		Program Delphi 7.0	Program ArcView GIS 3.3	
5	8	0,015	0	1076,97
10	20	0,062	2	1821,2
20	49	0,125	23	3125,86
30	80	0,219	121	4221,54
40	104	0,329	411	5472,71
50	130	0,641	1185	6826,18
60	163	1,078	3392	8373,01
70	192	1,859	7417	9790,13
80	228	3,016	14144	10958,1

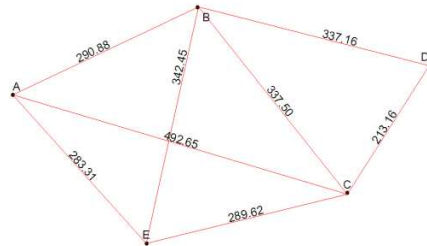
Program-program yang dibangun/dihasilkan pada penelitian ini

terbukti mampu mengaplikasikan algoritma Prim dan mendapatkan waktu komputasi (kompleksitas waktu) yang digunakan untuk menghitung kemampuan komputer dalam melaksanakan perintah. Program-program tersebut juga mampu secara tepat menampilkan pohon merentang minimum, yang merupakan hasil dari mengaplikasikan algoritma Prim. Hasil dari program-program tersebut dalam mengaplikasikan algoritma Prim dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

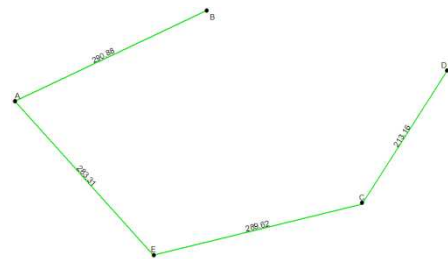
Tabel 4. Hasil dari program dalam mengaplikasikan algoritma Prim

No. Model Graf Berbobot

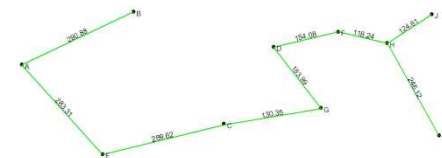
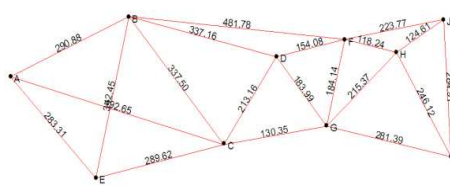
1. $n = 5, m = 8$



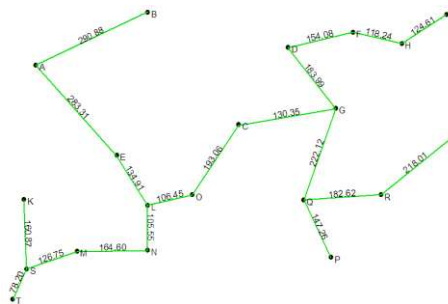
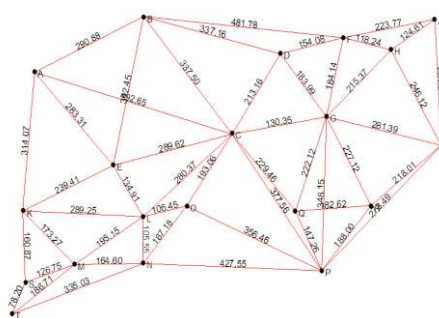
Hasil Pohon Merentang Minimum Dengan Menggunakan Algoritma Prim



