

Kode>Nama Rumpun Ilmu* : 120/Matematika
Bidang Fokus** : Manajemen Penanggulangan
Kebencanaan dan Lingkungan
Fakultas : MIPA

LAPORAN AKHIR
RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT



**ALGORITMA *FLOYD WARSHALL* UNTUK PENENTUAN JALUR TERPENDEK
EVAKUASI TSUNAMI DI KOTA MANADO**

TIM PENELITIAN :

Christie E. J. C. Montolalu, S.Si, M.Sc	NIP. 19851210 200812 2 001 (Ketua)
Dr. Eng. Luther A. Latumakulita, S.Si, M.Kom	NIP. 19710914 200812 1 001 (Anggota 1)
Dr. Deiby Tineke Salaki, S.Si, M.Si	NIP. 19721217 200112 2 001 (Anggota 2)

UNIVERSITAS SAM RATULANGI
OKTOBER 2019

Dibiayai oleh:
Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Sam Ratulangi
Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi
Nomor: SP DIPA - 042.01.2.400959/2019 tanggal 5 Desember 2018



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SAM RATULANGI

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat : Kampus UNSRAT Manado

Telp : (0431) 827560, Fax. (0431) 827560

Email : lppm@unsrat.ac.id Laman : http://lppm.unsrat.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

RTUU

Judul Kegiatan : **ALGORITMA FLOYD WARSHALL UNTUK PENENTUAN JALUR TERPENDEK EVAKUASI
TSUNAMI DI KOTA MANADO**

Ketua Peneliti

Nama Lengkap : CHRIESTIE E. J. C. MONTOLALU

Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

NIP/NIK : 198512102008122001

NIDN : 0010128501

Jab. Fungsional : Lektor

Unit Kerja : Matematika

Nomor HP :

Alamat Email : chriestelly@unsrat.ac.id

Usulan Biaya : 60.000.000

Biaya Maksimum : 51.000.000

Lama Penelitian : 6 bulan

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : LUTHER ALEXANDER LATUMAKULITA

NIP : 197109142008121001

NIDN : 0014097106

Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Anggota Peneliti (1)

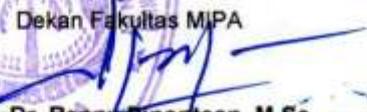
Nama Lengkap : DEIBY TINEKE SALAKI

NIP : 197212172001122001

NIDN : 0017127203

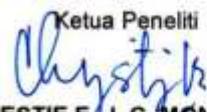
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Mengetahui
Dekan Fakultas MIPA

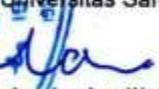

Prof. Dr. Benny Pinortoan, M.Sc.
NIP 196606041995121001

Manado, 15 Oktober 2019

Ketua Peneliti


CHRISTIE E. J. C. MONTOLALU
NIP 198512102008122001

Menyetujui
Ketua PPM Universitas Sam Ratulangi


Prof. Dr. ir. Charles Lodewijk Kaunang, MS
NIP 195910181986031002

RINGKASAN

Kota Manado yang terletak di Provinsi Sulawesi Utara merupakan salah satu daerah rawan bencana gempa bumi dan tsunami di Indonesia. Sehingga sangat penting untuk mengetahui jalur evakuasi tsunami di daerah yang berpotensi tsunami di Kota Manado. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jalur evakuasi terpendek yang optimal. Mengacu pada beberapa penelitian sebelumnya, jalur evakuasi akan dimodelkan dengan menggunakan Teori Graf, khususnya konektivitas antar objek pada graf berbobot. Persimpangan jalan akan direpresentasikan sebagai simpul (titik), dan jalur evakuasi tsunami akan direpresentasikan sebagai sisi (garis). Hasil yang akan dicapai berupa jalur terpendek (*shortest path*) akan ditentukan dengan menggunakan algoritma *Floyd Warshall* dan perhitungan hasil akan dianalisis dengan bahasa Pemrograman Pascal. Topik penelitian ini sejalan dengan Rencana Induk Penelitian (RIP) UNSRAT khususnya bidang unggulan Manajemen Penanggulangan Bencana dan Lingkungan yang menitikberatkan pada penguatan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Hasil dari penelitian ini akan menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya, khususnya mitigasi bencana alam lainnya (selain tsunami) dan bisa diterapkan pada RIP UNSRAT lainnya dalam hal revitalisasi wilayah dan masyarakat agar tangguh terhadap bencana geologis dan ekologis.

Kata kunci: Jalur Evakuasi Tsunami, Jalur Terpendek, Algoritma *Floyd Warshall*, mitigasi bencana.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa karena dengan perkenanan-Nya tim peneliti telah menyelesaikan beberapa tahap dalam Riset Terapan Unggulan UNSRAT (RTUU) yang ditandai dengan selesainya penyusunan Laporan Akhir Penelitian yang berjudul: “ALGORITMA FLOYD WARSHALL UNTUK PENENTUAN JALUR TERPENDEK EVAKUASI TSUNAMI DI KOTA MANADO”.

Selama pelaksanaan penelitian ini, ada banyak bimbingan, arahan, dan dukungan yang diperoleh. Oleh karena itu, ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Ellen Joan Kumaat, M.Sc, DEA selaku rektor Universitas Sam Ratulangi Manado
2. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSRAT Manado
3. Prof. Dr. Benny Pinontoan, M.Sc selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNSRAT Manado
4. Pimpinan jurusan dan staf dosen Matematika FMIPA UNSRAT.

Adapun dalam penelitian ini pasti akan ditemui kekurangan-kekurangan, untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan. Semoga laporan ini dapat dipergunakan dan memberikan manfaat bagi pembaca.

Manado, Oktober 2019

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Khusus	3
1.3. Urgensi (Keutamaan) Penelitian	3
1.4. Target Luaran	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Bencana	4
2.2. Tsunami	4
2.2.1. Pengertian Tsunami	4
2.2.2. Tsunami di Indonesia	5
2.3. Teori Graf	5
2.3.1. Sejarah Teori Graf	5
2.3.2. Definisi Graf	6
2.3.3. Jenis-Jenis Graf	6
2.3.4. Terminologi (Istilah) Dasar	8
2.4. Algoritma <i>Floyd Warshall</i>	10
2.5. Penelitian Sebelumnya	11
2.6. Peta Jalan Penelitian	11
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	13
BAB 4. METODE PENELITIAN	14
4.1. Metode dan Rencana Pelaksanaan Penelitian	14
4.2. Bahan dan Sumber Data	15
4.3. Tahapan Penelitian	15
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	16
5.1. Program Komputer Floyd Warshall	16
5.2. Perhitungan dan Analisis Hasil	18
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	20
6.1. Kesimpulan	20
6.2. Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN	23

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Rencana Target Capaian.....	3
Tabel 2.	Jenis – Jenis Graf.....	8

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Peta Daerah Rawan Tsunami di Indonesia	3
Gambar 2.	Jembatan – Jembatan di Konisberg	6
Gambar 3.	Tiga Buah Graf	7
Gambar 4.	Graf Berarah	8
Gambar 5.	Jenis Graf G	10
Gambar 6.	Graf Kosong	11
Gambar 7.	Peta Jalan (Road Map) Penelitian	12
Gambar 8.	Bagan Alir Penelitian	14
Gambar 9.	Tahapan Penelitian.....	15
Gambar 10.	Coding <i>Floyd Warshall</i>	16
Gambar 11.	Peta salah satu kelurahan yang menjadi objek penelitian	18
Gambar 12.	Jalur Evakuasi	19
Gambar 13.	Hasil berupa jalur evakuasi terpendek dari setiap titik awal ke setiap titik tujuan	19

DAFTAR LAMPIRAN

Surat Tugas	23
Sertifikat Pemakalah Konferensi	24

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng tektonik utama dunia yang bergerak relatif saling mendesak satu dengan lainnya. Pergerakan relatif lempeng tektonik tersebut mengakibatkan terjadinya penumpukan tekanan mekanis di daerah-daerah pertemuannya. Saat elastisitas batuan tidak lagi mampu menahan tekanan ini, batuan akan pecah dan melenting menuju kondisi seimbang mendekati kondisi awal sebelum terkena tekanan. Pelentingan ini menimbulkan gempa bumi tektonik. Gempa bumi dengan magnitudo besar (7 SR atau lebih) dengan kedalaman yang dangkal di bawah laut, bisa menimbulkan tsunami karena adanya perubahan ketinggian kolom air dalam waktu singkat (BMKG, 2012).

