



**OPTIMASI PENENTUAN LOKASI
TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH
DI KABUPATEN SITUBONDO
MENGUNAKAN SIG DAN METODE TOPSIS FUZZY**

TESIS

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Magister Matematika (S2)
dan mencapai gelar Magister Sains

Oleh

**HERI MULYANTI
NIM 121820101009**

**MAGISTER MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

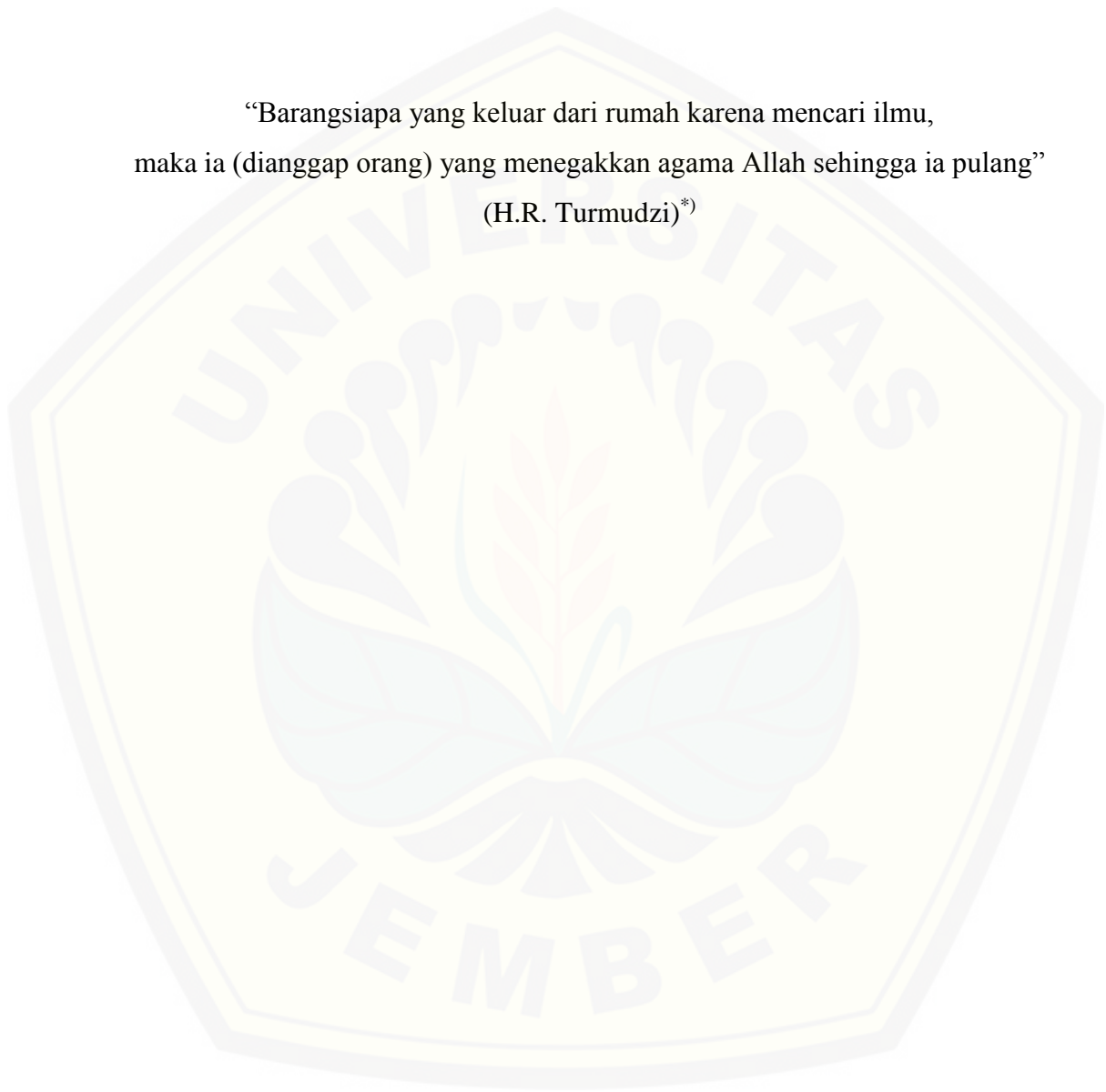
PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan untuk :

1. Anak-anakku tersayang Kakak Fathi, Mbak Lisa dan Adik Fadil yang selalu menginspirasi;
2. Suamiku tercinta Heri Susanto yang selalu mendukung;
3. Keluarga besar Bani Soedjono yang selalu memberikan motivasi dan do'a;
4. Almarhum Bapak Soendjoto dan Ibu Suhaja dengan kasih sayangnya selalu memberikan semangat baik secara spiritual dan material sampai terselesaikannya tesis ini.

MOTO

“Barangsiapa yang keluar dari rumah karena mencari ilmu,
maka ia (dianggap orang) yang menegakkan agama Allah sehingga ia pulang”
(H.R. Turmudzi)^{*)}



^{*)} Al Ghazali, M. 1992. *Akhlaq Seorang Muslim*. Semarang: CV Wicaksana.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Heri Mulyanti

NIM : 121820101009

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini yang berjudul " Optimasi Penentuan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Di Kabupaten Situbondo Menggunakan SIG dan Metode Topsis Fuzzy" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Juni 2016

Yang menyatakan,

Heri Mulyanti

NIM 121820101009

TESIS

**OPTIMASI PENENTUAN LOKASI
TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH
DI KABUPATEN SITUBONDO
MENGUNAKAN SIG DAN METODE TOPSIS FUZZY**

Oleh

Heri Mulyanti
NIM 121820101009

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs.Moh. Hasan, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Kamsyakawuni, S.Si.M.Kom

PENGESAHAN

Tesis berjudul “Optimasi Penentuan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Di Kabupaten Situbondo Menggunakan SIG dan Metode Topsis Fuzzy” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs.Moh. Hasan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640404 198802 1 001

Ahmad Kamsyakawuni, S.Si, M.Kom
NIP 19721129 199802 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr.Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si
NIP 19740719 200012 1 001

Drs.Yagus Wijayanto, MA., Ph.D.
NIP 19660614 199201 1 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas jember

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D
NIP 19610108 198602 1 001

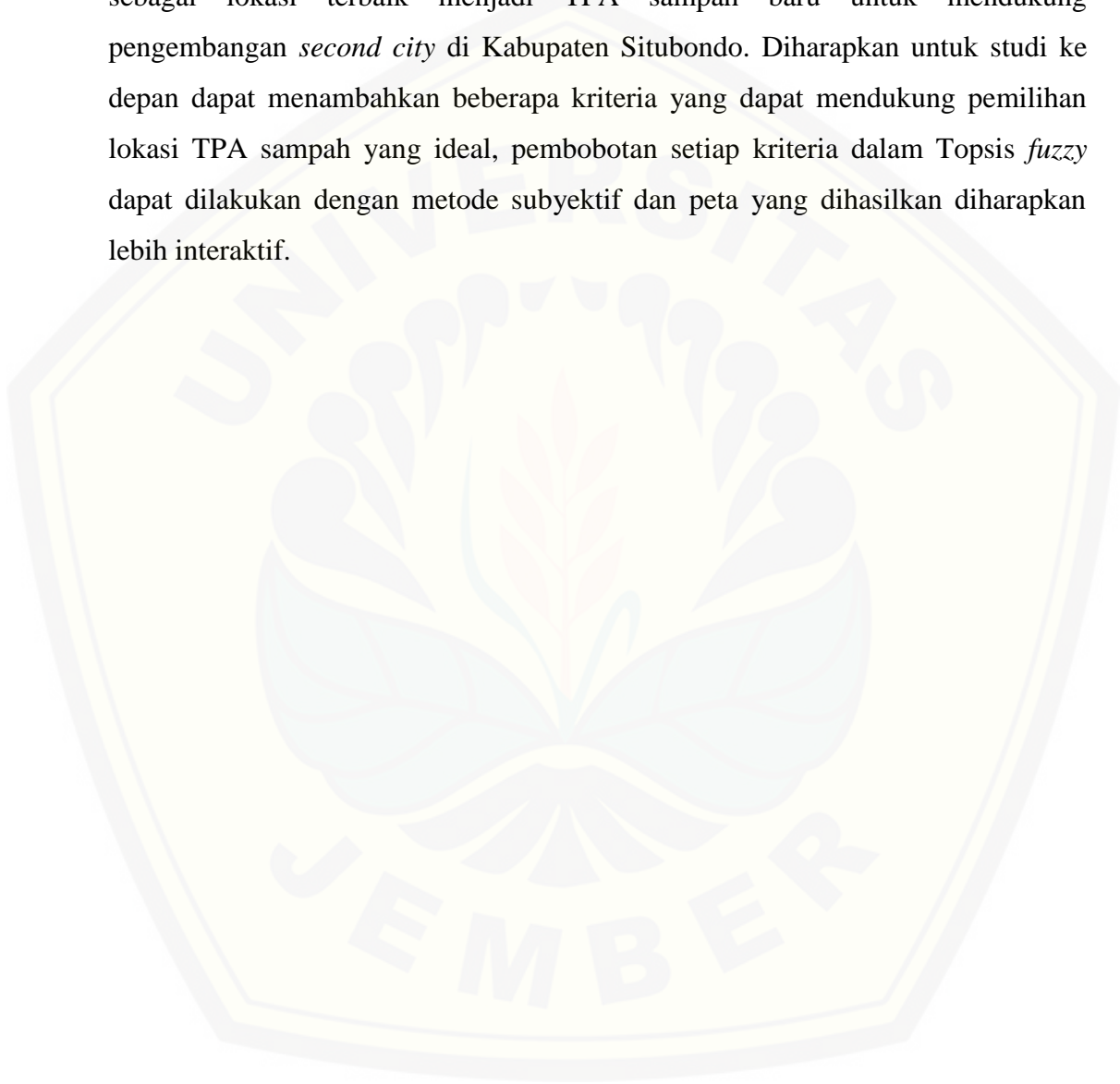
RINGKASAN

Optimasi Penentuan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Di Kabupaten Situbondo Menggunakan SIG dan Metode Topsis Fuzzy. Heri Mulyanti, 121820101009; 2016: 53 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Dalam rangka penyelenggaraan pengelolaan sampah, maka pemerintahan kabupaten/kota mempunyai kewenangan untuk menetapkan lokasi TPA sampah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, Standar Nasional Indonesia (SNI) serta berbagai literatur terkait yang merupakan bagian dari rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota. Karena dengan perencanaan yang terpadu, dampak lingkungan yang negatif disebabkan keberadaan TPA sampah dapat diminimalisasi, usaha ini dimulai dari penentuan lokasi TPA sampah yang ideal.

Pemilihan lokasi TPA sampah dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah pertama, membangun model optimasi menggunakan analisis spasial (*spasial analysis*) berupa SIG untuk memilih lokasi-lokasi alternatif yang layak menjadi TPA sampah. Parameter yang akan diujikan terdiri dari peta-peta tematik skala 1 : 50.000 yang bersumber dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Situbondo tahun 2013-2033, terdiri atas Peta Rawan Bencana Alam Kabupaten Situbondo, Peta Kawasan Resapan Air Kabupaten Situbondo, Peta Kelerengan Kabupaten Situbondo, Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Situbondo dan Peta Struktur Tanah Kabupaten Situbondo. Kelima peta tersebut di-*overlay*, hasilnya di-*overlay*-kan kembali dengan Peta Citra Satelit *Quickbird* dilanjutkan dengan survey lapangan sehingga ditetapkan 7 (tujuh) lokasi alternatif calon TPA sampah. Langkah kedua adalah pemilihan lokasi terbaik menjadi TPA sampah menggunakan metode TOPSIS *Fuzzy* pada pemrograman *Matlab*.

Analisis menggunakan metode TOPSIS *Fuzzy* memiliki konsep dimana alternatif yang terpilih merupakan alternatif terbaik yang memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif. Hasilnya ditetapkan Dusun Sodung di Desa Sumberejo Kecamatan Banyuputih sebagai lokasi terbaik menjadi TPA sampah baru untuk mendukung pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo. Diharapkan untuk studi ke depan dapat menambahkan beberapa kriteria yang dapat mendukung pemilihan lokasi TPA sampah yang ideal, pembobotan setiap kriteria dalam *Topsis fuzzy* dapat dilakukan dengan metode subyektif dan peta yang dihasilkan diharapkan lebih interaktif.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Optimasi Penentuan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Di Kabupaten Situbondo Menggunakan SIG dan Metode Topsis Fuzzy”.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini antara lain:

1. Drs.Moh. Hasan, M.Sc., Ph.D. dan Ahmad Kamsyakawuni, S.Si, M.Kom yang telah memberi bimbingan, petunjuk, dan semangat dalam penulisan tesis ini hingga selesai;
2. Dr.Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si dan Drs.Yagus Wijayanto, MA., Ph.D. yang telah memberikan kritik dan saran;
3. rekan-rekan jurusan Magister Matematika Angkatan 2012 yang selama ini memberikan doa dan dorongan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini;
4. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tesis ini dan berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN BIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tempat Pemrosesan Akhir Sampah	7
2.2 Sistem Informasi Geografi (SIG)	9
2.2.1 Sumber Data SIG	11
2.2.2 Subsistem SIG	12
2.2.3 Komponen SIG	13
2.2.4 Metode Overlay Peta pada SIG.....	14
2.3.5 SIG untuk Penentuan Lokasi TPA Sampah	15