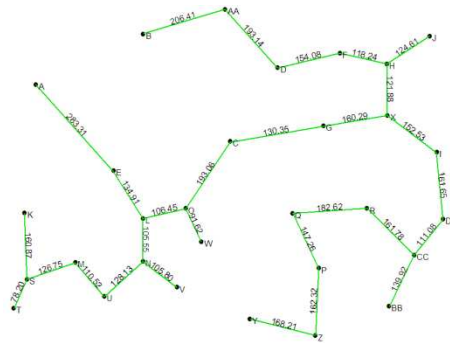
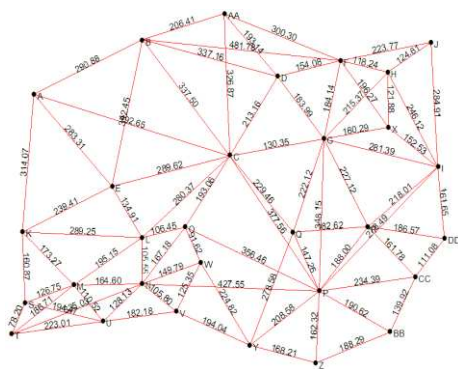
2. $n = 10, m = 20$



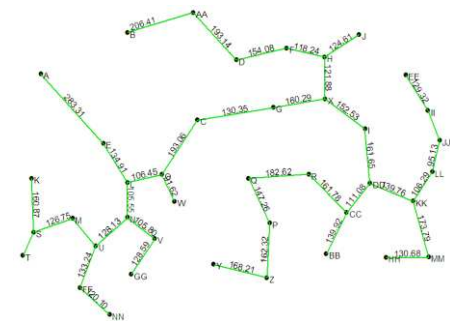
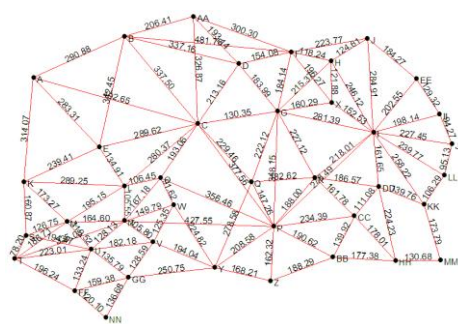
3. $n = 20, m = 49$



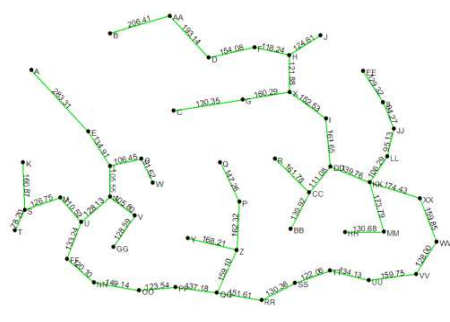
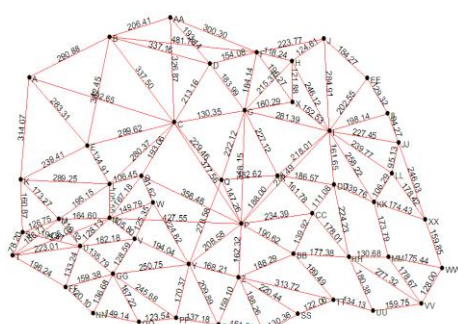
4. $n = 30, m = 80$



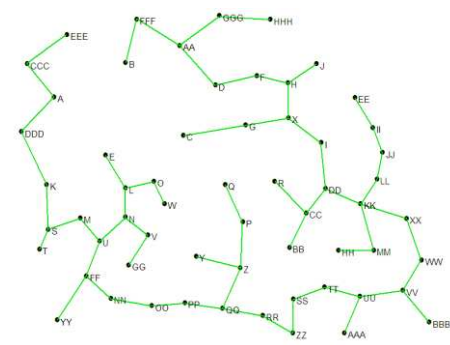
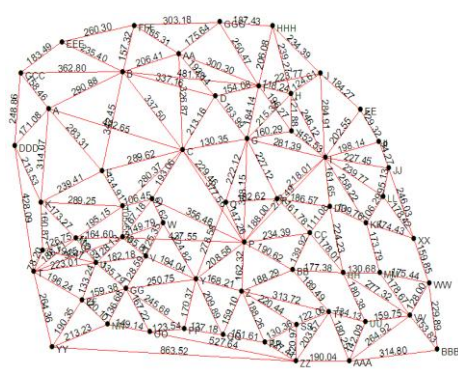
5. $n = 40, m = 104$