Sulawesi Utara merupakan salah satu daerah rawan bencana gempa bumi dan tsunami di Indonesia. Penyebabnya, karena posisi Sulawesi Utara yang terletak dekat dengan sumber gempa bumi dan pembangkit tsunami, baik di darat maupun di laut yang terbentuk akibat proses tektonik. Sumber-sumber gempa di darat berasal dari beberapa sesar aktif yang terletak di daratan Sulawesi Utara. Adapun sumber gempa di laut berasal dari penunjaman sublempeng Sulawesi Utara yang terletak di sebelah utara Pulau Sulawesi, lempeng Punggungan Mayu, dan lempeng Sangihe yang terletak di sebelah timur Sulawesi Utara. Sumber gempa di laut ini juga merupakan sumber pembangkit tsunami (Supartoyo, 2016).

Berada di tiga lempeng yakni Pasifik, Eurasia dan Hindia membuat Provinsi Sulawesi Utara (Sulut) rawan bencana gempa bumi dan tsunami. Tsunami pada tahun 1837 di Manado berupa gelombang air laut besar didahului gempa bumi berkekuatan 8 Skala Richter di Teluk Manado pada kedalaman 11 km, berjarak 150 km dari arah Pantai Manado. Saat itu, gelombang tsunami setinggi hampir 20 meter memporak porandakan pesisir pantai Manado (<http://www.tribunnews.com/regional/2018/10/02/mitigasi-bencana-belum-memadai-padahal-kota-manado-pernah-diterjang-tsunami-setinggi-20-meter>).

Mayoritas daratan Kota Manado berupa barisan pegunungan dan perbukitan. Sedangkan dataran rendahnya berada di sekitar tepi pantai. Sebagian wilayah Kota Manado juga dibatasi oleh pantai dengan garis pantai membentang sepanjang ± 18 Km. Sedangkan di sebelah Barat Laut, wilayah Manado juga meliputi perairan dimana di wilayah perairan tersebut terdapat 3

pulau besar, yaitu Manado Tua, Bunaken, dan Siladen (<http://www.gocelebes.com>). Karena Kota Manado merupakan salah satu daerah yang rawan mengalami bencana gempa bumi dan tsunami, maka sangat penting untuk mengetahui jalur evakuasi tsunami di daerah yang berpotensi terjadi tsunami di kota Manado.

Mengacu pada beberapa penelitian sebelumnya (Fatimah dan Rajati, 2012; Sani *et al.*, 2013), jalur evakuasi tsunami dapat dimodelkan dengan menggunakan Teori Graf. Penggunaan Teori graf terlebih khusus dalam menentukan konektivitas antar objek pada graf berbobot dan berarah. Objek bisa direpresentasikan oleh titik atau simpul, sedangkan konektivitasnya direpresentasikan oleh garis atau sisi. Selanjutnya, kita dapat menyelesaikan permasalahan yang telah dimodelkan dan mendapatkan hasil akhir yang optimal. Dalam penelitian ini lokasi-lokasi pada zona merah akan direpresentasikan sebagai titik-titik asal (*initial vertices*), lokasi-lokasi pada zona hijau akan direpresentasikan sebagai titik-titik terminal (*terminal vertices*), dan jalur evakuasi tsunami akan direpresentasikan sebagai garis atau sisi yang memiliki arah. Selanjutnya, analisis data yang digunakan akan dilakukan menggunakan algoritma *Floyd Warshall*. Algoritma *Floyd Warshall* adalah algoritma yang membandingkan semua jalur yang mungkin melalui grafik antara masing-masing simpul (Putra *et al.*, 2017). Penggunaan algoritma Floyd Warshall untuk penentuan jalur terpendek evakuasi tsunami akan memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan algoritma penentuan jalur terpendek yang lain (Chungdinata, 2019).

Bidang unggulan penelitian Universitas Sam Ratulangi (2015 – 2020) yang menjadi salah satu komponen pada Peta Jalan Penelitian UNSRAT adalah “Manajemen Penanggulangan Kebencanaan dan Lingkungan”. Hasil dari penelitian sangat relevan dengan bidang unggulan tersebut, dikarenakan hasil yang didapatkan bisa memberikan bentuk kebijakan mitigasi bencana, khususnya Tsunami. Dengan demikian, penelitian ini akan berkontribusi pada Rencana Induk Penelitian UNSRAT pada tahun 2016 – 2020, dimana salah satu rencana yang akan dicapai pada bidang penanggulangan kebencanaan dan lingkungan adalah penguatan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim global. Selain itu, hasil dari penelitian ini akan bisa digunakan untuk rencana jangka panjang, khususnya yang menjadi salah satu RIP UNSRAT tahun 2016 – 2020, yaitu revitalisasi wilayah dan masyarakat agar tangguh terhadap bencana geologis dan ekologis.

1.2. Tujuan Khusus

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan model optimal (lintasan terpendek) untuk jalur evakuasi tsunami berdasarkan zona merah dan hijau tsunami di Kota Manado dengan menggunakan Algoritma *Floyd Warshall*.

1.3. Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Posisi Kota Manado yang berhadapan langsung dengan lautan dan berdekatan dengan sumber gempa bumi dan pembangkit tsunami menjadi keutamaan dalam penelitian ini. Hal ini karena, secara ilmiah dikhawatirkan bencana gempa bumi dan tsunami bisa terjadi kapan saja di kota Manado. Sehingga, sebagai langkah antisipasi dan penguatan mitigasi bencana tsunami tersebut maka penelitian ini sangat relevan dan penting untuk dilakukan.

1.4. Target Luaran

Hasil dari penelitian diharapkan akan memberi kontribusi pada perkembangan beberapa rumpun ilmu, yaitu Matematika, Komputasi, dan Manajemen Penanggulangan Bencana. Model analisis Matematika dan aplikasi komputer yang akan dikembangkan bisa menambah referensi hasil penerapan ilmu-ilmu Matematika dan komputasi selanjutnya. Hal ini dikarenakan model yang akan dikembangkan tidak akan berhenti sampai pada hasil dari penelitian pada tulisan ini, namun model ini masih bisa dikembangkan untuk studi yang lebih kompleks. Selanjutnya, untuk bidang Manajemen Penanggulangan Bencana, hasil dari penelitian ini akan menambah referensi dalam upaya penguatan mitigasi bencana, khususnya evakuasi bencana tsunami.

Hasil dari penelitian ini direncanakan akan mencapai beberapa target seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Rencana Target Capaian

No	Jenis Luaran		Indikator Capaian	Bulan ke-						
				1	2	3	4	5	6	
1	HKI (TKT 4 – 6) berupa software Program Pascal dari Model yang dihasilkan		Ada							√
2	Publikasi ilmiah di jurnal internasional		-							
3	Pemakalah dalam temu ilmiah	Internasional	<i>Submitted</i>							√
		Nasional	-							
4	Bahan ajar		-							

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bencana

UU No. 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana menyatakan bahwa, “bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Sedangkan bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor”.

2.2 Tsunami

2.2.1 Pengertian Tsunami

Tsunami berasal dari bahasa Jepang yang berarti gelombang ombak lautan ("tsu" berarti lautan, "nami" berarti gelombang ombak). Tsunami adalah serangkaian gelombang ombak laut raksasa yang timbul karena adanya pergeseran di dasar laut akibat gempa bumi (<https://bnpb.go.id/definisi-bencana>).