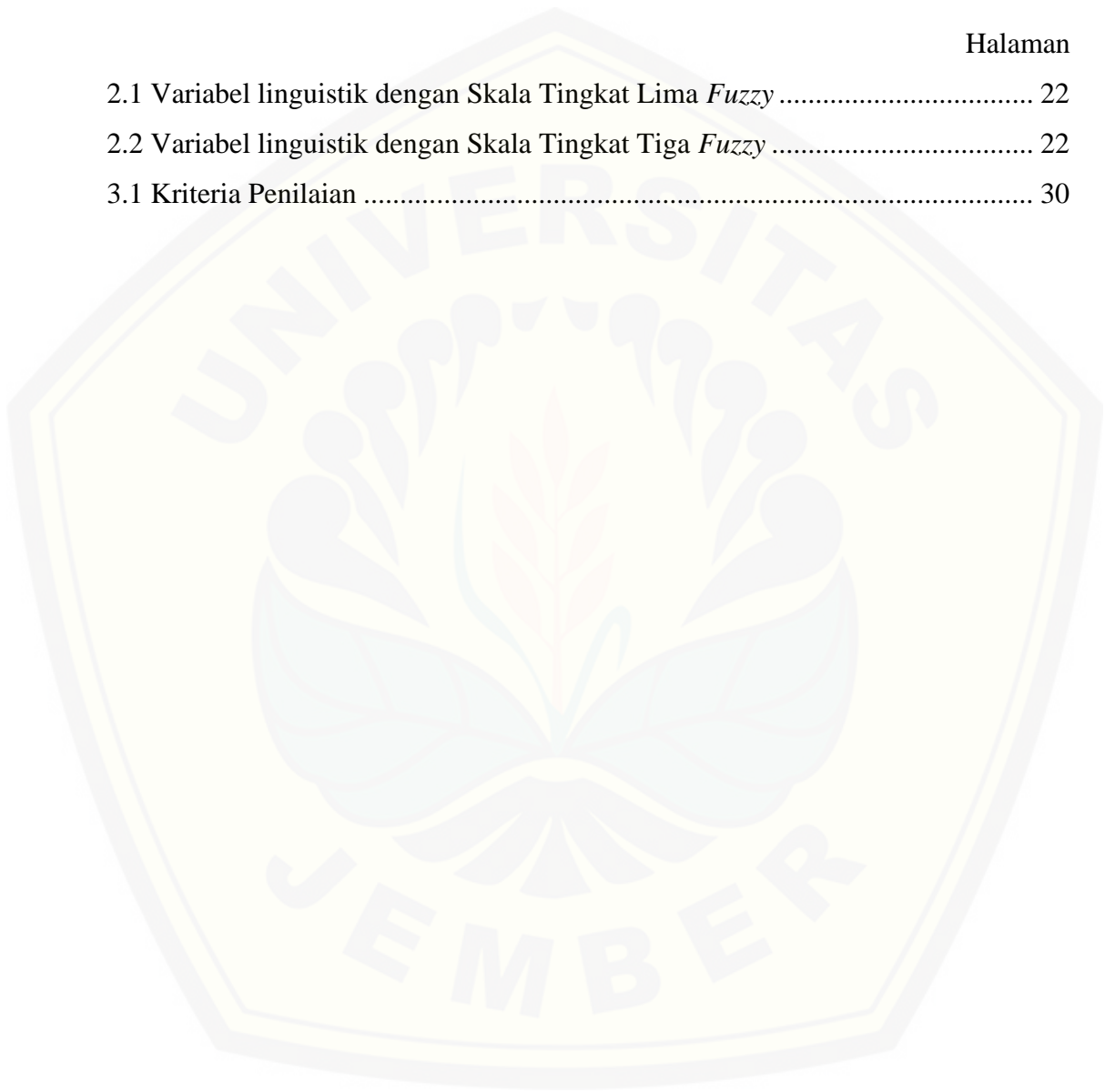
2.3 Model Optimasi	16
2.4 Multi Criteria Decision Making.....	18
2.4.1 Fuzzy Multi Criteria Decision Making	20
2.4.2 Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution	22
2.4.3 TOPSIS Fuzzy.....	23
BAB 3. METODE PENELITIAN	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Pemilihan Alternatif Calon Lokasi TPA Sampah.....	32
4.1.1 Parameter Penyaringan Awal.....	32
4.1.2 Penetapan Lokasi Alternatif.....	41
4.2 Pemilihan Lokasi Terbaik Calon TPA Sampah	42
4.3 Pembahasan	45
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
A. Data Lapangan Berdasarkan SNI	54
B. Variabel Linguistik untuk Bobot Kepentingan dari Setiap Kriteria	57
C. Fungsi Keanggotaan Setiap Alternatif dengan Kriterianya	60
D. Aplikasi M-File dalam Pemrograman MATLAB	62
E. Langkah-langkah TOPSIS Fuzzy	65
F. Peta Alternatif Calon Lokasi TPA Sampah	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Penyajian Titik, Garis Dan Poligon Menggunakan Model Vektor	10
2.2 Perbedaan Penyajian Data Model Vektor Dan Model Raster	10
2.3 Subsistem SIG	12
2.4 Komponen SIG	13
2.5 Teknik Overlay dalam SIG	15
2.6 Grafik Fungsi Keanggotaan Pada Representasi Kurva Segitiga	21
3.1 Langkah-langkah Penelitian	27
3.2 Teknik Overlay Peta yang Memiliki Pembobotan	29
4.1 Batas Adminitrasi Kabupaten Situbondo	33
4.2 Peta Tingkat Kerawan Bencana	34
4.3 Peta Tekstur Tanah.....	36
4.4 Peta Kawasan Resapan Air	37
4.5 Peta Kelerengan	38
4.6 Peta Tata Guna Lahan	39
4.7 Penskoran Peta	40
4.8 Peta Zona Layak dan Tidak Layak TPA Sampah	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Variabel linguistik dengan Skala Tingkat Lima <i>Fuzzy</i>	22
2.2 Variabel linguistik dengan Skala Tingkat Tiga <i>Fuzzy</i>	22
3.1 Kriteria Penilaian	30



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Situbondo telah mengembangkan kota kedua (*second city*) di wilayah Kecamatan Asembagus dan Kecamatan Besuki yang dikemas dalam Peraturan Bupati Situbondo Nomor 22 Tahun 2012. Diawali pada tahun 2013, pemerintah membangun relokasi pasar Asembagus yang dilanjutkan dengan pembangunan taman kota. Di tahun yang sama, juga dilaksanakan pembangunan secara bertahap untuk pengembangan obyek wisata bahari Pantai Firdaus Banongan dan Bendungan Samir di Kecamatan Asembagus.

Adanya fasilitas-fasilitas ini akan menjadi daya tarik masyarakat untuk mengunjunginya bahkan mengembangkan usaha atau menetap di sekitar wilayah tersebut. Kondisi ini dapat dipastikan akan memunculkan permasalahan baru khususnya sampah yang dihasilkan oleh para pengunjung, pengelola dan para pengusaha. Keberadaan sampah ini tentu tidak diinginkan jika dihubungkan dengan faktor kebersihan, kesehatan, kenyamanan dan keindahan. Sehingga diperlukan tempat khusus untuk menampungnya berupa tempat pemrosesan akhir sampah, selanjutnya disebut TPA sampah.

Sampah dapat menjadi malapetala jika tidak diolah dan dibuang pada tempatnya, demikian halnya dengan keberadaan TPA sampah. Sampah yang tidak dikelola dengan baik, akan berdampak pada lingkungan di sekitarnya berupa polusi air (meresapnya air lindi ke air tanah), polusi udara (bau), estetika dan membawa vektor penyakit. Artinya kualitas lingkungan di sekitar TPA sampah akan menurun.

Dalam rangka penyelenggaraan pengelolaan sampah, maka pemerintahan kabupaten/kota mempunyai kewenangan untuk menetapkan lokasi TPA sampah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, Standar Nasional Indonesia (SNI) serta berbagai literatur terkait yang merupakan bagian dari

rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota. Dengan perencanaan yang terpadu, dampak lingkungan yang negatif disebabkan keberadaan TPA sampah dapat diminimalisasi, usaha ini dimulai dari penentuan lokasi TPA sampah yang ideal.

Suatu wilayah yang direncanakan untuk menjadi lokasi TPA sampah mempunyai karakteristik geografis tersendiri karena setiap lahan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, sehingga terdapat banyak informasi yang dibutuhkan untuk memilih wilayah yang ideal untuk lokasi TPA sampah. Penelitian untuk menentukan lokasi TPA sampah pernah dilakukan oleh Anggraini (2009) dan Hasibuan (2011), keduanya melakukan proses pemilihan lokasi TPA sampah melalui tiga tahap penyaringan yaitu regional, penyisihan dan penetapan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk membantu menyelesaikan kesulitan dalam pemilihan calon lokasi TPA sampah berdasarkan kriteria-kriteria dalam SNI No:19-3241-1994.

SIG adalah suatu sistem informasi yang didesain untuk bekerja dengan data yang merujuk spasial di muka bumi atau yang merujuk pada koordinat geografi dan berfungsi untuk menganalisis informasi spasial secara terpadu untuk merencanakan dan mengambil keputusan maupun untuk memantau lingkungan. SIG saat ini merupakan salah satu elemen penting yang berfungsi sebagai pondasi dalam melaksanakan dan mendukung berbagai macam aplikasi di berbagai bidang. Sebagai contoh dalam bidang lingkungan hidup, perencanaan pembangunan, tata ruang, manajemen transportasi, pengairan, sumber daya mineral, sosial, ekonomi dan lain-lain.

Dalam kehidupan sehari-hari manusia memiliki keinginan-keinginan yang disertai keterbatasan. Keinginan dan keterbatasan yang dinyatakan dalam kuantitas tertentu akan membawa pada suatu persoalan optimasi (*optimization problem*), yaitu suatu prosedur yang hasil akhirnya diharapkan adalah keputusan optimal. Salah satu metode pengambilan keputusan yang berdasarkan pada persoalan optimasi adalah *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM). Secara umum MCDM bertujuan untuk memilih alternatif terbaik dari sekumpulan alternatif berdasarkan berbagai kriteria yang ada.

Dalam metode optimasi konvensional, cakupan umumnya hanya dibatasi pada satu kriteria pemilihan (*mono criteria*), dimana pemilihan yang diambil adalah pilihan yang paling memenuhi fungsi obyektif. Namun, masalah yang dihadapi khususnya yang lebih bersifat praktis tidaklah sesederhana itu. Adakalanya pertimbangan-pertimbangan subjektif harus dimasukkan ke dalam proses pembuatan keputusan. Kondisi ini menyebabkan pendekatan optimasi konvensional tidak lagi dapat dipergunakan sehingga MCDM dapat dilakukan menggunakan data *fuzzy* yang didasarkan pada bahasa alami. Tujuannya adalah untuk menutupi kelemahan dari permasalahan terhadap kriteria yang memiliki sifat subjektif sehingga akan diperoleh nilai yang objektif.

SIG yang terintegrasi dengan *fuzzy* dapat digunakan untuk memecahkan masalah pemilihan lokasi TPA sampah dengan mengembangkan ranking daerah TPA potensial berdasarkan berbagai kriteria dan alternatif. Chang, *et.al* (2008) dan Handoyo (2012) menentukan lokasi TPA sampah menggunakan SIG sebagai proses penyaringan awal untuk menghilangkan tanah yang tidak cocok, dilanjutkan dengan memanfaatkan metode *Fuzzy Multy Criteria Decision Making* (FMCDM) untuk mengidentifikasi lokasi paling cocok.

Jahanshaloo, *et.al* (2006) menyatakan bahwa salah satu metode FMCDM yang paling disukai untuk membuat keputusan yang kompleks dengan beberapa model atribut atau kriteria adalah *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), selanjutnya metode ini dikenal dengan TOPSIS *fuzzy*. Beberapa penelitian yang menggunakan pendekatan ini dalam pengambilan keputusannya dilakukan oleh Chang dan Tseng (2008) yang mengembangkan model struktural dengan menggabungkan fungsi *fuzzy* penyebaran kualitas dan TOPSIS *fuzzy* untuk memecahkan masalah pemilihan konfigurasi produk yang efektif di antara beberapa alternatif. Ding (2011) mengembangkan integrasi TOPSIS *fuzzy* untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan berdasarkan peringkat alternatif yang menghasilkan contoh hipotetis pemilihan mitra pengiriman yang dirancang perusahaan. Ashrafzadeh (2012) berhasil menerapkan TOPSIS *fuzzy* untuk pemilihan lokasi gudang perusahaan besar di Iran. Ningrun

(2012) juga berhasil mengaplikasikan metode TOPSIS *fuzzy* dalam menentukan prioritas kawasan perumahan di kecamatan Percut Sei Tuan.

Masalah TOPSIS *fuzzy* dengan perankingan meningkatkan evaluasi beberapa hal, diantaranya adalah evaluasi kriteria/sub kriteria, kelayakan alternatif, pengambil keputusan dan aturan keputusan ranking. Kriteria yang dimaksudkan adalah ukuran, aturan dan standar yang dapat mengambil keputusan. Kelayakan alternatif didefinisikan oleh berbagai kendala seperti ketersediaan fisik, ketersediaan sumber daya, kendala informasi dan sebagainya. Kemudian, evaluasi kriteria dari setiap alternatif yang tersedia harus ditemukan untuk mengevaluasi daya tarik alternatif dalam hal nilai kriteria atau nilai bobot.

Berdasarkan kendala dalam memilih wilayah yang ideal untuk lokasi TPA sampah, Penulis tertarik untuk mencoba melakukan penelitian dalam rangka pemilihan lokasi TPA sampah baru di lokasi pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo menggunakan metode TOPSIS *fuzzy* yang diintegrasikan dengan SIG.

1.2 Permasalahan

Pemilihan lokasi TPA Sampah merupakan masalah penting dalam proses perencanaan karena melibatkan berbagai macam komponen kriteria yang diharapkan tidak berdampak pada masalah ekonomi, ekologi dan kesehatan lingkungan. Berdasarkan latar belakang diatas dan alasan logis dimaksud, maka dapat ditarik beberapa rumusan permasalahan yaitu:

- a. Bagaimana membangun model optimasi menggunakan analisis spasial (*spasial analysis*) berupa SIG untuk memilih lokasi-lokasi alternatif yang layak menjadi TPA sampah?
- b. Bagaimana menentukan lokasi terbaik TPA sampah baru untuk mendukung pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo?