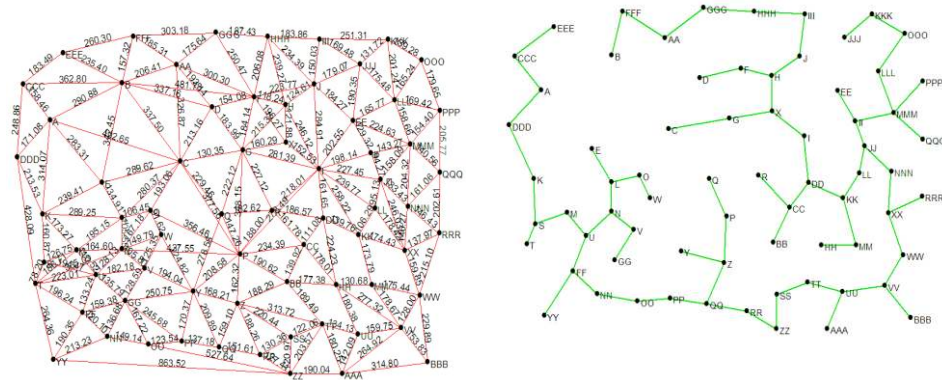
6. $n = 50, m = 130$



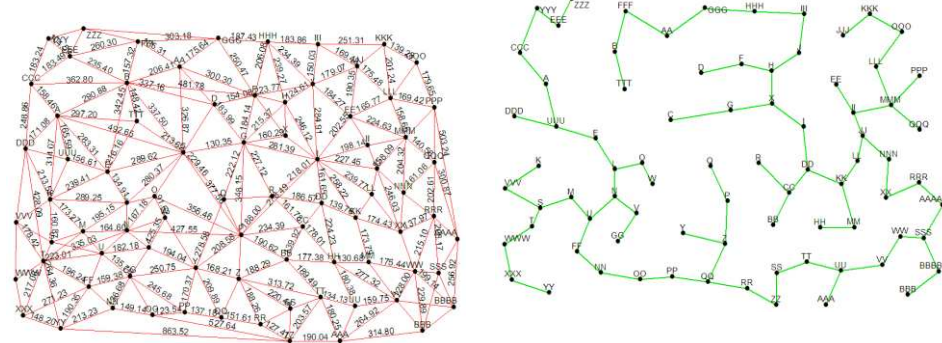
7. $n = 60, m = 163$



8. $n = 70, m = 192$



9. $n = 80, m = 228$



A. Hasil Pengujian Kompleksitas Waktu Algoritma Prim

Algoritma Prim menentukan suatu pohon merentang minimum di dalam graf yang terhubung dan berbobot dengan n titik/simpul (jumlah data masukan). Selanjutnya akan diuji kompleksitas waktu dari algoritma Prim dengan tujuan untuk mengetahui efisiensi dari algoritma tersebut. Efisiensi algoritma diukur dari berapa jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan algoritma tersebut. Algoritma yang efisien yaitu algoritma yang meminimumkan kebutuhan waktu.

Keakuratan waktu eksekusi algoritma dapat diperoleh dengan tidak menghitung kebutuhan waktu untuk menampilkan antarmuka program, operasi masukan/keluaran (baca, tulis), dan sebagainya. Jadi, benar-benar yang dihitung adalah kebutuhan waktu untuk bagian algoritma yang inti saja (Munir, 2009:498).

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari program-program yang dibangun/dihasilkan pada penelitian ini untuk mendapatkan pohon merentang minimum dengan menggunakan algoritma Prim seperti yang terlihat pada tabel 4 di atas dan berdasarkan langkah-langkah dalam algoritma Prim seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada tinjauan pustaka, maka kompleksitas dari algoritma Prim dapat dibuktikan sebagai berikut:

1. Langkah 1 (inisialisasi) dari algoritma Prim memerlukan waktu paling banyak n operasi. Sehingga kompleksitas dari langkah ini adalah $O(n)$.
2. Langkah 2, adalah langkah iterasi, memerlukan paling banyak $n-1$ kali pengujian (sebab satu titik/simpul sembarang telah dipilih pada langkah 2), sehingga kompleksitas langkah ini adalah $O(n)$.
3. Langkah 3 dijalankan tepat n kali. Setiap kali menjalankan langkah 3, menentukan garis/sisi dengan bobot

terkecil dari himpunan titik-titik/simpul-simpul yang belum terhubung (F) ke himpunan titik-titik/simpul-simpul yang sudah saling terhubung (T), dengan paling banyak n kali operasi. Sehingga langkah 3 ini memiliki kompleksitas O(n).