Tsunami adalah gelombang air laut yang merambat ke segala arah dan terjadi karena adanya gangguan impulsif pada dasar laut. Gangguan impulsif terjadi karena perubahan bentuk struktur geologis dasar laut secara vertikal utamanya dan dalam waktu singkat. Perubahan tersebut disebabkan oleh tiga sumber utama, yaitu gempabumi tektonik, letusan gunung api, atau longsor yang terjadi di dasar laut. Berdasarkan ketiga sumber tersebut, penyebab utama tsunami di Indonesia adalah gempabumi tektonik (BMKG, 2012).

Menurut BMKG (2012), tidak semua gempa bumi tektonik mengakibatkan tsunami, tetapi sebagian besar tsunami disebabkan oleh gempa bumi. Gempa bumi yang dapat memicu tsunami memiliki kriteria sebagai berikut:

1. Gempa bumi tektonik terjadi di bawah laut
2. Kedalaman (hiposenter) gempabumi kurang dari 100 km
3. Kekuatan 7 Skala Richter (SR) atau lebih
4. Pergerakan lempeng tektonik terjadi secara vertikal, mengakibatkan dasar laut naik/turun, dan mengangkat/menurunkan kolom air di atasnya

2.2.2 Tsunami di Indonesia

Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap tsunami, terutama daerah-daerah pantai yang berhadapan langsung dengan pertemuan Lempeng Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik, antara lain bagian barat Pulau Sumatera, selatan Pulau Jawa, Nusa Tenggara, bagian utara Papua, Sulawesi dan Maluku, serta bagian timur Pulau Kalimantan (BMKG, 2012).



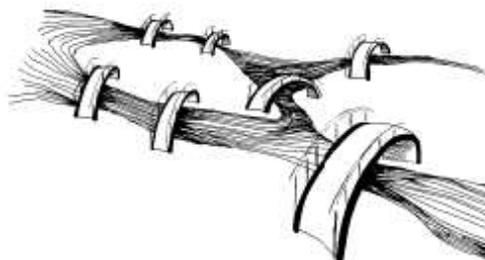
Gambar 1. Peta daerah rawan tsunami di Indonesia

Sutopo menerangkan, untuk potensi bencana tsunami, Indonesia menempati peringkat pertama dari 265 negara di dunia yang disurvei badan PBB itu. Resiko ancaman tsunami di Indonesia bahkan lebih tinggi dibandingkan Jepang. Dalam itung-itungan UNISDR, kata Sutopo, ada 5.402.239 orang yang berpotensi terkena dampaknya (<https://bnpb.go.id/potensi-bencana>).

2.3 Teori Graf

2.3.1 Sejarah Teori Graf

Sungai Pregolya melawati sebuah Kota yang dikenal sebagai Königsberg. Pada tahun 1700-an, tujuh jembatan yang terletak menyebrangi sungai ini seperti yang terlihat pada Gambar 2. Penduduk kota melewati jembatan-jembatan ini, tetapi, sesulit apapun mereka mencoba, tidak ada penduduk yang dapat melewati masing-masing jembatan ini tepat satu kali. Seorang Matematikawan Swiss bernama Leonhard Euler mempelajari fenomena ini, dan pada tahun 1736 ia menulis sebuah artikel yang berjudul “*Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*” tentang fenomena ini. Karyanya atas “Masalah Jembatan Königsberg” dianggap banyak orang sebagai awal dari Teori Graf (Harris *et al.*, 2008).



Gambar 2. Jembatan-jembatan di Königsberg

Graf digunakan untuk merepresentasikan objek-objek diskrit dan hubungan antara objek-objek tersebut. Representasi visual dari graf adalah dengan menyatakan objek dinyatakan dengan noktah, bulatan, atau titik, sedangkan hubungan antara objek dinyatakan dengan garis (Munir, 2010).

2.3.2 Definisi Graf

Sebuah graf $G = (V, E)$ terdiri atas V , sebuah himpunan titik-titik (*vertices*) yang tidak kosong dan E , sebuah himpunan garis-garis (*edges*). Setiap garis memiliki antara satu atau dua titik-titik yang terhubung dengannya, yang disebut titik-titik ujungnya (*endpoints*) (Rosen, 2012).

2.3.3 Jenis-Jenis Graf

Graf dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori (jenis) bergantung pada sudut pandang pengelompokannya. Pengelompokan graf dapat dipandang berdasarkan ada tidaknya sisi ganda atau sisi kalang atau berdasarkan orientasi arah pada sisi (Munir, 2010).

Menurut Munir (2010), berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, maka secara umum graf dapat digolongkan menjadi dua jenis:

1. Graf sederhana (*simple graph*)

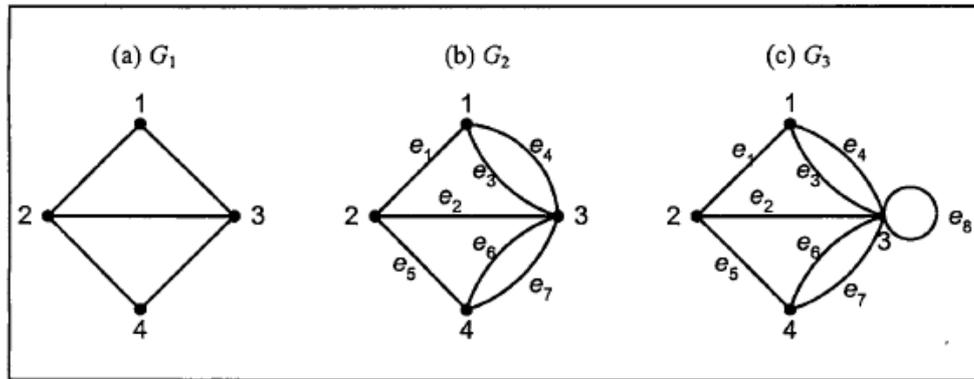
Graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi-ganda dinamakan graf sederhana. G_1 pada Gambar 3(a) adalah contoh graf sederhana. Pada graf sederhana, sisi adalah pasangan tak-terurut (*unordered pairs*). Jadi, menuliskan sisi (u, v) sama saja dengan (v, u) . Kita dapat juga mendefinisikan graf sederhana $G = (V, E)$ terdiri dari himpunan tidak kosong simpul-simpul dan E adalah himpunan pasangan tak-terurut yang berbeda yang disebut sisi.

2. Graf tak-sederhana (*unsimple-graph*)

Graf yang mengandung sisi ganda atau gelang dinamakan graf tak-sederhana. Ada dua macam graf tak-sederhana, yaitu graf ganda (*multigraph*) dan graf semu (*pseudograph*).

Graf ganda adalah graf yang mengandung sisi ganda (*multiple edges* atau *parallel edges*). Sisi ganda yang menghubungkan sepasang simpul bisa lebih dari dua buah. G_2 pada Gambar 3(b) adalah contoh graf ganda karena memiliki sisi e_3 dan e_4 yang merupakan sisi-ganda. Sisi ganda dapat diasosiasikan sebagai pasangan tak-terurut yang sama. Kita dapat juga mendefinisikan graf ganda $G = (V, E)$ terdiri dari himpunan tidak kosong simpul-simpul dan E adalah himpunan-ganda (*multiset*) yang mengandung sisi ganda.

Graf semu adalah graf yang mengandung gelang atau kalang (*loop*). G_3 pada Gambar 3(c) adalah contoh graf semu karena memiliki sisi e_8 yang merupakan gelang. Graf semu lebih umum daripada graf ganda, karena sisi pada graf semu terhubung ke dirinya sendiri.