1.3 Batasan Masalah

Dalam tesis ini, dibatasi masalah sebagai berikut :

- a. Wilayah kajian hanya difokuskan pada wilayah *second city* Kecamatan Asembagus yang meliputi wilayah Kecamatan Arjasa, Jangkar, Asembagus dan Banyuputih
- b. Pengertian TPA berdasarkan PP RI Nomor 81 Tahun 2012, yaitu Tempat Pemrosesan Akhir yang selanjutnya disingkat TPA adalah tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan.
- c. Kriteria-kriteria yang digunakan untuk penentuan lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah dalam tesis ini berdasarkan pada PP RI Nomor 81 Tahun 2012 dan SNI 19-3241-1994 yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum.
- d. Sistem Pendukung Keputusan yang digunakan untuk menentukan lokasi layak menjadi TPA sampah menggunakan analisis SIG untuk menentukan beberapa alternatif calon lokasi yang layak menjadi TPA sampah berdasarkan kriteria regional dilanjutkan dengan menggunakan metode *TOPSIS Fuzzy* untuk memilih lokasi TPA sampah terbaik.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Membangun model optimasi menggunakan analisis spasial (*spasial analysis*) berupa SIG untuk memilih lokasi-lokasi alternatif yang layak menjadi TPA sampah.
- b. Menentukan lokasi terbaik TPA sampah baru untuk mendukung pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo

1.5 Manfaat

Hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk :

- a. Memudahkan dalam pemilihan lokasi-lokasi alternatif yang layak menjadi TPA sampah.

- b. Memudahkan dalam menentukan lokasi terbaik TPA sampah baru untuk mendukung pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo
- c. Mengenalkan *software ArcGIS* dan *software Matlab* yang kaya dengan fungsi matematika dan visualisasi untuk melakukan proses pengambilan keputusan yang berhubungan dengan perencanaan tata ruang.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk menentukan sebuah lokasi TPA, pemerintah daerah seharusnya melakukan penelitian melalui proses seleksi pemilihan lokasi TPA sampah dengan berbagai kriteria dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan yang telah ditentukan dalam SNI untuk menentukan beberapa alternatif wilayah yang layak. Dari beberapa alternatif tersebut akan dinilai lokasi terbaik yang memenuhi syarat-syarat sebagai TPA sampah dengan skor paling tinggi, menggunakan model optimasi yang menggambarkan bagaimana setiap individu berperilaku sehingga memberikan hasil yang optimal.

2.1 Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

Tempat pemrosesan akhir yang selanjutnya disingkat TPA adalah tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan. Dalam pasal 23 PP RI No. 81 Tahun 2012 menyebutkan bahwa dalam melakukan pemrosesan akhir sampah, pemerintah kabupaten/kota wajib menyediakan dan mengoperasikan TPA sampah dengan melakukan pemilihan lokasi sesuai rencana tata ruang yang memenuhi aspek-aspek kondisi sebagai berikut.

- a. Geologi, adalah kondisi yang tidak berada di daerah sesar atau patahan yang masih aktif, tidak berada di zona bahaya geologi misalnya daerah gunung berapi, tidak berada di daerah karst, tidak berada di daerah berlahan gambut, dianjurkan berada di daerah lapisan tanah kedap air atau lempung.
- b. Hidrogeologi, adalah kondisi muka air tanah yang tidak kurang dari tiga meter, kondisi kelulusan tanah tidak lebih besar dari 10^{-6} cm/detik dan jarak terhadap sumber air minum lebih besar dari 100 m (seratus meter) di hilir aliran.
- c. Kemiringan/Kelerengan, yaitu kemiringan lokasi TPA berada pada kemiringan kurang dari 20% (dua puluh perseratus).

- d. Jarak dari lapangan terbang, yaitu lokasi TPA berjarak lebih dari 3000 m (tiga ribu meter) untuk lapangan terbang yang didarati pesawat turbo jet dan berjarak lebih dari 1500 m (seribu lima ratus meter) untuk lapangan terbang yang didarati pesawat jenis lain.
- e. Jarak dari permukiman, jarak lokasi TPA dari permukiman lebih dari 1 km (satu kilometer) dengan mempertimbangkan pencemaran lindi, kebauan, penyebaran vektor penyakit dan aspek sosial.
- f. Tidak berada di kawasan lindung/cagar alam.
- g. Bukan merupakan daerah banjir periode ulang 25 (dua puluh lima) tahun.

Ketujuh aspek di atas, dijelaskan dalam SNI sebagai kriteria regional yang digunakan untuk menentukan zona layak atau tidak layak. Selanjutnya akan dilakukan kriteria penyisihan, yaitu kriteria yang digunakan untuk memilih lokasi terbaik yaitu terdiri dari kriteria regional ditambah dengan kriteria berikut.

- a. Iklim, yang terdiri dari:
 - 1) hujan: intensitas hujan makin kecil dinilai makin baik,
 - 2) angin: arah angin dominan tidak menuju ke permukiman dinilai makin baik.
- b. Utilitas, meliputi sistem aliran air tanah, kaitan dengan pemanfaatan air tanah dan tanah penutup apabila tersedia lebih lengkap dinilai lebih baik
- c. Lingkungan biologis, yang meliputi:
 - 1) habitat: kurang bervariasi dinilai makin baik,
 - 2) daya dukung: kurang menunjang kehidupan flora dan fauna, dinilai makin baik.
- d. Kondisi tanah, terdiri dari:
 - 1) produktivitas tanah: tidak produktif dinilai lebih tinggi,
 - 2) kapasitas dan umur: dapat menampung lahan lebih banyak dan lebih lama dinilai lebih baik,
 - 3) ketersediaan tanah penutup: mempunyai tanah penutup yang cukup dinilai lebih baik,
 - 4) status tanah: makin bervariasi dinilai tidak baik.
- e. Demografi: kepadatan penduduk lebih rendah dinilai makin baik.

- f. Batas administrasi: dalam batas administrasi dinilai makin baik.
- g. Kebisingan: semakin banyak zona penyangga dinilai semakin baik.
- h. Bau: semakin banyak zona penyangga dinilai semakin baik.
- i. Estetika: semakin tidak terlihat dari luar dinilai makin baik.
- j. Ekonomi: semakin kecil biaya satuan pengelolaan sampah (per m³/ton) dinilai semakin baik.

Tahap terakhir dari pemilihan lokasi TPA sampah adalah tahap penetapan, yaitu keputusan penetapan lokasi TPA sampah paling potensial.

2.2 Sistem Informasi Geografi (SIG)

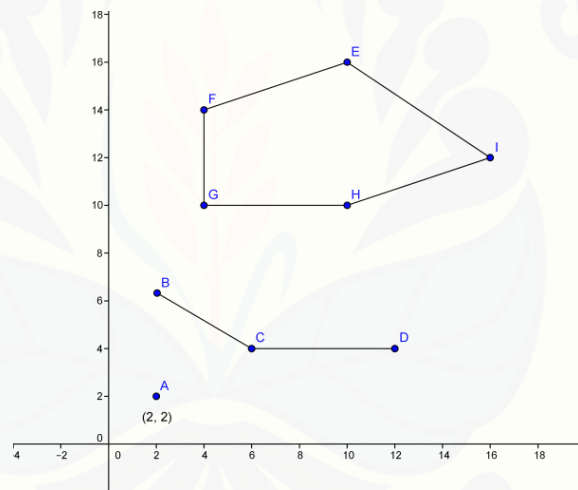
Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System*) yang selanjutnya akan disebut SIG. Burrough, 1986 mendefinisikan bahwa SIG adalah suatu sistem perangkat (*tool*) yang dapat melakukan pengumpulan, penyempurnaan, pengambilan kembali, transformasi dan visualisasi dari data spasial bumi untuk kebutuhan tertentu. Yadav, 2013 juga menyatakan bahwa SIG adalah salah satu teknologi modern yang paling canggih untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan data spasial. Data ini biasanya diatur dalam lapisan tematik dalam bentuk peta digital.

Sebagian besar data yang akan ditangani dalam SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi (*spasial*) dan informasi deskriptif (*atribute*) yang dijelaskan berikut ini :

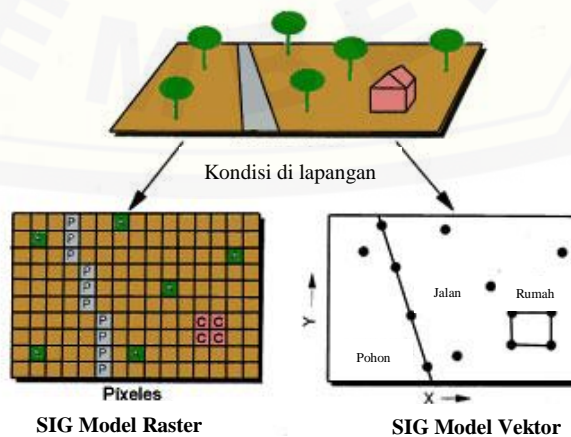
- a. Data lokasi (*spasial data*), berkaitan dengan suatu koordinat baik koordinat geografi (lintang dan bujur) dan koordinat XYZ, termasuk diantaranya informasi datum dan proyeksi.
- b. Data deskriptif (*attribute data*) atau informasi non spasial, suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan dengan informasi tersebut contohnya : jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos dan sebagainya.

Data lokasi dalam SIG dapat disimpan dengan model vektor maupun raster. Model vektor dalam SIG dikenal dengan istilah *Shape file (.shp)*, biasanya

berupa titik (*point*), garis (*polylines*) dan poligon (*polygons*) pada bidang datar, penyajiannya dalam komputer ditunjukkan pada Gambar 2.1. Titik dideskripsikan melalui sepasang koordinat x,y untuk mempresentasikan lokasi kota, pohon, sekolah dan lain-lain. Bentuk garis (garis B-D) untuk mempresentasikan lokasi/kondisi jalan atau sungai, dideskripsikan sebagai kumpulan dari koordinat-koordinat titik. Bentuk poligon (poligon EFGHI) untuk mempresentasikan lokasi/kondisi danau, rumah atau persawahan, disimpan sebagai pengulangan koordinat yang tertutup. Model raster menggunakan sel-sel dengan ukuran seragam untuk menyimpan data spasial dalam komputer, ukuran sel juga disebut dengan istilah resolusi. Semakin kecil ukuran sel berarti semakin teliti detail *spasial* yang digambarkan. Perbedaan penyajian data model vektor dan model raster dalam komputer ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Penyajian titik, garis dan poligon menggunakan model vektor



Gambar 2.2 Perbedaan penyajian data model vektor dan model raster

2.2.1 Sumber Data SIG

Salah satu syarat SIG adalah data spasial yang dapat diperoleh dari beberapa sumber, antara lain:

a. Peta Analog

Peta analog (antara lain peta topografi, peta tanah dan sebagainya) yaitu peta dalam bentuk cetak. Pada umumnya peta analog dibuat dengan teknik kartografi, kemungkinan besar memiliki referensi spasial seperti koordinat, skala, arah mata angin dan sebagainya. Dalam tahapan SIG sebagai keperluan sumber data, peta analog dikonversi menjadi peta digital dengan cara format raster diubah menjadi format vektor melalui proses digitasi sehingga dapat menunjukkan koordinat sebenarnya di permukaan bumi.

b. Data Sistem Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh (antara lain citra satelit, foto udara dan sebagainya), merupakan sumber data yang terpenting bagi SIG karena ketersediannya secara berkala dan mencakup area tertentu.

1) Citra Satelit

Citra merupakan masukan data atau hasil observasi dalam proses penginderaan jauh (*Remote Sensing*). Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu obyek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu dahulu dalam pemanfaatannya.

Citra Satelit merupakan hasil dari pemotretan/perekaman alat sensor yang dipasang pada wahana satelit ruang angkasa dengan ketinggian lebih dari 400 km dari permukaan bumi. Jenis Citra Satelit berdasarkan tingkat resolusi spasial kemampuan sensor dalam merekam obyek terkecil pada tiap pikselnya ini disebut dengan resolusi spasial. Berdasarkan tingkatan resolusinya

citra satelit dibedakan menjadi 3 macam, yaitu :

- a) Citra resolusi rendah, memiliki resolusi spasial antara 15 m s/d 30 m (Citra satelit *Landsat*)
- b) Citra resolusi sedang, memiliki resolusi spasial 2.5 m s/d 10 m (Citra satelit *SPOT*)

c) Citra resolusi tinggi, memiliki resolusi spasial 0.6 m s/d 1 m (Citra satelit *Ikonos dan Quickbird*)

2) Foto Udara

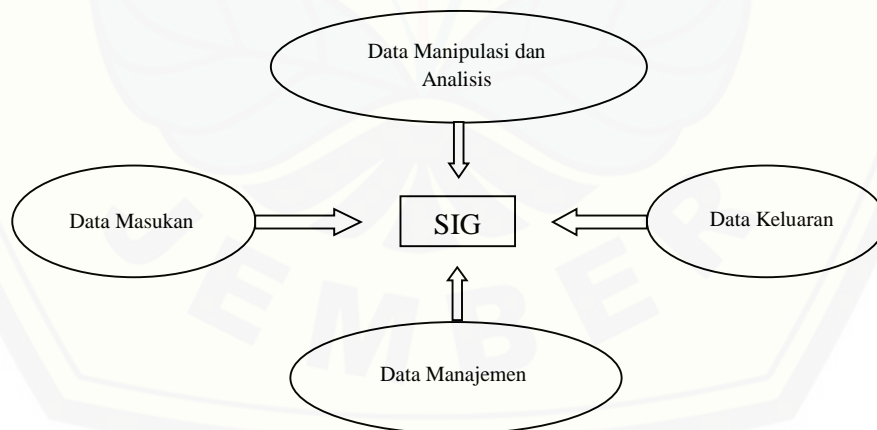
Citra foto udara adalah salah satu jenis citra hasil dari perekaman muka bumi dengan menggunakan wahana pemotretan udara seperti pesawat terbang ataupun wahana darat bergerak (*Ground Based Remote Sensing*). Citra foto hasil metode ini lebih jelas dan lebih mudah dalam pengenalan obyeknya. Data hasil pengukuran lapangan.

3) Data GPS (*Global Positioning System*)

Teknologi GPS memberikan terobosan penting dalam menyediakan data bagi SIG. Keakuratan pengukuran GPS semakin tinggi dengan berkembangnya teknologi. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format vektor.