Setelah titik/simpul pada himpunan T terbaru ditandai, perlu untuk memperbaharui daftar titik/simpul pada himpunan F. Untuk tiap titik/simpul pada himpunan F, diadakan perbandingan antara bobot dari sisi terkecil dari titik/simpul pada himpunan F ke titik/simpul pada himpunan T, untuk menentukan sisi dengan bobot terkecil yang menghubungkan sembarang titik/simpul pada himpunan F ke sembarang titik/simpul pada himpunan T. Proses pembaharuan tersebut dalam O(n) operasi.

Karena tidak ada satupun bagian dari langkah 3 ini yang memerlukan lebih dari O(n) operasi, maka kompleksitas langkah 3 adalah O(n), perlu diingat bahwa $O(n) + O(n) = O(n)$.

Karena langkah 3 dilaksanakan n kali, maka operasi yang dilakukan adalah:

$$(n)(O(n)) = O(n^2) \dots\dots\dots(1)$$

Sehingga kompleksitas dari semua langkah iterasi (langkah 2 dan langkah 3) adalah

$$O(n) + O(n^2) = O(n^2 + n) = O(n^2) \dots\dots\dots(2)$$

Dari menghitung kompleksitas masing-masing langkah di atas, diperoleh kompleksitas algoritma Prim adalah: kompleksitas langkah 1 + kompleksitas langkah semua iterasi (langkah 2 dan langkah 3) adalah:

$$f(n) = O(n) + O(n^2) \\ = O(n^2 + n) = O(n^2) \dots\dots\dots(3)$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kompleksitas waktu algoritma Prim bersifat kuadratik.

B. Hasil Penerapan Kompleksitas Waktu Algoritma Prim Untuk Menghitung

Kemampuan Komputer Dalam Melaksanakan Perintah

Hasil penerapan kompleksitas waktu algoritma Prim untuk menghitung kemampuan komputer spesifikasi 1 dalam melaksanakan perintah dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Diketahui kompleksitas waktu algoritma Prim adalah $O(n^2)$.
2. Dari tabel hasil pengujian (tabel 2) diketahui bahwa waktu komputasi program yang dibangun dengan Delphi 7 untuk jumlah titik/simpul (n) = 40 adalah sebesar 0,282 detik. Maka dapat dihitung kemampuan komputer dengan program yang dibangun dengan Delphi 7 dalam menjalankan algoritma Prim untuk $n = 40$, mampu melaksanakan perintah (langkah) per detik yaitu sebanyak:
 $= n^2/\text{waktu komputasi}$
 $= 40^2/0,282 = 1600/0,282$
 $= 5673,76 \text{ langkah/detik.}$
3. Dari tabel hasil pengujian (tabel 2) diketahui bahwa waktu komputasi program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3 untuk jumlah titik/simpul (n) = 40 adalah sebesar 130 detik. Maka dapat dihitung kemampuan komputer dengan program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3 dalam menjalankan algoritma Prim untuk $n = 40$, mampu melaksanakan perintah (langkah) per detik yaitu sebanyak:
 $= n^2/\text{waktu komputasi}$
 $= 40^2/130 = 1600/130$
 $= 12,31 \text{ langkah/detik.}$
4. Dari tabel hasil pengujian (tabel 2) diketahui bahwa waktu komputasi program yang dibangun dengan Delphi 7 untuk jumlah titik/simpul (n) = 40 adalah sebesar 0,282 detik. Maka dapat dihitung kemampuan komputer menjalankan program untuk $n = 40$ dengan kecepatan sebesar:

$$= \text{waktu komputasi}/n^2$$

$$= 0,282/40^2 = 0,282/1600$$

$$= 1,7625 \times 10^{-4} \text{ detik.}$$

5. Dari tabel hasil pengujian (tabel 2) diketahui bahwa waktu komputasi program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3 untuk jumlah titik/simpul (n) = 40 adalah sebesar 130 detik. Maka dapat dihitung kemampuan komputer menjalankan program untuk $n = 40$ dengan kecepatan sebesar:

$$= \text{waktu komputasi}/n^2$$

$$= 130/40^2 = 130/1600$$

$$= 8,125 \times 10^{-2} \text{ detik .}$$

Hasil penerapan kompleksitas waktu algoritma Prim untuk menghitung kemampuan komputer spesifikasi 2 dalam melaksanakan perintah dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Diketahui kompleksitas waktu algoritma Prim adalah $O(n^2)$.
2. Dari tabel hasil pengujian (tabel 3) diketahui bahwa waktu komputasi program yang dibangun dengan Delphi 7 untuk jumlah titik/simpul (n) = 40 adalah sebesar 0,329 detik. Maka dapat dihitung kemampuan komputer dengan program yang dibangun dengan Delphi 7 dalam menjalankan algoritma Prim untuk $n = 40$, mampu melaksanakan perintah (langkah) per detik yaitu sebanyak:

$$= n^2/\text{waktu komputasi}$$

$$= 40^2/0,329 = 1600/0,329$$

$$= 4863,22 \text{ langkah/detik.}$$
3. Dari tabel hasil pengujian (tabel 3) diketahui bahwa waktu komputasi program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3 untuk jumlah titik/simpul (n) = 40 adalah sebesar 411 detik. Maka dapat dihitung kemampuan komputer dengan program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3 dalam menjalankan algoritma Prim untuk $n = 40$, mampu melaksanakan

perintah (langkah) per detik yaitu sebanyak:

$$= n^2/\text{waktu komputasi}$$

$$= 40^2/411 = 1600/411$$

$$= 3,89 \text{ langkah/detik.}$$

4. Dari tabel hasil pengujian (tabel 3) diketahui bahwa waktu komputasi program yang dibangun dengan Delphi 7 untuk jumlah titik/simpul (n) = 40 adalah sebesar 0,329 detik. Maka dapat dihitung kemampuan komputer menjalankan program untuk $n = 40$ dengan kecepatan sebesar:

$$= \text{waktu komputasi}/n^2$$

$$= 0,329/40^2 = 0,329/1600$$

$$= 2,05625 \times 10^{-4} \text{ detik.}$$
5. Dari tabel hasil pengujian (tabel 3) diketahui bahwa waktu komputasi program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3 untuk jumlah titik/simpul (n) = 40 adalah sebesar 411 detik. Maka dapat dihitung kemampuan komputer menjalankan program untuk $n = 40$ dengan kecepatan sebesar:

$$= \text{waktu komputasi}/n^2$$

$$= 411/40^2 = 411/1600$$

$$= 2,56875 \times 10^{-1} \text{ detik.}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan serangkaian pengujian dan perhitungan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Program-program yang dibangun/dihasilkan pada penelitian ini dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 7 dan program ArcView GIS 3.3, terbukti mampu mengaplikasikan algoritma Prim dan mendapatkan kompleksitas waktunya yang digunakan untuk menghitung kemampuan komputer dalam melaksanakan perintah. Program-program tersebut juga mampu secara tepat menampilkan pohon merentang minimum, yang merupakan hasil dari mengaplikasikannya algoritma Prim. Kemampuan komputer yang diteliti

dalam penelitian ini adalah ketepatan dan kecepatan dalam melaksanakan perintah.