Gambar 3. Tiga buah graf (a) graf sederhana, (b) graf ganda, dan (c) graf semu

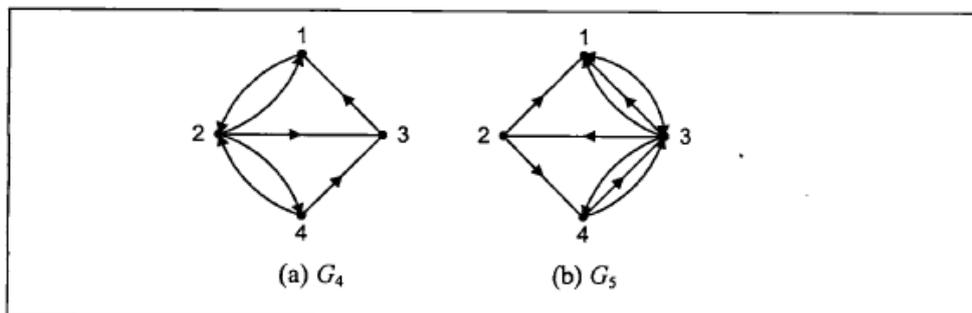
Menurut Munir (2010), sisi pada graf dapat mempunyai orientasi arah. Berdasarkan orientasi arah pada sisi, maka secara umum graf dibedakan atas 2 jenis:

1. Graf tak-berarah (*undirected graph*)

Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak-berarah. Pada graf tak-berubah, urutan pasangan simpul yang dihubungkan oleh sisi tidak diperhatikan. Jadi, $(u, v) = (v, u)$ adalah sisi yang sama. Tiga buah graf pada Gambar 3 adalah graf tak-berarah.

2. Graf berarah (*directed graph* atau *digraph*)

Graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah disebut sebagai graf berarah. Sisi berarah dapat disebut sebagai busur (*arc*). Pada graf berarah, (u, v) dan (v, u) menyatakan dua buah busur yang berbeda, dengan kata lain $(u, v) \neq (v, u)$. Untuk busur (u, v) , simpul u dinamakan simpul asal (*initial vertex*) dan simpul v dinamakan simpul terminal (*terminal vertex*). G_4 pada Gambar 4(a) adalah contoh graf berarah.



Gambar 4. (a) graf berarah, (b) graf ganda-berarah

Definisi graf dapat diperluas sehingga mencakup graf-ganda berarah (*directed multigraph*). Pada graf-graf berarah, gelang dan sisi ganda diperbolehkan ada. G_5 pada Gambar 4(b) adalah contoh graf-ganda berarah. Tabel 1 meringkas perluasan definisi graf (Munir, 2010).

Tabel 2. Jenis-Jenis Graf

Jenis	Sisi	Sisi ganda dibolehkan?	Sisi gelang dibolehkan?
Graf sederhana	Tak-berarah	Tidak	Tidak
Graf ganda	Tak-berarah	Ya	Tidak
Graf semu	Tak-berarah	Ya	Ya
Graf berarah	Berarah	Tidak	Ya
Graf-ganda berarah	Berarah	Ya	Ya

2.3.4 Terminologi (Istilah) Dasar

1. Bertetangga (*Adjacent*)

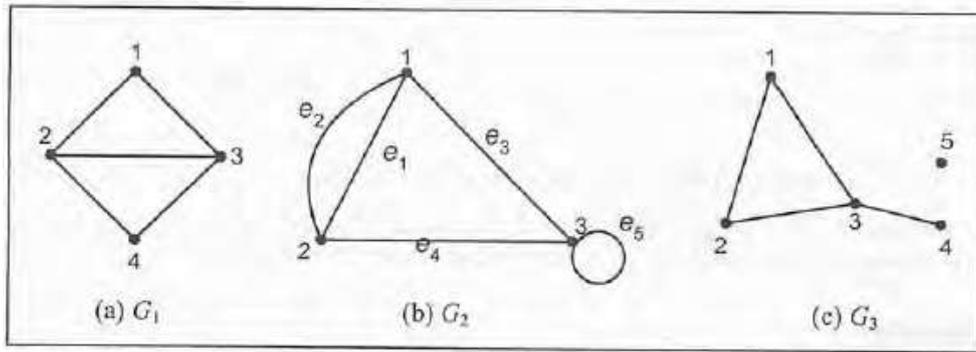
Dua buah simpul pada graf tak-berarah G dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung dengan sebuah sisi. Dengan kata lain, u bertetangga dengan v jika (u, v) adalah sebuah sisi pada graf G . Pada Gambar 5(a), simpul 1 bertetangga dengan simpul 2 dan 3, tetapi simpul 1 tidak bertetangga dengan simpul 4 (Munir, 2010).

2. Bersisian (*Incident*)

Untuk sembarang sisi $e = (u, v)$, sisi e dikatakan bersisian dengan simpul u dan simpul v . Pada Gambar 5(b), sisi $(2, 3)$ bersisian dengan simpul 2 dan simpul 3, sisi $(2, 4)$ bersisian dengan simpul 2 dan simpul 4, tetapi sisi $(1, 2)$ tidak bersisian dengan simpul 3 (Munir, 2010).

3. Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)

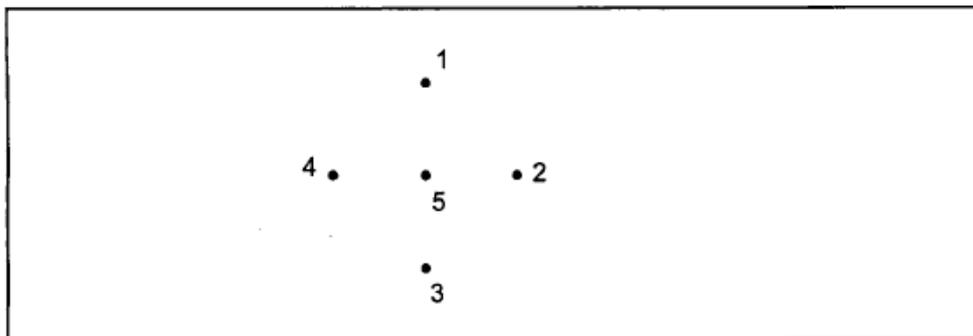
Simpul terpencil ialah simpul yang tidak mempunyai sisi yang bersisian dengannya. Atau dapat juga dinyatakan bahwa simpul terpencil adalah simpul yang tidak satupun bertetangga dengan simpul-simpul lainnya. Pada Gambar 5(c), simpul 5 adalah simpul terpencil (Munir, 2010).



Gambar 5. (a) G_1 , (b) G_2 , dan (c) G_3

4. Graf Kosong (*Null Graph* atau *Empty Graph*)

Graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong disebut sebagai graf kosong dan ditulis sebagai N_n yang dalam hal ini n adalah jumlah simpul (Munir, 2010).



Gambar 6. Graf kosong N_5

5. Derajat (*Degree*)

Menurut Munir (2010), derajat suatu simpul pada graf tak-berarah adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Notasi $d(v)$ menyatakan derajat simpul v . Pada graf berarah, derajat simpul v dinyatakan dengan $d_{in}(v)$ dan $d_{out}(v)$, yang dalam hal ini
 $d_{in}(v)$ = derajat-masuk (*in-degree*) = jumlah busur yang masuk ke simpul v
 $d_{out}(v)$ = derajat-keluar (*out-degree*) = jumlah busur yang keluar dari simpul v
 dan

$$d(v) = d_{in}(v) + d_{out}(v)$$

6. Konektivitas (*Connectivity*)

Suatu *walk* di graf G adalah urutan bolak-balik $W : v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ dari titik-titik dan garis-garis seperti $e_i = v_{i-1}v_i$ untuk $i = 1, 2, \dots, n$. *Walk* yang berawal dari v_0 dan berakhir di v_n disebut suatu *walk* $v_0 - v_n$ dan jumlah garis-garis (tidak harus berbeda) dalam

suatu *walk* disebut panjang dari *walk*. *Walk* $v_0 - v_n$ dikatakan tertutup jika $v_0 = v_n$ dan dikatakan terbuka jika $v_0 \neq v_n$. *Walks* tertutup disebut juga sebagai *circuits*. *Walk* W dapat disimbolkan hanya dengan menulis $W : v_0, v_1, v_2, \dots, v_n$. Suatu *trail* adalah sebuah *walk* dimana tidak ada garis yang berulang. Suatu *path* adalah sebuah *walk* terbuka dimana tidak ada titik yang berulang. Suatu *cycle* adalah *walk* tertutup dimana tidak ada titik kecuali titik awal yang berulang (Wallis, 2007).