2.2.2 Subsistem SIG

SIG dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem yang diilustrasikan dalam Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Subsistem SIG

a. Data Masukan

Subsistem ini bertugas untuk mengumpulkan, mempersiapkan, dan menyimpan data spasial dan atributnya dari berbagai sumber. Subsistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengonversikan atau

mentransformasikan format-format data asli ke dalam format yang dapat digunakan oleh perangkat SIG.

b. Data Keluaran

Subsistem ini bertugas untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran (termasuk mengekspornya ke format yang dikehendaki) seluruh atau sebagian basis data (*spasial*) baik dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy* seperti halnya tabel, grafik, report, peta dan lain sebagainya.

c. Data Manajemen

Subsistem ini mengorganisasikan baik data *spasial* maupun tabel-tabel atribut terkait ke dalam sebuah sistem basis data sedemikian rupa hingga mudah dipanggil kembali atau di-*retrieve*, di-*update*, dan di-*edit*.

d. Data Manipulasi dan Analisis

Subsistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu subsistem ini juga melakukan manipulasi (evaluasi dan penggunaan fungsi-fungsi dan operator matematis dan logika) dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

2.2.3 Komponen SIG



Gambar 2.4 Komponen SIG

SIG telah dikenal secara luas sebagai alat bantu (proses) pengambilan keputusan, komponennya terdiri dari perangkat lunak, perangkat keras, maupun aplikasi-aplikasinya seperti diilustrasikan dalam Gambar 2.4.

a. Perangkat keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang sering digunakan antara lain adalah *Digitizer, scanner, Central Processing Unit (CPU), mouse, printer, plotter*

b. Perangkat lunak (*Software*)

(*ArcView, Arc GIS, Idrisi, ARC/INFO, ILWIS, MapInfo* dan lain lain)

c. Data dan informasi geografi

Data dan informasi yang diperlukan baik secara tidak langsung dengan cara meng *import*-nya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara menjitasi data spasial dari peta dan memasukan data atributnya dari table-tabel dan laporan dengan menggunakan *keyboard*.

d. Pengguna (*user*),

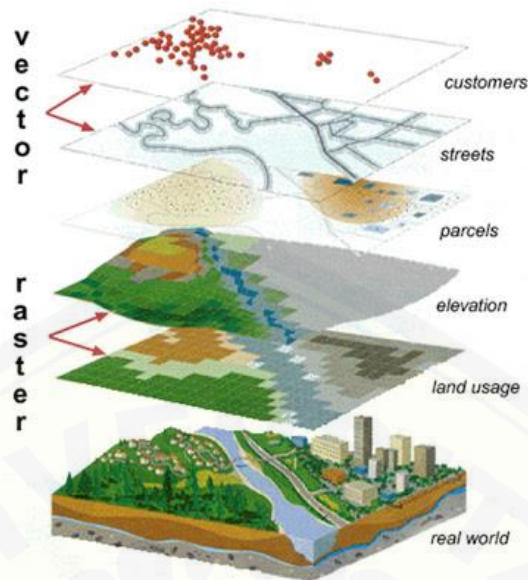
Teknologi SIG tidaklah bermanfaat tanpa manusia yang mengelola sistem dan membangun perencanaan yang dapat diaplikasikan sesuai kondisi nyata. Suatu proyek SIG akan berhasil jika di *manage* dengan baik dan dikerjakan oleh orang-orang yang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan.

e. Metode

SIG yang baik memiliki keserasian antara rencana desain dengan aturan dunia nyata, didukung oleh metode, model dan implementasi untuk setiap permasalahan. Sebagai gambaran umum, metode untuk melakukan analisis data vektor berbeda dengan metode untuk melakukan analisis data raster

2.2.4 Metode *Overlay* Peta pada SIG

Overlay merupakan proses penyatuan data dari lapisan *layer* yang berbeda. Secara sederhana *overlay* disebut sebagai operasi visual yang membutuhkan lebih dari satu *layer* untuk digabungkan secara fisik, seperti diilustrasikan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Teknik *Overlay* dalam SIG

Pemahaman bahwa overlay peta (minimal 2 peta) harus menghasilkan peta baru adalah hal mutlak. Dalam bahasa teknis harus ada poligon yang terbentuk dari 2 peta yang di-*overlay*. Jika dilihat data atributnya, maka akan terdiri dari informasi peta pembentuknya. Misalkan Peta Kelerengan dan Peta Curah Hujan, maka di peta barunya akan menghasilkan poligon baru berisi atribut lereng dan curah hujan. Teknik yang digunakan untuk *overlay* peta dalam SIG ada 2 yakni *union* dan *intersect*. Jika dianalogikan dengan bahasa Matematika, maka *union* adalah gabungan, *intersect* adalah irisan.

2.2.5 SIG untuk Penentuan Lokasi TPA Sampah

Teknologi SIG dapat digunakan untuk membantu mengambil keputusan mengenai penentuan lokasi optimal untuk suatu kepentingan. Informasi disajikan secara ringkas dan jelas berupa gambar peta yang dilampiri dengan tabel atribut, sehingga memungkinkan para pengambil keputusan untuk memusatkan perhatiannya pada masalah-masalah nyata dibanding dengan upaya memahami data. Karena produk SIG bisa dibuat secepatnya dengan berbagai skenario untuk kemudian dievaluasi secara efektif dan efisien.

Langkah-langkah utama dari pemodelan SIG berbasis model alokasi TPA (Yadav, 2013) sebagai berikut.

- a. Konseptualisasi kriteria evaluasi dan hirarki masalah alokasi TPA, tujuannya untuk pemilihan kriteria yang berhubungan dengan masalah yang sedang diteliti.
- b. Pembentukan basis data spasial, untuk mengembangkan implementasi pemodelan SIG.
- c. Pembangunan kriteria dalam lingkungan SIG, hasilnya adalah peta kriteria.
- d. Standarisasi kriteria, meliputi relaksifikasi dari setiap peta kriteria menggunakan skala pengukuran umum yang dalam hal ini sering digunakan skala ordinal.
- e. Estimasi kepentingan relatif untuk kriteria, estimasi ini dilakukan dengan pembobotan.
- f. Perhitungan indeks kesesuaian, yaitu prosedur standar untuk langkah ini adalah *overlay* beberapa peta kriteria.
- g. Zonasi daerah dalam penyelidikan, tindakan klasifikasi ini didasarkan pada indeks kesesuaian dan mengungkapkan daerah yang paling cocok untuk TPA.
- h. Sensitifitas dan validasi model.
- i. Seleksi akhir berupa evaluasi lahan

2.3 Model Optimasi

Model Optimasi adalah aspek matematis dari riset operasi (*Operations Research*), setiap algoritma dari riset operasi diturunkan dengan prinsip yang sama, yaitu untuk mencapai penyelesaian yang optimal atau dengan kata lain solusi terbaik dapat diperoleh melalui penggunaan teknik optimasi.

Masalah optimasi biasanya dinyatakan dalam bentuk fungsi matematik. Optimasi adalah proses memaksimasi atau meminimasi suatu fungsi tujuan dengan tetap memperhatikan pembatas yang ada. Suatu fungsi didefinisikan sebagai suatu aturan yang menugaskan setiap pilihan nilai x dengan satu nilai unik $y = f(x)$. Dalam hal ini x adalah *variabel independent* dan y adalah *variabel dependent*. Secara matematis, jika diketahui set $S \subset R$, dimana R adalah set dari semua bilangan riil. Kita bisa mendefinisikan suatu transformasi yang

menugaskan satu nilai numerik untuk setiap $x \in S$. Hubungan seperti ini sering disebut dengan fungsi skalar f yang didefinisikan dalam set S .

Terkait dengan pengendalian dan/atau pengelolaan sebuah sistem, prosedur optimasi merupakan prosedur penetapan nilai sejumlah variabel keputusan (*decision variables*) sesuai dengan fungsi tujuan (*objective function*) yang diinginkan (*maximize or minimize*) dan memenuhi batasan-batasan (*constraints*) yang berlaku pada sistem yang ditinjau. Dengan kata lain, ada tiga komponen dalam sebuah persoalan optimasi, yaitu fungsi tujuan, variabel keputusan, dan kendala yang merupakan sebuah model matematika atau fungsi matematik.

Dalam membuat model matematika, langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi adalah sebagai berikut :

- a. Mendefinisikan variabel-variabel,
variabel merupakan besaran yang nilainya dapat berubah-ubah.
- b. Mendefinisikan parameter-parameter,
parameter merupakan besaran yang nilainya tertentu dan tidak berubah-ubah pada kondisi yang standar.
- c. Mendefinisikan tujuan yang akan dicapai,
tujuan yang ingin dicapai dinyatakan dalam fungsi tujuan. Fungsi tujuan merupakan fungsi variabel dan parameter. berupa pernyataan upaya memaksimalkan atau meminimumkan perolehan yang dapat dimanfaatkan dalam pemilihan lokasi, seperti menentukan suatu tempat atau lokasi yang tepat untuk suatu usaha, perkantoran, pemukiman penduduk, pertokoan, tempat pemrosesan akhir sampah dan tujuan lainnya dengan memperhitungkan kelebihan dan kekurangan dari lokasi tersebut.
- d. Mendefinisikan kendala-kendala yang harus dipenuhi dalam mencapai tujuan,
kendala juga dinyatakan dalam fungsi kendala. Seperti halnya fungsi tujuan, fungsi kendala merupakan fungsi variabel dan parameter.

Permasalahan optimisasi bisa di bedakan menjadi permasalahan diskrit dan kontinyu. Permasalahan dikatakan diskrit jika variabel keputusannya bernilai diskrit. Permasalahan diskrit memiliki kandidat penyelesaian yang terbatas tetapi

ukurannya meningkat sangat pesat sesuai dengan dimensi permasalahannya (seringkali bersifat faktorial). Hal ini menyebabkan metode enumerasi tidak memungkinkan untuk dilakukan, karena memerlukan waktu yang sangat lama untuk mendapatkan penyelesaian. Berbeda dengan permasalahan diskrit, permasalahan kontinu memiliki variabel yang bernilai kontinu. Permasalahan ini memiliki kandidat penyelesaian yang tak terbatas. Umumnya batas-batas ruang pencarian dalam permasalahan kontinu sudah diketahui, sehingga pencarian hanya dibatasi pada ruang tersebut.

Selain itu masalah optimasi juga bisa dikelompokkan berdasarkan jumlah variabel.

a. Optimasi satu variabel

Problem optimisasi dengan satu variabel adalah bentuk paling disarm dari permasalahan optimisasi. Fungsi dengan satu variabel menjadi pusat permasalahan optimisasi baik dari sisi teori maupun praktek karena bentuk ini yang paling sering dihadapi para insinyur dalam praktek. Selain itu fungsi dengan satu variabel biasanya juga menjadi subproblem dalam prosedur iterasi dari penyelesaian masalah optimisasi dengan multi variabel. Karena perannya yang penting tersebut, tidak heran kalau banyak algoritma yang dikembangkan yang biasanya ditujukan untuk penyelesaian fungsi dengan satu variabel. Namun tidak jarang juga permasalahan optimasi sehari-hari adalah permasalahan yang multi variabel.

b. Optimasi multi variabel

Problem optimasi yang melibatkan lebih dari satu variabel. Misalkan kita mempunyai masalah optimasi multi variabel

2.4 Multiple Criteria Decision Making (MCDM)

Proses analisis keputusan membutuhkan adanya kriteria sebelum memutuskan pilihan dari berbagai alternatif yang ada. Kriteria menunjukkan definisi masalah dalam bentuk yang konkret dan kadang-kadang dianggap sebagai sasaran yang akan dicapai. Analisis atas kriteria penilaian dilakukan untuk

memperoleh seperangkat standar pengukuran, untuk kemudian dijadikan sebagai alat dalam membandingkan berbagai alternatif.

Sementara itu, terkait dengan metode pengambilan keputusan yang digunakan, dikenal dengan nama MCDM. Menurut Kusumadewi, dkk (2006) “*Multiple Criteria Decision Making (MCDM)* adalah suatu metode pengambilan keputusan untuk menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu”. Kriteria biasanya berupa ukuran-ukuran, aturan-aturan atau standar yang digunakan dalam pengambilan keputusan

Berdasarkan tujuannya MCDM dapat dibagi menjadi 2 model, yaitu *Multi Attribute Decision Making (MADM)*; dan *Multi Objective Decision Making (MODM)*. Seringkali MCDM dan MADM digunakan untuk menerangkan kelas atau kategori yang sama. MADM digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam ruang diskret. Oleh karena itu, pada MADM biasanya digunakan untuk melakukan penilaian atau seleksi terhadap beberapa alternatif dalam jumlah yang terbatas. Sedangkan MODM digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah pada ruang kontinyu (seperti permasalahan pada pemrograman matematis). Secara umum dapat dikatakan bahwa, MADM menyeleksi alternatif terbaik dari sejumlah alternatif sedangkan MODM merancang alternatif terbaik.

Ada beberapa fitur umum yang akan digunakan dalam MCDM (Janko, 2005), yaitu :

- a. Alternatif, adalah obyek-obyek yang berbeda dan memiliki kesempatan yang sama untuk dipilih oleh pengambil keputusan.
- b. Atribut sering juga disebut sebagai karakteristik, komponen, atau kriteria keputusan. Meskipun pada kebanyakan kriteria bersifat satu level, namun tidak menutup kemungkinan adanya sub kriteria yang berhubungan dengan kriteria yang telah diberikan.
- c. Konflik antar Kriteria, Beberapa kriteria biasanya mempunyai konflik antara satu dengan yang lainnya, misalnya kriteria keuntungan akan mengalami konflik dengan kriteria biaya.

- d. Bobot keputusan, Bobot keputusan menunjukkan kepentingan relatif dari setiap kriteria, $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$. Pada MCDM akan dicari bobot kepentingan dari setiap kriteria.
- e. Matriks keputusan, Suatu matriks keputusan X yang berukuran $m \times n$, berisi elemen-elemen x_{ij} , yang merepresentasikan rating dari alternatif A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) terhadap kriteria C_j ($j = 1, 2, \dots, n$).