2. Hasil pengujian membuktikan bahwa waktu komputasi program yang dibangun dengan Delphi 7 lebih cepat dibandingkan dengan waktu komputasi program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3. Hal ini mengindikasikan bahwa program yang dibangun dengan Delphi 7 lebih efisien daripada program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3 dalam mengaplikasikan algoritma Prim.
3. Dari hasil perhitungan, terbukti dengan jelas bahwa kemampuan komputer spesifikasi 1 lebih tinggi daripada kemampuan komputer spesifikasi 2 dalam mengaplikasikan algoritma Prim. Hal ini terbukti pada saat komputer spesifikasi 1 menjalankan program yang dibangun dengan Delphi 7 untuk jumlah titik/simpul $(n) = 40$, mampu melaksanakan perintah sebesar 5673,76 langkah/detik, sedangkan komputer spesifikasi 2 hanya mampu melaksanakan perintah sebesar 4863,22 langkah/detik. Pada saat menjalankan program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3 untuk jumlah titik/simpul $(n) = 40$, komputer spesifikasi 1 mampu melaksanakan perintah sebesar 12,31 langkah/detik, sedangkan komputer spesifikasi 2 hanya mampu melaksanakan perintah sebesar 3,89 langkah/detik.
4. Dari hasil perhitungan, terbukti juga dengan jelas bahwa kecepatan komputer spesifikasi 1 lebih tinggi daripada kecepatan komputer spesifikasi 2 dalam mengaplikasikan algoritma Prim. Hal ini terbukti pada saat komputer spesifikasi 1 menjalankan program yang dibangun dengan Delphi 7 untuk jumlah titik/simpul $(n) = 40$, mampu menjalankan program dengan kecepatan sebesar $1,7625 \times 10^{-4}$ detik, sedangkan komputer spesifikasi 2 hanya mampu menjalankan program dengan kecepatan sebesar $2,05625 \times 10^{-4}$ detik. Pada saat menjalankan program yang dibangun dengan ArcView GIS 3.3 untuk jumlah

titik/simpul $(n) = 40$, komputer spesifikasi 1 mampu menjalankan program dengan kecepatan sebesar $8,125 \times 10^{-2}$ detik, sedangkan komputer spesifikasi 2 hanya mampu menjalankan program dengan kecepatan sebesar $2,56875 \times 10^{-1}$ detik.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian kemampuan komputer dalam melaksanakan perintah dapat menggunakan algoritma-algoritma lainnya seperti algoritma Borůvka, algoritma Kruskal, algoritma Sollin, dan lain-lain.
2. Pengujian kemampuan komputer dalam melaksanakan perintah, juga dapat menggunakan komputer dengan spesifikasi lainnya untuk mendapatkan keakuratan dan keanekaragaman hasil pengujian mengenai kemampuan komputer.

DAFTAR PUSTAKA

- Indriati, D. 2000. Minimum Spanning Tree Pada Graf Monge, *Tesis Program Studi Matematika*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Malik, J. J. 2006. *Kumpulan Latihan Pemrograman Delphi*, Andi, Yogyakarta.
- Mehta, D. P., Sahni, S. 2005. *Handbook of Data Structures and Applications*, Chapman & Hall/CRC Computer and Information Science Series, United States of America.
- Munir, R. 2009. *Matematika Diskrit*, Edisi 3, Informatika, Bandung.
- Pop, P. C., Zelina, I. 2004. Heuristic Algorithms for the Generalized Minimum Spanning Tree Problem, http://emis.library.cornell.edu/journals/AUA/acta8/Pop_Zelina.pdf, Proceedings of the International Conference on Theory and

- Applications of Mathematics and Informatics (ICTAMI), Thessaloniki, Greece, diakses: 19 Maret 2010.
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis: Tutorial ArcView*, Informatika, Bandung.
- Purnama, H. 2012. Pengantar Teknologi Informasi, <http://www.scribd.com/doc/81919099/4/Kemampuan-Komputer>, diakses: 24 Agustus 2012.
- Purwanto, E. B. 2008. *Perancangan dan Analisis Algoritma*, Edisi 1, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sudarmawan, Ariyus, D. 2007. *Interaksi Manusia dan Komputer*, Andi, Yogyakarta
- Zakaria, T. M., Prijono, A. 2006. *Konsep Dan Implementasi Struktur Data*, Informatika, Bandung.