7. Terbuhung (*Connected*)

Graf tak-berarah G disebut graf terhubung (*connected graph*) jika untuk setiap pasang simpul u dan v di dalam himpunan V terdapat lintasan dari u ke v . Jika tidak, maka G disebut graf tak-terhubung (*disconnected graph*). Graf yang hanya terdiri atas satu simpul saja (tidak ada sisi) tetap dikatakan terhubung (Munir, 2010).

Graf berarah G dikatakan terhubung jika graf tak-berarahnya terhubung (graf tak-berarah dari G diperoleh dengan menghilangkan arahnya) (Munir, 2010).

8. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah harga (bobot). Bobot pada tiap sisi dapat berbeda-beda bergantung pada masalah yang dimodelkan dengan graf. Bobot dapat menyatakan jarak antara dua buah kota, biaya perjalanan antara dua buah kota, waktu tempuh pesan dari sebuah simpul komunikasi ke simpul komunikasi lain (dalam jaringan komputer), ongkos produksi, dan sebagainya (Munir, 2010).

Bobot graf G dilambangkan $w(G)$ adalah jumlah bobot semua sisi G . Dengan adanya bobot pada setiap sisi, maka timbul persoalan menentukan lintasan terpendek (*shortest path*) antara dua titik dalam sebuah graf berbobot (Fatimah dan Rajati, 2012).

2.4 Algoritma *Floyd Warshall*

Algoritma *Floyd Warshall* adalah algoritma penghitungan jalur terpendek yang dapat mencari semua jarak dari tiap simpul (*all pairs shortest path*) yang artinya dapat digunakan untuk menghitung bobot terkecil dari semua jalur yang menghubungkan sebuah pasangan titik, dan melakukannya sekaligus untuk semua pasangan titik (Purwananto et. al., 2005).

Menurut Purwanto *et al.* (2005), Algoritma *Floyd Warshall* menggunakan matriks dua dimensi sebagai representasi dari sebuah jaringan. Jika suatu jaringan terdiri dari n buah sisi berarah (*arc*) maka matriks yang akan dibentuk oleh algoritma *floyd* untuk proses penghitungan adalah sebesar $n \times n$. Matriks ini merepresentasikan bobot w dari keseluruhan *arc* yang ada pada graf (V, E) dengan $w(i, j)$ dimana i adalah titik (*node*) awal dan j adalah titik (*node*) tujuan.

Bobot dari titik i ke titik j atau $w(i, j)$ mempunyai tiga kemungkinan nilai, yaitu:

- a. $w(i, j) = 0$ jika $i = j$ (dari titik i ke i itu sendiri)
- b. $w(i, j) = \text{bobot } arc$ jika $i \neq j$ dan titik i terhubung dengan titik j
- c. $w(i, j) = \infty$ jika $i \neq j$ dan titik i tidak terhubung dengan titik j

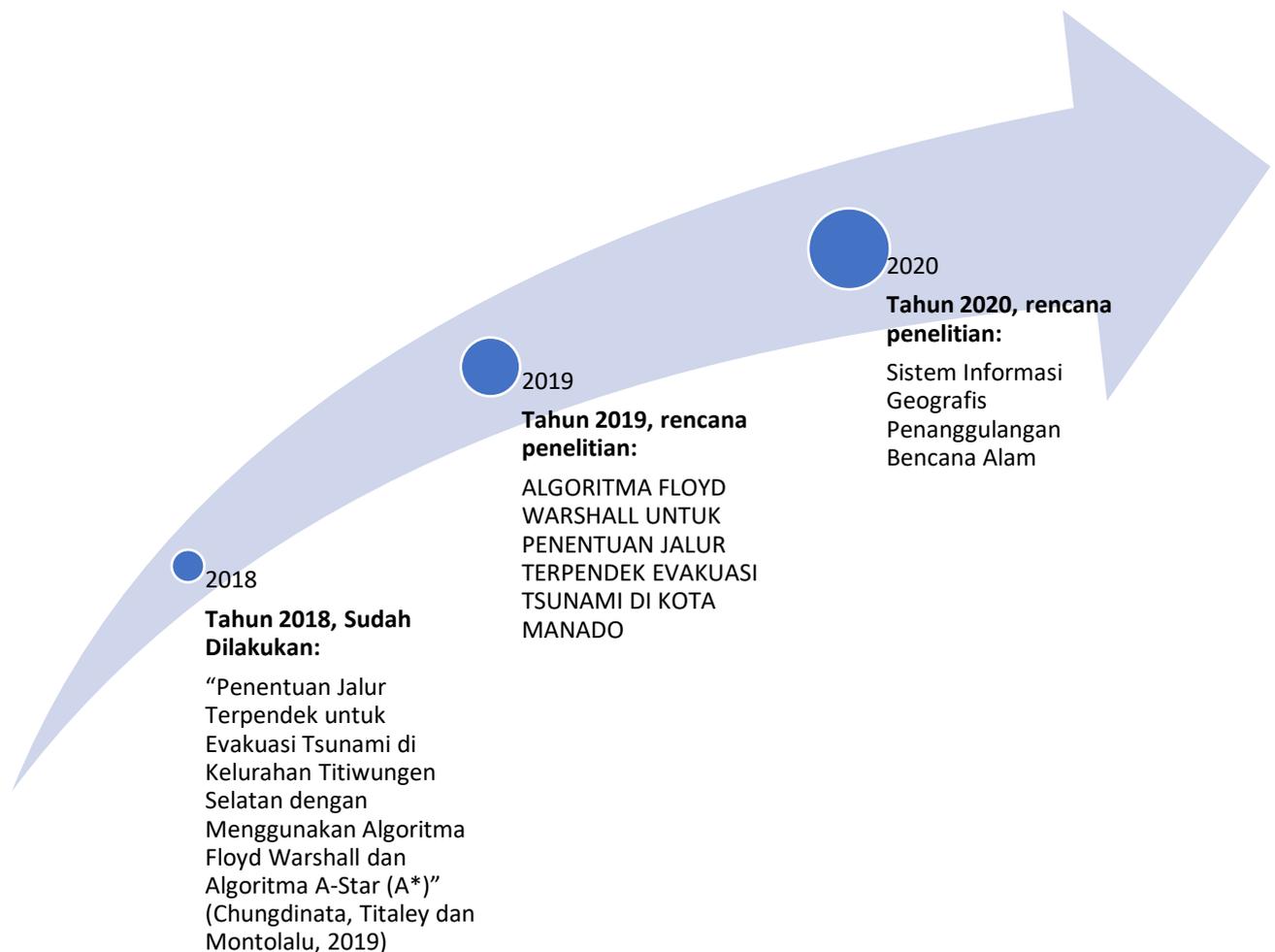
2.5 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk menentukan jalur terpendek untuk jalur evakuasi Tsunami. Di antaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Fatimah dan Rajati (Fatimah dan Rajati, 2012; Sani *et al.*, 2013), jalur evakuasi Tsunami dapat dimodelkan dengan menggunakan Teori Graf. Dalam penelitian ini lokasi-lokasi pada zona merah akan direpresentasikan sebagai titik-titik asal (*initial vertices*), lokasi-lokasi pada zona hijau akan direpresentasikan sebagai titik-titik terminal (*terminal vertices*), dan jalur evakuasi tsunami akan direpresentasikan sebagai garis atau sisi yang memiliki arah. Pada tahun 2018, ketua tim pengusul telah melakukan penelitian bersama dengan mahasiswa tingkat akhir dalam penyelesaian tugas akhir (skripsi). Dalam penelitian tersebut, bisa dibuktikan bahwa penggunaan Algoritma Floyd Warshall dapat memberikan hasil yang lebih optimal untuk penentuan jalur evakuasi bencana (Chungdinata, 2019).