2.4.1 Fuzzy Multi Criteria Decision Making

Metode MCDM klasik memerlukan penentuan alternatif rating dan bobot kriteria yang dibuat tergantung pada penilaian/preferensi pembuat keputusan. nilai-nilai crips biasanya digunakan untuk mewakili peringkat dan bobot. Namun, dalam praktiknya, peringkat alternatif dan kriteria bobot tidak bisa dinilai secara tepat, yang mungkin berasal dari berbagai sumber, termasuk (1) informasi yang tidak terukur, (2) informasi yang tidak lengkap, (3) informasi didapat, dan (4) ketidaktahuan parsial. Dalam banyak situasi di mana kinerja rating dan bobot tidak dapat diberikan secara tepat, teori himpunan *fuzzy* diperkenalkan untuk model ketidakpastian penilaian manusia dan masalah-masalah seperti ini dikenal sebagai beberapa kriteria pengambilan keputusan *fuzzy*. Bellman dan Zadeh memperkenalkan teori himpunan *fuzzy* ke dalam MCDM sebagai pendekatan untuk secara efektif menangani ketidaktepatan yang melekat, ketidakjelasan dan ambiguitas dari proses pengambilan keputusan manusia.

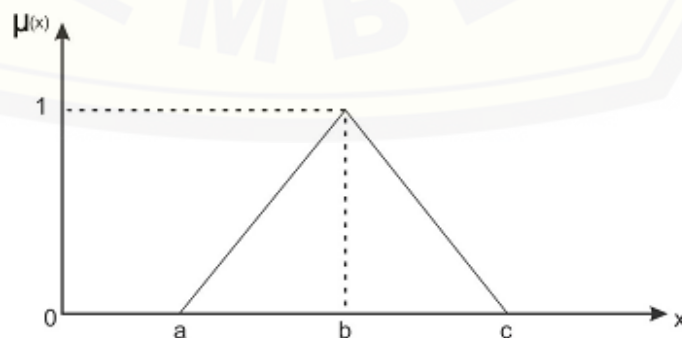
Konsep program yang membantu pengambilan keputusan (*Decision Support System*) saat ini berkembang dengan pesat, khususnya yang berdasarkan beberapa alternatif. Salah satu dari konsep tersebut adalah metode *Fuzzy Multi Criteria Decision Making* (FMCDM). Metode ini bisa membantu pengambil keputusan dalam melakukan pengambilan keputusan terhadap beberapa alternatif keputusan dengan beberapa kriteria yang menjadi bahan pertimbangan sehingga menghasilkan keputusan yang optimal (Kusumadewi *et al.*, 2005).

Berdasarkan tipe data yang digunakan pada setiap kinerja alternatif-alternatifnya, FMADM dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu semua data yang digunakan adalah data *fuzzy*, semua data yang digunakan adalah data *crisp*,

atau data yang digunakan adalah campuran dari data *fuzzy* dan *crisp*. Salah satu mekanisme untuk menyelesaikan FMADM adalah mengaplikasikan metode MADM klasik (seperti SAW, WP atau TOPSIS) untuk melakukan perankingan setelah terlebih dahulu dilakukan konversi data *fuzzy* ke data *crisp*. Apabila data *fuzzy* dalam bentuk *linguistik*, maka data tersebut harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam bilangan *fuzzy*, setelah itu dikonversikan lagi ke bilangan *crisp*.

Dalam rangka memfasilitasi pembuatan penilaian subjektif oleh pengambil keputusan menggunakan bilangan *fuzzy*, dua set istilah *linguistik* yang digunakan untuk menilai kriteria bobot dan peringkat kinerja pada setiap kriteria kualitatif masing-masing. *Variabel linguistik* adalah variabel yang menerapkan kata-kata atau kalimat dalam bahasa alami atau buatan untuk menggambarkan derajat nilai, dan kita menggunakan ungkapan seperti ini untuk membandingkan setiap kriteria *variabel linguistik* dalam lingkungan *fuzzy* sebagai "sangat baik", "baik", "cukup baik", "Kurang baik" dan "sangat tidak baik", sehubungan dengan skala tingkat lima *fuzzy*. Bilangan *fuzzy* segitiga atau fungsi keanggotaan yang digunakan untuk mewakili nilai perkiraan, dinotasikan sebagai (a, b, c) dimana $0 \leq a \leq b \leq c \leq 1$.

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) serta ditandai oleh adanya tiga parameter (a, b, c) yang menentukan koordinat x dari tiga sudut.



Gambar 2.6 Grafik fungsi keanggotaan pada representasi kurva segitiga

Fungsi Keanggotaannya adalah:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a < x \leq b \\ (c - x)/(c - b) & b < x < c \end{cases} \quad (2.1)$$

Tabel – tabel berikut ini menunjukkan beberapa skala tingkat lima *fuzzy* dan tiga *fuzzy* beserta bilangan *fuzzy* segitiga atau fungsi keanggotaannya.

Tabel 2.1 Variabel linguistik dengan skala tingkat lima *fuzzy*

Variabel Linguistik	Parameter Fungsi Keanggotaan		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Sangat Tidak Baik (STB)	0	0	0,25
Kurang Baik (KB)	0	0,25	0,5
Cukup Baik (CB)	0,25	0,5	0,75
Baik (B)	0,5	0,75	1
Sangat Baik (SB)	0,75	1	1

Tabel 2.2 Variabel linguistik dengan skala tingkat tiga *fuzzy*

Variabel Linguistik	Parameter Fungsi Keanggotaan		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Kurang	0	0	0,25
Cukup	0	0,25	0,5
Baik	0,25	0,5	0,75

2.4.2 *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*

Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution, selanjutnya disingkat TOPSIS adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang pada tahun 1981. Metode ini merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk menyelesaikan pengambilan keputusan secara praktis.

TOPSIS memiliki konsep dimana alternatif yang terpilih merupakan alternatif terbaik yang memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif. Semakin banyaknya faktor yang harus dipertimbangkan dalam proses pengambilan keputusan, maka semakin relatif sulit juga untuk mengambil keputusan terhadap suatu permasalahan. Apalagi jika upaya pengambilan keputusan dari suatu permasalahan tertentu, selain

mempertimbangkan berbagai faktor/kriteria yang beragam, juga melibatkan beberapa orang pengambil keputusan. Permasalahan yang demikian dikenal dengan permasalahan *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM). Dengan kata lain, MCDM juga dapat disebut sebagai suatu pengambilan keputusan untuk memilih alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Metode TOPSIS digunakan sebagai suatu upaya untuk menyelesaikan permasalahan MCDM. Hal ini disebabkan konsepnya sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan.

Dalam metode TOPSIS, perankingan dan bobot kriteria berguna untuk menentukan solusi. Namun dalam banyak kondisi, data yang ada terkadang tidak memadai untuk permasalahan dalam kehidupan nyata karena penilaian manusia yang termasuk preferensi sering kabur/kurang jelas dan tidak dapat memperkirakan preferensinya dengan nilai numerik yang tepat. Ekspresi bahasa, misalnya, rendah, sedang, tinggi dan lain-lain dianggap sebagai representasi pembuat keputusan. Untuk itu, diperlukan logika *fuzzy* dalam membuat keputusan pembuat preferensi yang terstruktur. Teori *fuzzy* membantu dalam konsep mengukur ketidakjelasan yang berkaitan dengan manusia yang bersifat subjektif. Untuk itu, evaluasi harus dilakukan dalam satu lingkungan. Dalam hal ini, *fuzzy* mampu membantu untuk memperbaiki kegagalan yang terjadi ketika hanya menggunakan metode TOPSIS saja.

2.4.3 TOPSIS *Fuzzy*

Pada bagian ini, dipilih metode TOPSIS *Fuzzy* dengan menggunakan pendekatan bobot berbasis entropi seperti yang dilakukan Wang, *et al.*, 2007 yang telah berhasil membantu pembuat keputusan informasi untuk membuat keputusan yang optimal melalui langkah-langkah berikut ini.

a. Membangun matriks keputusan *fuzzy*

Matriks keputusan *fuzzy* di asumsikan sebanyak i alternatif $A_i = (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ yang akan dievaluasikan terhadap j kriteria $C_j = (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ menggunakan istilah *linguistik*, yaitu nilai evaluasi *fuzzy* yang

dilakukan dengan menyiapkan nilai interval antara 0 dan 1 dan diungkapkan oleh sejumlah *fuzzy* segitiga.

Matriks keputusan *fuzzy* (\widetilde{D}) didefinisikan sebagai berikut.

$$\widetilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_{\dots} & C_j \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \dots \\ A_i \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} & , & i = 1, \dots, m; & j = 1, \dots, n \end{matrix} \quad (2.2)$$

Dengan \tilde{x}_{ij} menyatakan performansi dari perhitungan untuk alternatif ke- i terhadap kriteria ke- j . Setiap kriteria $C = \{C_1, C_2, \dots, C_j\}$ dari matriks keputusan harus dinormalisasi dengan cara menghitung bobot dari setiap kriterianya.

- b. Menghitung bobot kepentingan dari setiap kriteria (\widetilde{W}) yang didefinisikan sebagai

$$\widetilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n) \quad (2.3)$$

Bobot kepentingan yang diberikan pada setiap kriteria dapat menggunakan 3 (tiga) pendekatan yaitu pendekatan subyektif dan pendekatan obyektif (Jamila, 2011). Pendekatan subyektif adalah bobot kepentingan pada setiap kriteria diserahkan sepenuhnya pada pengambil keputusan, sedangkan pendekatan obyektif adalah bobot kepentingan pada setiap kriteria diserahkan sepenuhnya kepada sistem. Pendekatan yang ketiga adalah pendekatan subyektif-obyektif yaitu bobot kepentingan pada setiap kriteria dihitung berdasarkan hasil bobot dari pendekatan subyektif dan pendekatan obyektif.

Berbagai metode dapat digunakan untuk memodelkan bobot kriteria, salah satu metode pembobotan kriteria adalah metode *entropy*. Metode *entropy* dapat menghitung bobot berdasarkan karakteristik data pada kriteria, semakin tinggi variasi antar data pada kriteria maka bobot kriteria tersebut makin tinggi atau semakin penting. Penggunaan metode *entropy* sangat fleksibel, jika bobot yang dihasilkan dari metode *entropy* belum dapat digunakan sebagai bobot kriteria untuk pengambilan keputusan maka subyektifitas dari pengambil keputusan dapat diberikan bersama-sama dengan bobot *entropy*.

Metode pembobotan obyektif berbasis entropi (*entropy-based objective weighting method*) diperoleh dengan perhitungan berikut:

- 1) menghitung nilai proyeksi setiap kriteria P_{ij}

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (2.4)$$

- 2) menghitung nilai entropi e_j sebagai

$$e_j = -k \sum_{j=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (2.5)$$

k adalah konstanta, dimana $k = (\ln(m))^{-1}$

- 3) menghitung tingkat divergensi d_j , merupakan informasi intrinsik setiap kriteria $C = \{C_1, C_2, \dots, C_j\}$

$$d_j = 1 - e_j \quad (2.6)$$

- 4) pembobotan obyektif untuk setiap kriteria diperoleh dengan rumus:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{k=1}^n d_k} \quad (2.7)$$

- c. Menentukan matriks keputusan *fuzzy* yang ternormalisasi

Matriks ternormalisasi (\tilde{R}) terbentuk dari rumus:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, \quad (2.8)$$

Dimana

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) \text{ dan } c_j^+ = \max_i c_{ij} \quad (\text{kriteria keuntungan}) \quad (2.9)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{c_j^-}{a_{ij}}, \frac{c_j^-}{b_{ij}}, \frac{c_j^-}{c_{ij}} \right) \text{ dan } a_j^- = \min_i a_{ij} \quad (\text{kriteria biaya}) \quad (2.10)$$

- d. Menghitung bobot matriks keputusan yang ternormalisasi

Bobot matriks normalisasi (\tilde{V}) untuk kriteria dihitung dengan mengalikan bobot evaluasi kriteria \tilde{w}_j dengan normalisasi matriks keputusan *fuzzy* \tilde{r}_{ij}

$$\tilde{V} = \tilde{v}_{ij_{m \times n}}, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \text{ dengan, } \tilde{v}_{ij} = \tilde{w}_j(\cdot) \tilde{r}_{ij} \quad (2.11)$$

- e. Menghitung matriks solusi ideal positif (A^+) dan matriks solusi ideal negatif (A^-)

$$(A^+) = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \tilde{v}_3^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \text{ dimana } \tilde{v}_j^+ = \max_i \{v_{ij}\} \quad (2.12)$$

$$i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n$$

$$(A^-) = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \tilde{v}_3^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \text{ dimana } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij1}\} \quad (2.13)$$

$$i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$$

- f. Menghitung jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif (d_i^+) dan matriks solusi ideal negatif (d_i^-).

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+); i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.14)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-); i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.15)$$

$d_v(\tilde{a}, \tilde{b})$ adalah jarak antara dua bilangan *fuzzy* \tilde{a} dan \tilde{b}

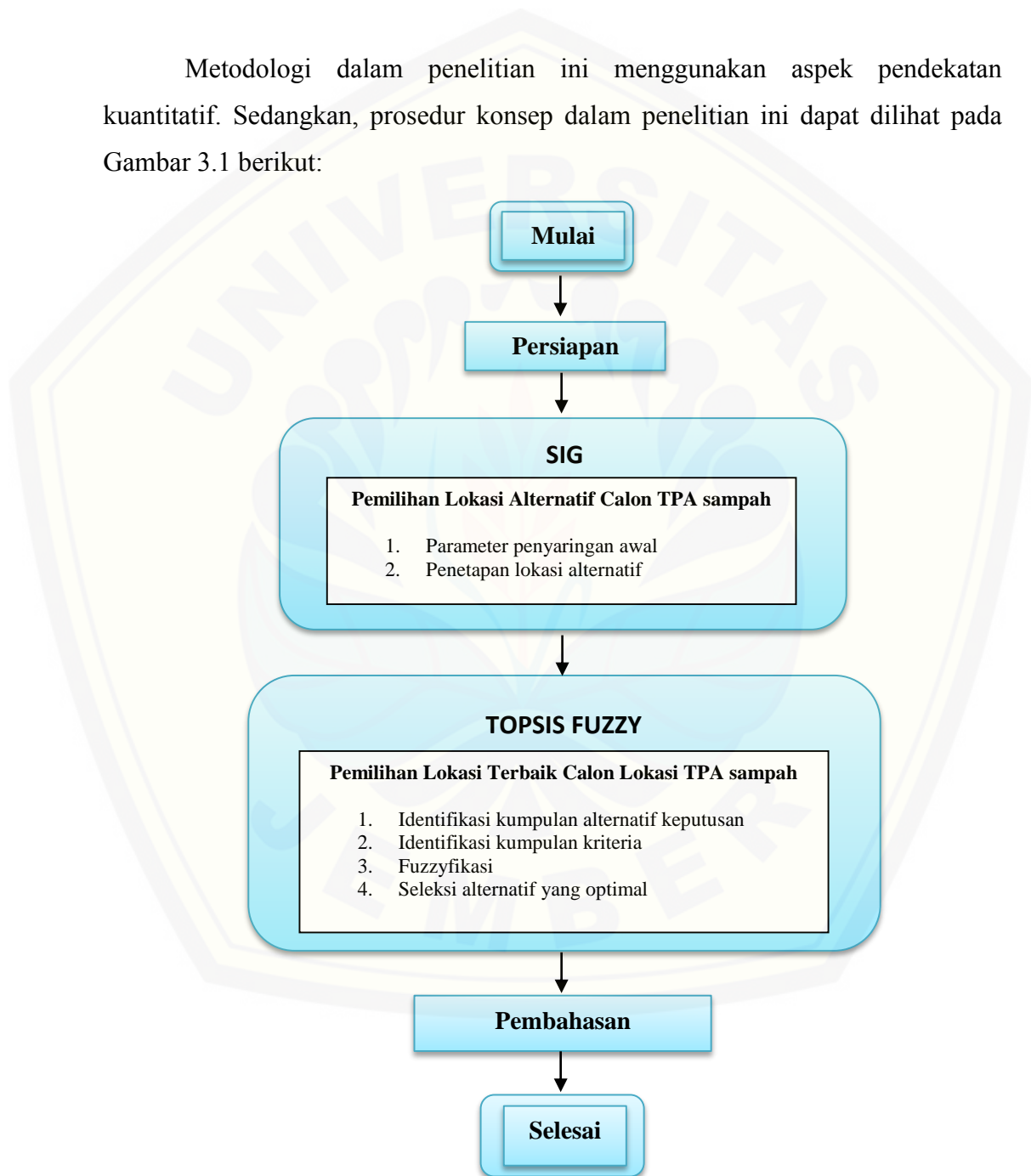
- g. Menghitung nilai preferensi (CC_i) untuk setiap alternatif

Koefisien kedekatan CC_i merupakan jarak kesolusi ideal *fuzzy* positif (A^+) dan solusi ideal *fuzzy* negatif (A^-) secara bersamaan. Koefisien kedekatan dari setiap alternatif dihitung sebagai berikut.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}; i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ dengan } 0 < CC_i < 1 \text{ dan } d_i^- + d_i^+ \neq 0 \quad (2.16)$$

BAB 3. METODE PENELITIAN

Metodologi dalam penelitian ini menggunakan aspek pendekatan kuantitatif. Sedangkan, prosedur konsep dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Prosedur konsep penelitian

Adapun penjelasan dari prosedur yang disajikan dalam Gambar 3.1 adalah sebagai berikut

a. Persiapan

bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri atas:

- 1) peta-peta tematik skala 1 : 50.000 yang bersumber dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Situbondo tahun 2013-2033, terdiri dari Peta Rawan Bencana Alam Kabupaten Situbondo, Peta Kawasan Resapan Air Kabupaten Situbondo, Peta Kelerengan Kabupaten Situbondo, Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Situbondo dan Peta Struktur Tanah Kabupaten Situbondo.
- 2) citra satelit *Quickbird* dengan resolusi 1 : 1000

b. Pemilihan alternatif calon lokasi TPA sampah

pada tahap ini akan dilakukan pemodelan spasial dengan SIG menggunakan *software ArcGIS* untuk menentukan calon-calon lokasi TPA berdasarkan kriteria regional.

1) Parameter penyaringan awal

Pada kelima peta tematik yang telah tersedia dalam bentuk *.shp* diberikan bobot/skor pada masing-masing atributnya. Pemberian skor disesuaikan dengan aspek-aspek kondisi dalam PP RI No. 81 Tahun 2012.

- a) Peta Tekstur Tanah, tanah yang memiliki tekstur lempung dan liat berdebu diberi skor = 1, sedangkan tekstur tanah lainnya diberi skor = 0
- b) Peta Rawan Bencana Alam, skor untuk kawasan hampir rawan, agak rawan, rawan dan sangat rawan = 0 dan kawasan aman = 1.
- c) Peta Kawasan Resapan Air, skor untuk kawasan resapan air = 0 sedangkan kawasan bukan resapan air = 1.
- d) Peta Kelerengan, kawasan dengan kemiringan < 20% diberi skor = 1 dan daerah dengan kemiringan > 20% diberi skor = 0.
- e) Peta tata Guna Lahan, kawasan pemukiman, kehutanan, pertanian dan tanaman pangan diberi skor = 0 dan kawasan lainnya diberi skor = 1.

2) Penetapan lokasi alternatif

Selanjutnya dilakukan proses tumpang susun (*overlay*) pada semua peta yang telah diskoring. *Overlay* dilakukan dengan melakukan penjumlahan matematis dari bobot masing-masing parameter pada data atributnya menggunakan rumus 3.1 untuk memperoleh rentang nilai bobot yang akan digunakan dalam klasifikasi potensial lahan untuk TPA sampah sehingga diperoleh beberapa alternatif lokasi yang layak menjadi TPA Sampah.

$$X = \sum_{m=1}^{m=5} x_m \tag{3.1}$$

Dimana:

x_1 = Bobot Rawan Bencana Alam

x_2 = Bobot Struktur Tanah

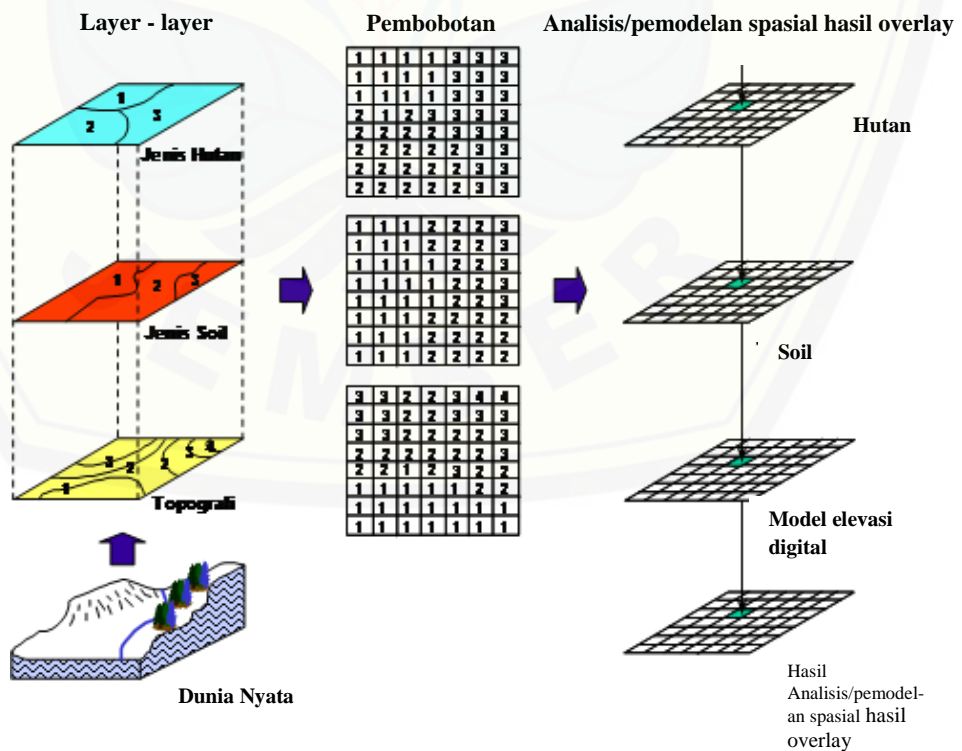
x_3 = Bobot Kawasan Resapan Air

x_4 = Bobot Kelerengn

x_5 = Bobot Tata Guna Lahan

5

Teknik *overlay* peta dijelaskan dalam Gambar 2.5 dan teknik *overlay* peta yang memiliki pembobotan diilustrasikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Teknik Overlay Peta yang Memiliki Pembobotan

Karena dikhawatirkan adanya kesalahan dalam pemilihan lokasi yang disebabkan skala peta yang sangat kecil, maka hasil overlay kelima peta tematik selanjutnya di-overlay-kan kembali dengan peta citra *Quickbird* untuk memilih lokasi-lokasi alternatif TPA sampah yang paling potensial. Selain itu, juga dilakukan survey lapangan berdasarkan pemilihan lokasi hasil *overlay* akhir tersebut untuk memastikan bahwa lokasi-lokasi terpilih adalah lokasi yang layak menjadi alternatif calon TPA sampah.

c. Pemilihan lokasi terbaik calon TPA sampah

tahap ini merupakan langkah kriteria penyisihan untuk memilih lokasi TPA sampah terbaik dari beberapa alternatif calon lokasi yang lolos penyaringan pada kriteria regional. Metode yang digunakan adalah TOPSIS *fuzzy* pada pemrograman *Matlab* dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Identifikasi tujuan dan kumpulan alternatif keputusan, berdasarkan hasil *overlay* kelima peta di atas diperoleh peta alternatif calon-calon lokasi TPA sampah yang terdiri dari i alternatif $A_i = (i = 1, 2, 3, \dots, m)$
- 2) Identifikasi kumpulan kriteria, dalam penelitian ini kumpulan kriteria terangkum dalam SNI tabel 3.1, terdiri dari j kriteria $C_j = (j = 1, 2, 3, \dots, n)$.

Tabel 3.1 Kriteria Penilaian

No	C	Kriteria
1	C_1	Batas administrasi
2	C_2	Pemilik hak atas tanah
3	C_3	Kapasitas lahan
4	C_4	Jumlah pemilik tanah
5	C_5	Partisipasi masyarakat
6	C_6	Tanah (di atas muka air tanah)
7	C_7	Air tanah
8	C_8	Sistem aliran air tanah
9	C_9	Kaitan dengan pemanfaatan air tanah
10	C_{10}	Tanah penutup
11	C_{11}	Intensitas hujan

No	C	Kriteria
12	C_{12}	Jalan menuju lokasi
13	C_{13}	Transport sampah
14	C_{14}	Jalan masuk
15	C_{15}	Lalu lintas
16	C_{16}	Tata guna tanah
17	C_{17}	Pertanian
18	C_{18}	Biologis
19	C_{19}	Kebisingan dan bau
20	C_{20}	Estetika

3) *Fuzzifikasi*,

Fuzzifikasi adalah suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *fuzzy* (*variabel linguistik*) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing. Bilangan *fuzzy* segitiga atau fungsi keanggotaan yang digunakan untuk mewakili nilai perkiraan, dinotasikan sebagai (a, b, c) di mana $0 \leq a \leq b \leq c \leq 1$, seperti dijelaskan dalam gambar 2.6 beserta Tabel 2.1 dan 2.2. *Fuzzifikasi* dilakukan pada semua kriteria.

4) Seleksi alternatif yang optimal

Alternatif yang optimal merupakan pemilihan alternatif lokasi terbaik yang dihitung menggunakan Aplikasi *M-File* dalam pemrograman *Matlab* menggunakan rumus (2.2) sampai (2.16).

d. Pembahasan

dalam pembahasan ini akan dijabarkan hasil dari masing-masing analisis untuk memilih lokasi TPA sampah terbaik di wilayah *second city* Kabupaten Situbondo.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di bab 4 dapat diambil kesimpulan:

- a. Untuk memilih alternatif calon lokasi TPA sampah dapat dilakukan dengan membangun model optimasi menggunakan *software ArcGIS* dengan cara meng_overlay peta-peta tematik yang menjadi parameter penentuan lokasi yang layak menjadi TPA sampah. Selanjutnya dilakukan penetapan lokasi alternatif pada area yang layak menjadi calon TPA sampah dengan cara survey lapangan dan/atau menggunakan pendukung lain yang dapat membantu dalam penetapan lokasi alternatif.
- b. Menentukan lokasi terbaik TPA sampah baru untuk mendukung pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo dilakukan melalui program *GUI Matlab* menggunakan metode TOPSIS *Fuzzy* yang memiliki konsep dimana alternatif yang terpilih merupakan alternatif terbaik yang memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif.

5.2 Saran

Perencanaan tata ruang dalam rangka menetapkan lokasi TPA sampah harus dilakukan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, Standar Nasional Indonesia (SNI) serta berbagai literatur terkait. Karena dengan perencanaan yang terpadu, dampak lingkungan yang negatif disebabkan keberadaan TPA sampah dapat diminimalisasi. Diharapkan untuk studi ke depan dapat menambahkan beberapa kriteria yang dapat mendukung pemilihan lokasi TPA sampah yang ideal, pembobotan setiap kriteria dalam Topsis *fuzzy* dapat dilakukan dengan metode subyektif dan peta yang dihasilkan diharapkan lebih interaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari V., Rajabi, M.A., Chavoshi, S.H. dan Shams, R., 2008. "Landfill Site Selection by Combining GIS and Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis, Case Study: Bandar Abbas, Iran". *Jurnal World Applied Sciences*. Vol 3 (1): 39-47.
- Albidari, N., Zuharnen. 2011. "Penentuan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Di Kabupaten Klaten Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis". *Jurnal Bumi Indonesia*. Vol 1 (2).
- Ashrafzadeh, M. 2012. "Application of fuzzy TOPSIS method for the selection of Warehouse Location: A Case Study". *Interdisciplinary Journal Of Contemporary Research In Business*. Volume 3 (9).
- Badan Standarisasi Nasional. 1994. *Tata Cara Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah (SNI 19-3241-1994)*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupten Situbondo. 2015. *Studi Kelayakan Pembangunan TPA Asembagus Kabupaten Situbondo*, Situbondo: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupten Situbondo
- Burrough, P.A., 1986, *Principles of Geographical System for Land Reources Assesment*, Oxford: Clarendon Press.
- Chang, S. H., Tseng, H. 2008. "Fuzzy Topsis Decision Method for Configuration Management", *International Journal of Industrial Engineering*. Vol 15 (3): 304-313.
- Chang, NB., Parvathinathan, G., Breeden, JB. 2008. "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region". *ELSEVIER, Journal of Environmental Management*. Vol 87 (1):139-53.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.