2.6 Peta Jalan Penelitian

Seperti yang telah diulas pada BAB 2, penelitian ini dianggap sangat relevan dengan Rencana Induk Penelitian (RIP) UNSRAT khususnya pada bidang unggulan “Manajemen Penanggulangan Bencana dan Lingkungan” terutama dalam penguatan mitigasi bencana dan lingkungan. Sebelumnya di tahun 2018, ketua tim peneliti telah mendapatkan hasil penelitian berupa metode (algoritma) yang tepat untuk jalur terpendek evakuasi tsunami. Di tahun 2019, diharapkan metode (algoritma) tersebut akan bisa memberikan hasil jalur terpendek untuk

evakuasi tsunami di semua bagian Kota Manado (lingkup yang lebih luas). Kemudian, di tahun 2020 direncanakan hasil dari penelitian tahun 2018 dan 2019 akan bisa diaplikasikan lebih luas lagi dalam bentuk Sistem Informasi Geografis untuk revitalisasi wilayah dan masyarakat agar tangguh terhadap bencana geologis dan ekologis. Semua rencana pencapaian ini sejalan dengan rencana induk penelitian yang akan dicapai pada bidang unggulan “Manajemen Penanggulangan Bencana dan Lingkungan” (2016 – 2020). Rencana penelitian ini dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Peta Jalan (Road Map) Penelitian

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

Menghasilkan model optimal (lintasan terpendek) untuk jalur evakuasi tsunami di Kota Manado.

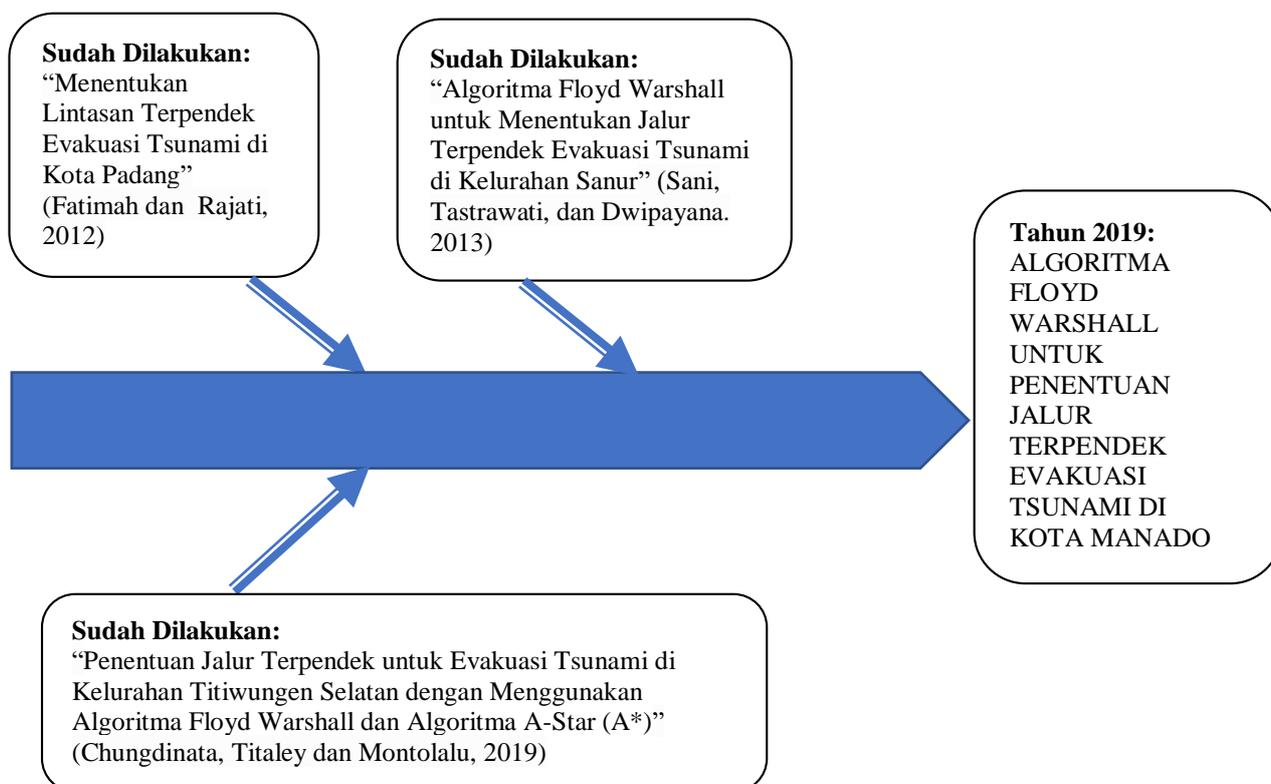
Manfaat dari karya ini adalah untuk membantu kebijakan Pemerintah dalam membuat jalur terpendek evakuasi bencana tsunami di Kota Manado.

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1. Metode dan Rencana Pelaksanaan Penelitian

Jalur evakuasi tsunami akan dimodelkan dengan menggunakan Teori Graf. Objek akan direpresentasikan oleh titik atau simpul, sedangkan konektivitasnya direpresentasikan oleh garis atau sisi. Dalam penelitian ini lokasi-lokasi pada zona merah akan direpresentasikan sebagai titik-titik asal (*initial vertices*), lokasi-lokasi pada zona hijau akan direpresentasikan sebagai titik-titik terminal (*terminal vertices*), dan jalur evakuasi tsunami akan direpresentasikan sebagai garis atau sisi yang memiliki arah.

Selanjutnya, algoritma yang akan digunakan (algoritma Floyd Warshall) akan diinput pada bahasa pemrograman Pascal untuk memudahkan analisis data. Pada akhirnya nanti program yang berhasil diselesaikan akan didaftarkan untuk memperoleh sertifikat HKI sehingga bisa digunakan untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan penelitian ini.



Gambar 8. Bagan Alir Penelitian

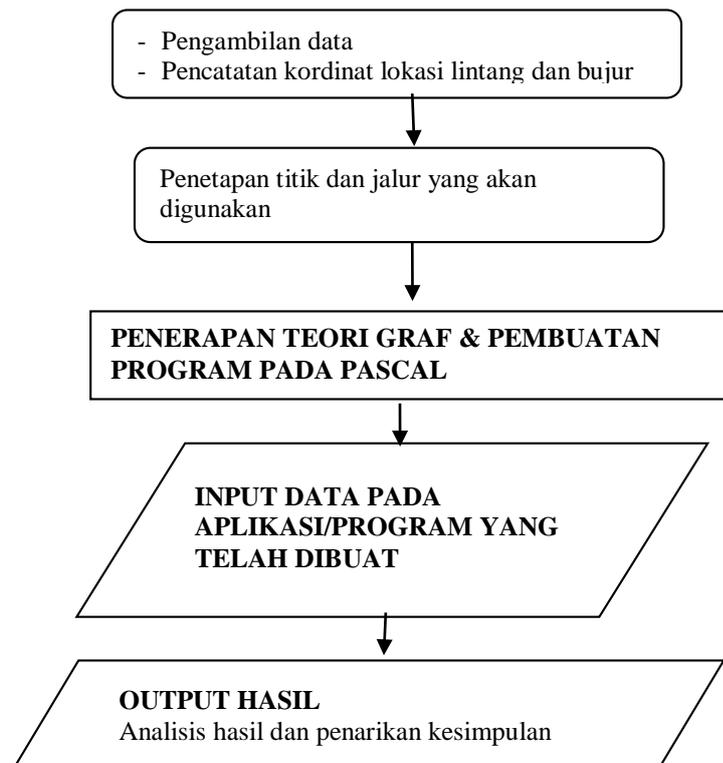
4.2. Bahan dan Sumber Data

Sumber pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Adapun data sekunder yang diperoleh berupa informasi yang diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Metode yang digunakan dalam karya tulis ini adalah analisa studi literatur. Sumber yang digunakan berasal dari buku, jurnal ilmiah, dan artikel di internet.