- Ding, J.F., 2011, "An Integrated Fuzzy Topsis Method For Ranking Alternatives And Its Application", *Journal of Marine Science and Technology*, Volume 19 (4): 341-352.
- Handoyo, J. 2012. "Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis dengan Fuzzy Multiple Criteria Decision Making untuk Penentuan Lokasi TPA Sampah. Tidak Dipublikasikan. *Tesis*. Semarang: Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Hasibuan, P.A., Mulia, A., P., Tarigan dan Nasution, Z., P. 2014, "Studi Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Dengan Metode Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kota Tebing Tinggi", *Jurnal Teknik Sipil USU*. Vol 3 (1).
- Jahanshahloo, G. R., Hosseinzadeh L. F., dan Izadikhah, M. 2006. "Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data". *Applied Mathematics and Computation*. Volume (2): 1544–1551.
- Jamila dan Hartati. S. 2011. "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Subkontrak Menggunakan Metode Entropy dan TOPSIS". *IJCCS*. Vol 5 (2).
- Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Kusumadewi, S. 2002. *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S dan Guswaluddin, I. 2005. "Fuzzy Multi-criteria Decision Making". *Media Informatika: Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia*. Vol 3(1): 25-39.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A. dan Wardoyo, R., 2006, *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maulana, S.F., Aliyah, N, H., 2010, *Teknik Pengambilan Keputusan Dengan Metode Optimasi*
- Mahamid, I. dan Thawaba, S. 2010. "Multi Criteria and Landfill Site Selection Using Gis: A Case Study From Palestine". *The Open Environmental Engineering Journal*. Volume 3 (1): 33 – 41.
- Ningrum, M., Sutarman dan Sitepu, R. 2012. "Aplikasi Metode Topsis Fuzzy Dalam Menentukan Prioritas Kawasan Perumahan Di Kecamatan Percut Sei Tuan". *Saintia Matematika*. Volume 1 (1): 101–115.

- Paul, S. 2012. "Location allocation for urban waste disposal site using multi-criteria analysis: A study on Nabadwip Municipality, West Bengal, India". *International Journal Of Geomatics And Geosciences*. Volume 3 (1).
- Pemerintah Kabupaten Situbondo. 2013. *Peraturan Pemerintah No 9 Tahun 2013 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Situbondo Tahun 2013 – 2033*. Situbondo: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Situbondo.
- Singh, R., et.al. 2014. "TOPSIS Based Multi-Criteria Decision Making of Feature Selection Techniques for Network Traffic Dataset". *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*. Volume 5 (6).
- Sudha, A.S., dan Jeba J.R. 1015. "Crop Selection based on Fuzzy TOPSIS using Entropy Weights". *International Journal of Computer Applications*. Volume 124 (14).
- Wang, T.C., et. Al. 2007. "A Fuzzy TOPSIS Approach with Subjective Weights and Objective Weights". *Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Applied Computer Science*. Hangzhou, China, April 15-17.
- Yadav, S.K. 2013. "GIS Based Approach for Site Selection in Waste Management". *International Journal of Environmental Engineering and Management*. Volume 4 (5): 507-514.

Lampiran A.

Data Lapangan Berdasarkan SNI

KRITERIA / ALTERNATIF	1	2	3	4	5	6	7
Batas Adminitrasi							
Dalam Batas		v	v	v	v	v	v
Di Luar batas tetapi di dalam sistem	v						
Di Luar batas tetapi di luar sistem							
Di luar batas							
Pemilik hak atas tanah							
Pemerintah	v	v	v	v	v	v	v
Pribadi							
Swasta/perusahaan							
Lebih dari satu pemilik							
Organisasi sosial/agama							
Kapasitas Lahan							
> 10 Tahun	v	v	v	v	v	v	v
5 - 10 Tahun							
3 - 5 Tahun							
< 3 Tahun							
Jumlah Pemilik Tanah							
1 Kepala Keluarga	v	v	v	v	v	v	v
2 - 3 Kepala Keluarga							
4 - 5 Kepala Keluarga							
6 - 10 Kepala Keluarga							
> 10 Kepala Keluarga							
Partisipasi Masyarakat							
Spontan	v	v	v	v	v	v	v
Digerakkan di atas							
Negosiasi							
Tanah (di atas muka air tanah)							
Harga kelulusan < 10-9 cm/det	v	v	v	v	v	v	v
Harga kelulusan 10-9 - 10-6 cm/det							
Harga kelulusan > 10-6							
Air Tanah							
≥ 10 m dengan kelulusan < 10-6 cm/det			v				
< 10 m dengan kelulusan < 10-6 cm/det	v	v		v	v	v	v
≤ 10 m dengan kelulusan < 10-6 cm/det - 10-4 cm/det							
< 10 m dengan kelulusan < 10-6 cm/det - 10-4 cm/det							

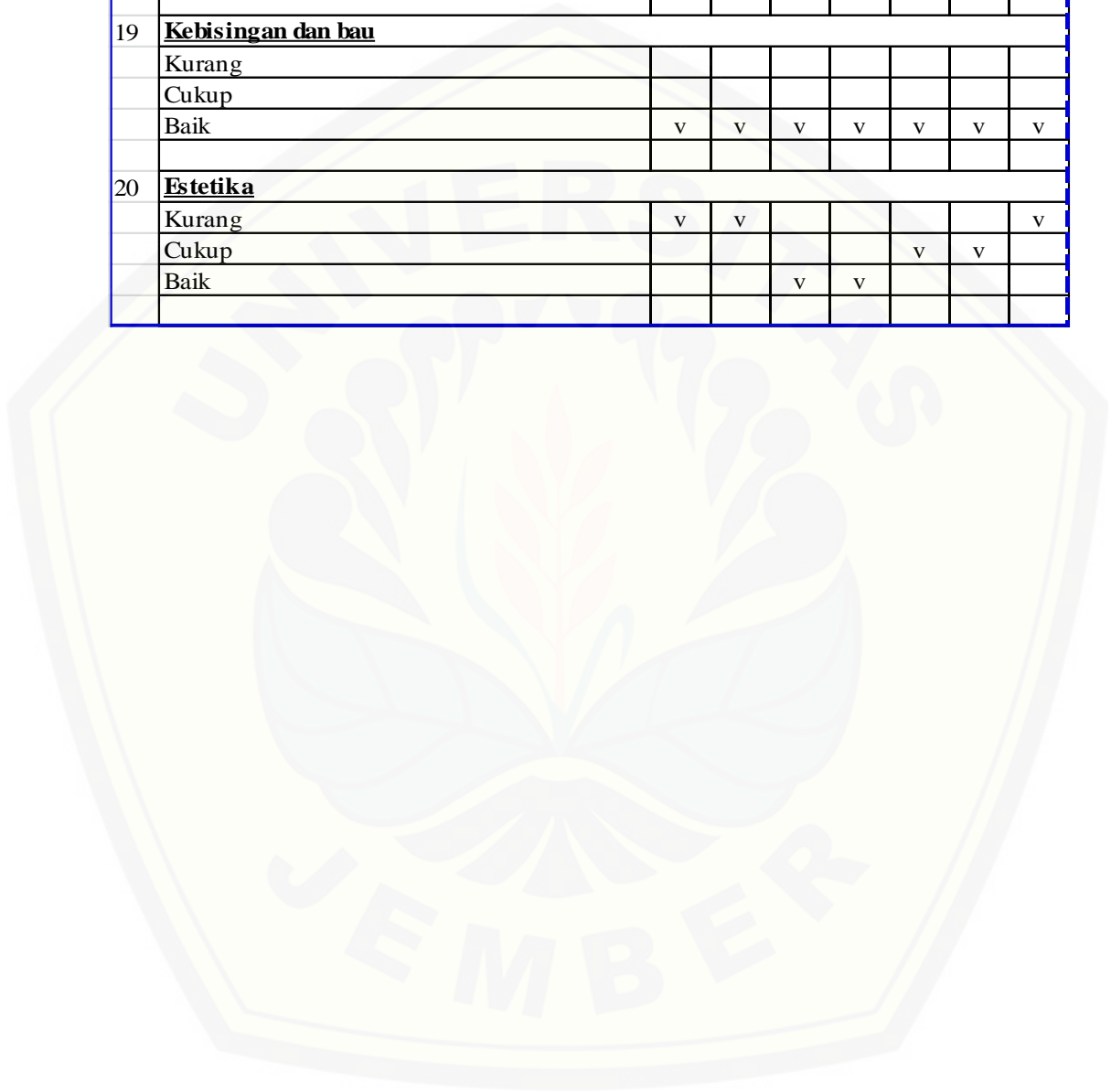
Sistem Aliran air tanah							
Discharge area/lokal	v	v	v	v	v	v	v
Discharge area dan Discharge area/lokal							
Discharge area regional dan lokal							
Kaitan dengan pemanfaatan air tanah							
Rendah dengan batas hidrolis			v			v	
Dimanfaatkan dengan batas hidrolis				v	v		v
Dimanfaatkan tanpa batas hidrolis	v	v					
Tanah Penutup							
Cukup							
Cukup sampai 1/2 umur pakai							
Tidak ada	v	v	v	v	v	v	v
Intensitas Hujan							
di bawah 500 mm pertahun							
Antara 500mm - 1000 mm per tahun	v	v	v	v	v	v	v
Di atas 1000 mm per tahun							
Jalan Menuju Lokasi							
datar dengan kondisi baik	v	v					
datar dengan kondisi buruk naik/turun			v	v	v	v	v
Transport sampah dari centroid sampah							
Kurang dari 15 menit			v	v	v	v	
16 - 30 menit		v					v
31 - 60 menit	v						
Lebih dari 60 menit							
Jalan masuk truk sampah							
Tidak melalui pemukiman	v	v					v
Melewati pemukiman sedang			v	v	v	v	
Melewati pemukiman tinggi							
Lalu lintas							
500 m dari jalan umum							
< 500 m pada lalu lintas rendah			v	v	v	v	v
< 500 m pada lalu lintas sedang		v					
berada pada lalu lintas sedang	v						
Tata guna tanah							
berdampak sedikit		v	v				
berdampak sedang	v			v	v	v	v
berdampak besar							

Pertanian								
berada di lahan pertanian tidak produktif			v					
tidak berdampak pada lahan pertanian sekitar	v	v		v	v	v	v	
terdapat pengaruh negatif terhadap pertanian sekitar								
berada di lahan pertanian produktif								
Biologis								
Nilai habitat rendah					v			
Nilai habitat tinggi	v	v		v		v	v	
Habitat kritis			v					
Kebisingan dan bau								
Terdapat zona penyangga	v	v	v	v	v	v	v	
Terdapat zona penyangga yang terbatas								
Tidak terdapat zona penyangga								
Estetika								
Operasi penimbunan tidak terlihat dari luar			v	v				
Operasi penimbunan sedikit terlihat dari luar					v	v		
Operasi penimbunan terlihat dari luar	v	v						v

Lampiran B								
Variabel Linguistik untuk Bobot Kepentingan dari Setiap Kriteria								
	Kriteria / Alternatif	1	2	3	4	5	6	7
1	<u>Batas Adminitrasi</u>							
	Sangat Kurang							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v						
	Sangat Baik		v	v	v	v	v	v
2	<u>Pemilik hak atas tanah</u>							
	Sangat Kurang							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik							
	Sangat Baik	v	v	v	v	v	v	v
3	<u>Kapasitas Lahan</u>							
	Sangat Kurang							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik							
	Sangat Baik	v	v	v	v	v	v	v
4	<u>Jumlah Pemilik Tanah</u>							
	Sangat Banyak							
	Banyak							
	Cukup							
	Sedikit							
	Sangat Sedikit	v	v	v	v	v	v	v
5	<u>Partisipasi Masyarakat</u>							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v	v	v	v	v	v	v
6	<u>Tanah (di atas muka air tanah)</u>							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v	v	v	v	v	v	v
7	<u>Air Tanah</u>							
	Sangat Rendah							
	Rendah							
	Cukup							
	Tinggi	v	v		v	v	v	v
	Sangat Tinggi			v				
8	<u>Sistem Aliran air tanah</u>							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v	v	v	v	v	v	v

9	<u>Kaitan dengan pemanfaatan air tanah</u>							
	Kurang	v	v					
	Cukup				v	v		v
	Baik			v			v	
10	<u>Tanah Penutup</u>							
	Kurang	v	v	v	v	v	v	v
	Cukup							
	Baik							
11	<u>Intensitas Hujan</u>							
	Kurang							
	Cukup	v	v	v	v	v	v	v
	Baik							
12	<u>Jalan Menuju Lokasi</u>							
	Kurang							
	Cukup			v	v	v	v	v
	Baik	v	v					
13	<u>Transport sampah dari centroid sampah</u>							
	Sangat Jauh							
	Jauh							
	Cukup	v						
	Dekat		v					v
	Sangat Dekat			v	v	v	v	
14	<u>Jalan masuk truk sampah</u>							
	Kurang							
	Cukup			v	v	v	v	
	Baik	v	v					v
15	<u>Lalu lintas</u>							
	Sangat Jarang							
	Jarang	v						
	Cukup		v					
	Padat			v	v	v	v	v
	Sangat Padat							
16	<u>Tata guna tanah</u>							
	Kurang							
	Cukup	v			v	v	v	v
	Baik		v	v				
17	<u>Pertanian</u>							
	Sangat Kurang							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v	v		v	v	v	v
	Sangat Baik			v				

18	Biologis							
	Kurang			v				
	Cukup	v	v		v		v	v
	Baik					v		
19	Kebisingan dan bau							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v	v	v	v	v	v	v
20	Estetika							
	Kurang	v	v					v
	Cukup					v	v	
	Baik			v	v			



Lampiran C.