Data yang digunakan adalah data lokasi zona merah dan zona hijau tsunami yang diperoleh dari beberapa sumber, di antaranya: Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), peta bencana tsunami dari BNPB pusat, dinas-dinas serta kementerian terkait, dan pengamatan ilmiah secara langsung. Bahan peralatan yang digunakan adalah komputer notebook dengan spesifikasi prosesor minimal Core i3, sistem operasi Windows 10, dan software bahasa pemrograman Pascal.

4.3. Tahapan Penelitian

Bagan tahapan Penelitian dapat dilihat pada gambar 9.

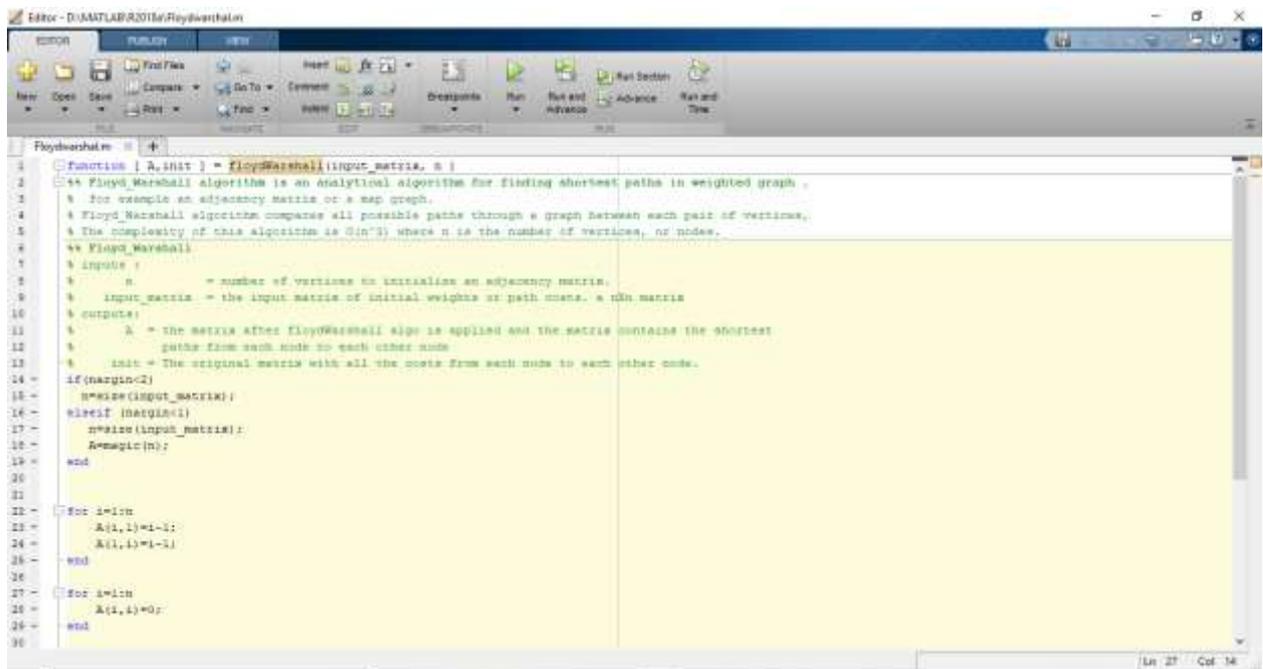


Gambar 9. Tahapan Penelitian

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Program Komputer Floyd Warshall (Luaran)

Algoritma Floyd Warshall dikerjakan dalam bahasa pemrograman untuk menyederhanakan proses perhitungan. Bagian dari program yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 10.



```
1 function [ A,init ] = floydWarshall(input_matrix, n )
2 %% Floyd Warshall algorithm is an analytical algorithm for finding shortest paths in weighted graph .
3 % for example an adjacency matrix or a map graph.
4 % Floyd Warshall algorithm compares all possible paths through a graph between each pair of vertices.
5 % The complexity of this algorithm is O(n^3) where n is the number of vertices, or nodes.
6 %% Floyd_Warshall
7 % inputs :
8 % n = number of vertices to initialize an adjacency matrix.
9 % input_matrix = the input matrix of initial weights or path costs. a nXn matrix
10 % outputs:
11 % A = the matrix after FloydWarshall algo is applied and the matrix contains the shortest
12 % paths from each node to each other node
13 % init = The original matrix with all the costs from each node to each other node.
14 if nargin<2
15     n=size(input_matrix);
16 elseif nargin<1
17     n=size(input_matrix);
18     A=ones(n);
19 end
20
21 for i=1:n
22     A(i,1)=i-1;
23     A(1,i)=i-1;
24 end
25
26 for i=1:n
27     A(i,i)=0;
28 end
29
30
```

Gambar 10. Coding Floyd Warshall

Coding program lengkap pada gambar 10 adalah sebagai berikut:

M Script

```
function [ A,init ] = floydWarshall(input_matrix, n )
```

```
%% Floyd_Warshall algorithm is an analytical algorithm for finding shortest paths in weighted graph
```

```
,
```

```
% for example an adjacency matrix or a map graph.
```

```
% Floyd_Warshall algorithm compares all possible paths through a graph between each pair of vertices,
```

```
% The complexity of this algorithm is O(n^3) where n is the number of vertices, or nodes.
```

```
%% Floyd_Warshall
```

```
% inputs :
```

```
% n = number of vertices to initialize an adjacency matrix.
```

```
% input_matrix = the input matrix of initial weights or path costs. a nXn matrix
```

```
% outputs:
```

```

%   A = the matrix after floydWarshall algo is applied and the matrix contains the shortest
%       paths from each node to each other node
%   init = The original matrix with all the costs from each node to each other node.
if(nargin<2)
    n=size(input_matrix);
elseif (nargin<1)
    n=size(input_matrix);
    A=magic(n);
end

for i=1:n
    A(i,1)=i-1;
    A(1,i)=i-1;
end

for i=1:n
    A(i,i)=0;
end

for i=2:n
    for j=2:n
        A(i,j)=input_matrix(i,j); % input matrix, values
    end
end

init=A; % temp variable to store the old matrix
for int_city=2:n
    for city1=2:n
        for city2=2:n
            A(city1,city2)=min(A(city1,city2),A(city1,int_city)+A(int_city,city2));
        end % floyd-warshall
    end
end
end

```

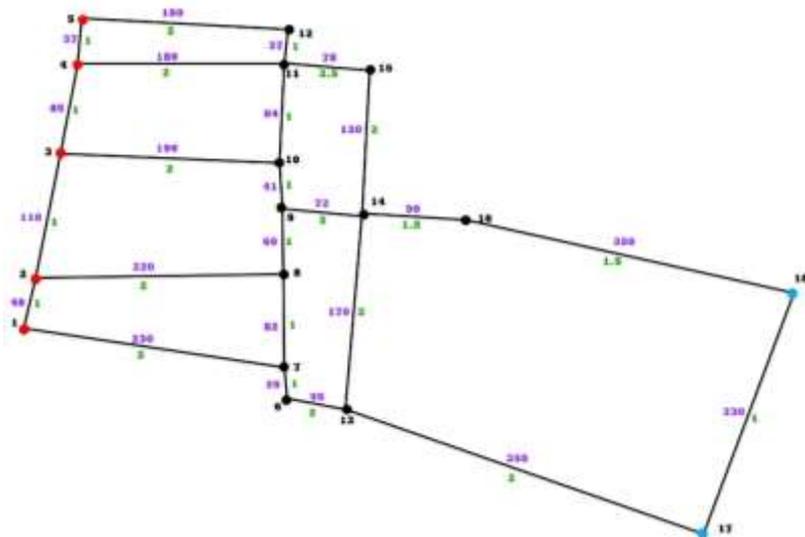
5.2. Perhitungan dan Analisis Hasil

Rute evakuasi tsunami dalam penelitian ini difokuskan pada jalan. Data yang digunakan diambil dari peta masing-masing kelurahan di Kota Manado yang diperkirakan bisa mengalami dampak langsung jika terjadi Tsunami di Kota Manado.



Gambar 11. Peta salah satu kelurahan yang menjadi objek penelitian

Bobot (weight) dari graf diperoleh dengan mengalikan terlebih dahulu jarak antar verteks (titik) dan akses jalan. Bobot akses jalan mempunyai 5 kategori, yaitu bobot 1 untuk jalan yang bisa dilewati oleh 4 mobil dan ada gedung/rumah di sisi jalan, bobot 1.5 untuk jalan yang bisa dilewati 2-3 mobil dan ada gedung/rumah di sisi jalan, bobot 2 untuk jalan yang bisa dilewati oleh 1-2 mobil dan ada gedung/rumah di sisi jalan, bobot 2.5 untuk jalan yang bisa dilewati oleh 1 mobil dan ada gedung/rumah di sisi jalan, dan bobot 3 untuk jalan yang tidak bisa dilewati oleh mobil dan ada gedung/rumah di sisi jalan. Bobot ini ditentukan dengan memperhitungkan akses jalan yang berbeda-beda. Jalan yang lebar dan mudah dilewati memiliki bobot yang lebih kecil dibandingkan jalan yang sempit dan sulit dilewati. Pemilihan bobotnya sendiri tidak bisa terlalu besar agar tidak mempengaruhi rasio perbandingan jalan. Graf pada gambar 12 dibentuk dari peta (gambar 11), bobot jarak ditandai dengan warna ungu dan bobot akses jalan ditandai dengan warna hijau.



Gambar 12. Jalur Evakuasi

● : Lokasi awal ● : Tujuan

Jalur evakuasi terpendek yang terbentuk setelah setiap bobot pada gambar 12 diolah pada program yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 13.

1→17 (1295) 1 → 7 → 6 → 13 → 17	1→18 (1352) 1 → 2 → 8 → 9 → 14 → 16 → 18
2→17 (1343) 2 → 1 → 7 → 6 → 13 → 17	2→18 (1304) 2 → 8 → 9 → 14 → 16 → 18
3→17 (1398) 3 → 10 → 9 → 8 → 7 → 6 → 13 → 17	3→18 (1225) 3 → 10 → 9 → 14 → 16 → 18
4→17 (1462) 4 → 11 → 10 → 9 → 8 → 7 → 6 → 13 → 17	4→18 (1289) 4 → 11 → 10 → 9 → 14 → 16 → 18
5→17 (1499) 5 → 4 → 11 → 10 → 9 → 8 → 7 → 6 → 13 → 17	5→18 (1326) 5 → 4 → 11 → 10 → 9 → 14 → 16 → 18

Gambar 13. Hasil berupa jalur evakuasi terpendek dari setiap titik awal ke setiap titik tujuan

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Jalur terpendek yang optimal untuk evakuasi tsunami di Kota Manado bisa ditentukan dengan menggunakan Algoritma Floyd Warshall. Jalur terpendek yang dihasilkan telah disesuaikan dengan kondisi jalan dan perumahan/perkantoran di samping jalan, sehingga setiap kendala yang dianggap bisa menghambat proses evakuasi bisa diperhitungkan melalui bobot yang telah ditetapkan dan memberikan hasil yang optimal.

6.2. Saran

Program komputer Floyd Warshall yang telah dibuat baik untuk digunakan untuk penentuan jalur terpendek pada kasus lain. Terlebih khusus dalam penanganan masalah kebencanaan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG. 2012. *Buku Pedoman Pelayanan Peringatan Dini Tsunami InaTEWS*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan GTZ-IS GITEWS, Jakarta.
- Chungdinata, S., 2019. *Penentuan Jalur Terpendek untuk Evakuasi Tsunami di Kelurahan Titiwungen Selatan dengan Menggunakan Algoritma Floyd Warshall dan Algoritma A-Star (A*)*. Skripsi. Fakultas MIPA Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Fatimah, F dan T. Rajati. 2012. *Menentukan Lintasan Terpendek Evakuasi Tsunami di Kota Padang*. <http://repository.ut.ac.id/5796/> [2 Oktober 2018].
- Harris, J.M., J. L. Hirst, dan M. J. Mossinghoff. 2008. *Combinatorics and Graph Theory*. Edisi ke-2. Springer, New York.
- LPPM UNSRAT. 2016. Rencana Induk Penelitian 2016 – 2020.
- Munir, R. 2010. *Matematika Diskrit*. Edisi ke-3. Informatika, Bandung.
- Pijls, W. and A. Kolen (1992). *A General Framework for Shortest Path Algorithms*. Technical Report 92-08, Erasmus University Rotterdam.
- Purwananto, Y., D. Purwitasari, dan A. W. Wibowo. 2005. Implementasi dan Analisis Algoritma Pencarian Rute Terpendek di Kota Surabaya. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan TELEKOMUNIKASI*. **10(2)**: 94-101.
- Putra, A. T., Rumani, dan M. W. Paryasto. 2017. Perbandingan Kompleksitas Algoritma A-Star, Floyd-Warshall, Viterbi pada SDN (Software Defined Networking). *e-Proceeding of Engineering*. **4(3)**: 4001-4006.
- Rosen, K.H. 2012. *Discrete Mathematics and Its Applications*. 7th Edition. McGraw-Hill, New York.
- Sani, A. F., N. K. T. Tastrawati, dan I. M. E. Dwipayana. 2013. Algoritma Floyd Warshall untuk Menentukan Jalur Terpendek Evakuasi Tsunami di Kelurahan Sanur. *E-Jurnal Matematika*. **2(1)**: 1-5.
- Supartoyo. 2016. *Kegempaan di Sulawesi Utara*. <http://geomagz.geologi.esdm.go.id/kegempaan-di-sulawesi-utara/> [4 Oktober 2018].
- Tilawah, H. 2011. Penerapan Algoritma A-star (A*) untuk Menyelesaikan Masalah Maze. Makalah IF3051 Strategi Algoritma. Program Studi Teknik Informatika, ITB, Bandung. <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2011-2012/Makalah2011/MakalahIF3051-2011-009.pdf> [2 November 2018].
- Undang-Undang RI No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. <https://bnpb.go.id/definisi-bencana> [4 Oktober 2018].
- <https://bnpb.go.id/potensi-bencana> [4 Oktober 2018].

<http://www.gocelebes.com/manado-sulawesi-utara/#section-geografi> [4 Oktober 2018].

<http://www.tribunnews.com/regional/2018/10/02/mitigasi-bencana-belum-memadai-padahal-kota-manado-pernah-diterjang-tsunami-setinggi-20-meter> [4 Oktober 2018].

LAMPIRAN

Surat Tugas



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SAM RATULANGI
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat : Kampus UNSRAT Manado
Telp.(0431) 827560, Fax. (0431) 827560
Email : lppm@unsrat.ac.id Laman : <http://lppm.unsrat.ac.id>

SURAT TUGAS

Nomor : 027 /UN12.13/LT/2019

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado, dengan ini menugaskan kepada :

1. Nama : CHRISTIE F. J. C. MONTOLALU (Ketua)
NIP : 198512102008122001
Pangkat Gol : Penata Muda Tk.I/IIIb
Jabatan : Lektor
2. Nama : LUTHER ALEXANDER LATUMAKULITA (Anggota)
NIP : 197109142008121001
Pangkat Gol : Penata/IIIc
Jabatan : Lektor
3. Nama : DEIBY TINEKE SALAKI (Anggota)
NIP : 197212172001122001
Pangkat Gol : Penata Tkt.I/IIId
Jabatan : Lektor

Untuk melaksanakan Penelitian Skim RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT, yang di dani oleh dana Institusi tahun 2019 dengan judul : "ALGORITMA FLOYD WARSHALL UNTUK PENENTUAN JALUR TERPENDEK EVAKUASI TSUNAMI DI KOTA MANADO".

Demikian surat tugas ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Manado, 03 Mei 2019

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian
Kepada Masyarakat



Prof. Dr. Ir. Charles Lodewijk Kaulang, MS ✓
NIP : 195910181986031002