Derajat Kecocokan Setiap Alternatif dengan Kriterianya

Alternatif	Kriteria														
	C1			C2			C3			C4			C5		
1	0.5	0.75	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
2	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
3	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
4	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
5	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
6	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
7	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9

Alternatif	Kriteria														
	C6			C7			C8			C9			C10		
1	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5	0.01	0.01	0.5
2	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5	0.01	0.01	0.5
3	0.5	0.9	0.9	0.5	0.75	1	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5
4	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.01	0.5	0.9	0.01	0.01	0.5
5	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.01	0.5	0.9	0.01	0.01	0.5
6	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5
7	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.01	0.5	0.9	0.01	0.01	0.5

Alternatif	Kriteria														
	C11			C12			C13			C14			C15		
1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.25	0.5	0.75	0.5	0.9	0.9	0	0.25	0.5
2	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.5	0.75	1	0.5	0.9	0.9	0.25	0.5	0.75
3	0.01	0.5	0.9	0.01	0.5	0.9	0.75	1	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1
4	0.01	0.5	0.9	0.01	0.5	0.9	0.75	1	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1
5	0.01	0.5	0.9	0.01	0.5	0.9	0.75	1	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1
6	0.01	0.5	0.9	0.01	0.5	0.9	0.75	1	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1
7	0.01	0.5	0.9	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.5	0.9	0.9	0.5	0.75	1

Alternatif	Kriteria														
	C16			C17			C18			C19			C20		
1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5
2	0.5	0.9	0.9	0.5	0.75	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5
3	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.01	0.01	0.5	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9
4	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9
5	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.5	0.9
6	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.5	0.9
7	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5

Lampiran D. Aplikasi M-File dalam Pemrograman MATLAB

```

clc; clear all;
close all;
ada1=0; ada2=0;
set(0, 'Units', 'points')
Screen = get(0, 'screensize');
pos=[0 0 400+200 380];

win1=figure(...
'units', 'points', ...
'position', [Screen(3:4)/2-pos(3:4)/2 pos(3:4)], ...
'color', [1 .5 .0], ...
'resize', 'off', ...
'menubar', 'none', ...
'toolbar', 'none', ...
'numbertitle', 'off', ...
'name', 'Input Data');

%=====
labell=icontrol('parent', win1, ...
'units', 'points', ...
'position', [10 310 380+200 65], ...
'style', 'text', ...
'string', {'OPTIMASI PENENTUAN LOKASI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR
SAMPAH'; 'MENGUNAKAN SIG DAN METODE TOPSIS FUZZY DI KABUPATEN
SITUBONDO'; ''}; 'Oleh: Heri Mulyanti'}, ...
'fontname', 'times new roman', 'BackgroundColor', [.9 .9 .5], ...
'fontsize', 12, 'fontweight', 'bold');

%=====
hp0 = uipanel('parent', win1, ...
'Title', 'Input data', 'FontSize', 12, ...
'units', 'points', ...
'fontweight', 'bold', ...
'BackgroundColor', [.8 .8 .0], ...
'Position', [10 35 380+200 270]);
labell=icontrol('parent', win1, ...
'units', 'points', ...
'position', [15 275 100+110 15], ...
'style', 'text', 'horizontalalignment', 'left', ...
'string', 'Jumlah Alternatif: ', ...
'fontname', 'times new roman', 'BackgroundColor', [.8 .8 .0], ...
'fontsize', 12, 'fontweight', 'bold');
edit1=icontrol('parent', win1, ...
'units', 'points', ...
'position', [110 275 80 18], ...
'style', 'edit', 'horizontalalignment', 'left', ...
'string', '7', ...
'fontname', 'times new roman', ...
'fontsize', 12, 'fontweight', 'bold');
proses1=icontrol('parent', win1, ...
'units', 'points', ...
'position', [200 275 60 17], ...
'style', 'Pushbutton', ...

```



```

        'callback','input_data',...
        'string','OK ',...
        'fontname','times new roman',...
        'fontsize',12);
set([label1 edit1 proses1],'visible','off');
% proses2=uicontrol('parent',win1,...
%     'units','points',...
%     'position',[15 255 60 15],...
%     'style','Pushbutton',...
%     'callback','openfile',...
%     'string','File: ',...
%     'fontname','times new roman',...
%     'fontsize',12);
% label2=uicontrol('parent',win1,...
%     'units','points',...
%     'position',[75 255-0 305 15],...
%     'style','text','horizontalalignment','left',...
%     'string','',...
%     'fontname','times new roman','BackgroundColor',[.7 .8
%     .9],...
%     'fontsize',12,'fontweight','bold');
tabel1 = uitable('Parent',win1,...
    'units','point',...
    'hitTest','on',...
    'backgroundcolor',[1 1 .5; .5 1 1],...
    'ColumnEditable',true,...
    'fontname','times new roman',...
    'foregroundcolor',[0 0 0],...
    'fontsize',10,...
    'Position',[15 40+0 370+200 210]);

proses3=uicontrol('parent',win1,...
    'units','points',...
    'position',[240 10+0 60 20],...
    'style','Pushbutton',...
    'callback','simpan',...
    'string','Insert ',...
    'fontname','times new roman',...
    'fontsize',12);
proses4=uicontrol('parent',win1,...
    'units','points',...
    'position',[305 10+0 60 20],...
    'style','Pushbutton',...
    'callback','close',...
    'string','Close ',...
    'fontname','times new roman',...
    'fontsize',12);
menu12=uimenu('parent',win1,...
    'Label','Open File','callback','openfile');
menu11=uimenu('parent',win1,...
    'Label','Reset','callback','RISET');

%=====
%=====
kriteria={'Batas Administrasi','Pemilik hak atas tanah','Kapasitas
Lahan','Jumlah Pemilik Tanah','Partisipasi Masyarakat',...

```

```
'Tanah', 'Air Tanah', 'Sistem Aliran Air Tanah', 'Kaitan dengan
pemanfaatan air tanah', 'Tanah Penutup', ...
'Intensitas Hujan', 'Jalan Menuju Lokasi', 'Transport Sampah
dari Centroid Sampah', 'Jalan Masuk Truk Sampah', 'Lalu Lintas', ...
'Tata Guna Tanah', 'Pertanian', 'Biologis', 'Kebisingan dan
Bau', 'Estetika'};
n_alternatif=str2num(get(edit1, 'string'));
% kriteria=cell(1,1);
% for i=1:20
%     kriteria(i)={'Kriteria ' num2str(i)};
% end

desa={'Wonorejo', 'Sumberwaru', 'Sumberejo', 'Bantal', 'Kedunglo', 'Moj
osari', 'Sopet'};
% desa=cell(1,1);
% for i=1:n_alternatif
%     desa(i)={'Alternatif ' num2str(i)};
% end
set(tabell1, 'columnName', kriteria, 'rowName', desa);
input_alternatif;
```

Lampiran E. Langkah-langkah TOPSIS *Fuzzy* Menggunakan Pemrograman MATLAB

- 1) Membangun matriks keputusan *fuzzy* dan menghitung bobot dari setiap kriteria
 - a) Data Awal untuk Setiap Alternatif dan Kriteria Calon Lokasi TPA Sampah

The screenshot shows a software window titled "Input Data" with the following content:

**OPTIMASI PENENTUAN LOKASI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH
MENGUNAKAN SIG DAN METODE TOPSIS FUZZY DI KABUPATEN SITUBONDO**

Oleh: Heri Mulyanti

Input data

	Batas Administrasi	Pemilik hak atas tanah	Kapasitas Lahan	Jumlah Pemilik Tanah	Partisipasi Masyarakat
Wonorejo	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik
Sumberwaru	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik
Sumberejo	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik
Bantal	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik
Kedunglo	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik
Mojosari	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik
Sopet	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik

Buttons: Insert, Close

- b) Data Fuzzy untuk Setiap Alternatif dan Kriteria Calon Lokasi TPA Sampah

The screenshot shows a software window titled "Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution" with the following content:

entropy-based objective weighting method

Data Pij Ej Dj Wj

	C1a	C1b	C1c	C2a	C2b	C2c	C3a	C3b
Wonorejo	0.5000	0.7500	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Sumberwaru	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Sumberejo	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Bantal	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Kedunglo	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Mojosari	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Sopet	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1

Output

rij A+ Di+ CCI
 Vj A- Di- Hasil

2a) Nilai proyeksi setiap kriteria P_{ij}

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data P_{ij} E_j D_j W_j

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Wonorejo	0.1111	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429
Sumberwaru	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429
Sumberejo	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1818	0.1429
Bantal	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429
Kedunglo	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429
Mojosari	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429
Sopet	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429

Output

r_{ij} A^+ D_i^+ CC_i
 V_{ij} A^- D_i^- Hasil

2b) Nilai entropi e_j

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data P_{ij} E_j D_j W_j

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
e_j	0.9977	1	1	1	1	1	0.9970	1	0.8212

Output

r_{ij} A^+ D_i^+ CC_i
 V_{ij} A^- D_i^- Hasil

2c) Tingkat divergensi d_j

The screenshot shows the 'entropy-based objective weighting method' window. The 'Data' section contains a table with the following values:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
d_j	0.0023	0	0	0	0	0	0.0030	0	0.1788

The 'Output' section has several checkboxes: rij, A+, Di+, CCI, Vj, A-, Di-, and Hasil. The output area is currently empty.

2d) Pembobotan obyektif untuk setiap kriteria (W_j)

The screenshot shows the 'entropy-based objective weighting method' window. The 'Data' section contains a table with the following values:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
W_j	0.0035	0	0	0	0	0	0.0045	0	0.2730

The 'Output' section has several checkboxes: rij, A+, Di+, CCI, Vj, A-, Di-, and Hasil. The output area is currently empty.

3) Matriks ternormalisasi (\widetilde{R})

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data Pij Ej Dj Wj

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
wj	0.0035	0	0	0	0	0	0.0045	0	0.2730

Output

rij A+ Di+ Cci
 Vj A- Di- Hasil

	C1a	C1b	C1c	C2a	C2b	C2c	C3a	C3b
Wonorejo	0.5000	0.7500	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Sumberwaru	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Sumberejo	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Bantal	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Kedunglo	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Mojosari	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Sopet	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1

4) Bobot matriks normalisasi (\widetilde{V})

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data Pij Ej Dj Wj

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
wj	0.0035	0	0	0	0	0	0.0045	0	0.2730

Output

rij Vj A+ Di+ Cci
 A- Di- Hasil

	C1a	C1b	C1c	C2a	C2b	C2c	C3a	C3b
Wonorejo	0.0017	0.0026	0.0035	0	0	0	0	0
Sumberwaru	0.0026	0.0035	0.0035	0	0	0	0	0
Sumberejo	0.0026	0.0035	0.0035	0	0	0	0	0
Bantal	0.0026	0.0035	0.0035	0	0	0	0	0
Kedunglo	0.0026	0.0035	0.0035	0	0	0	0	0
Mojosari	0.0026	0.0035	0.0035	0	0	0	0	0
Sopet	0.0026	0.0035	0.0035	0	0	0	0	0

5a) Matriks (A^+)

The screenshot shows the 'entropy-based objective weighting method' interface. The 'Data' section contains a table with weights w_j for criteria C1 through C9. The 'Output' section shows the resulting matrix A^+ for the same criteria.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
w_j	0.0035	0	0	0	0	0	0.0045	0	0.2730

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A^+	0.0026	0.0035	0.0035	0	0	0	0	0	0

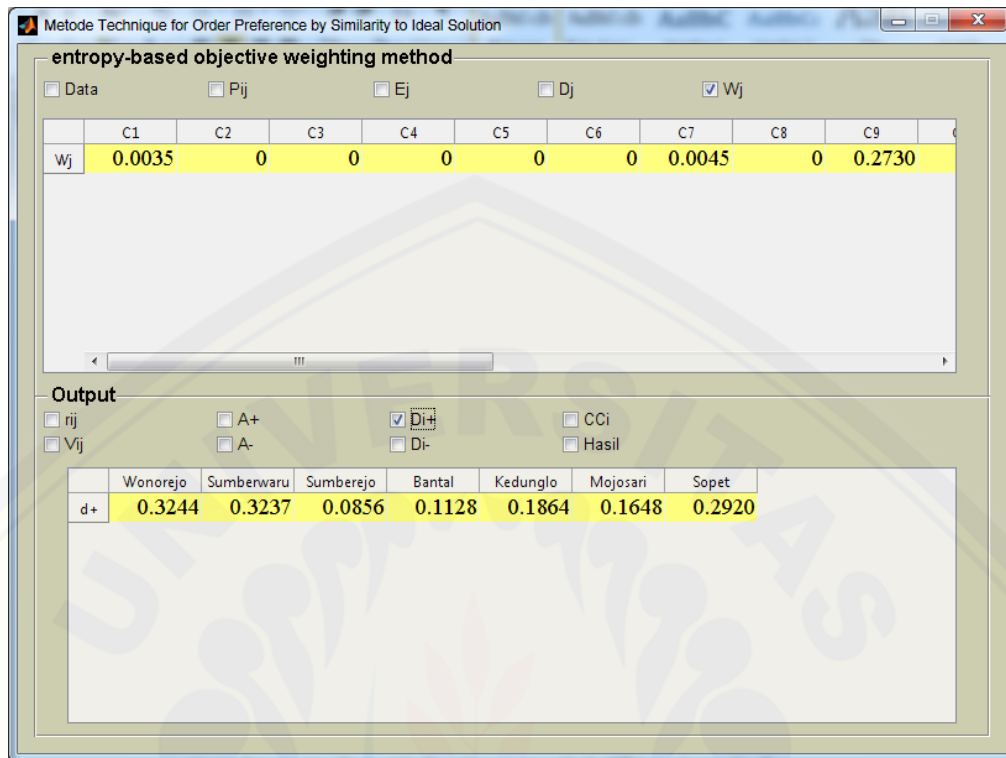
5b) Matriks (A^-)

The screenshot shows the 'entropy-based objective weighting method' interface. The 'Data' section contains the same weight table as in 5a. The 'Output' section shows the resulting matrix A^- for the same criteria.

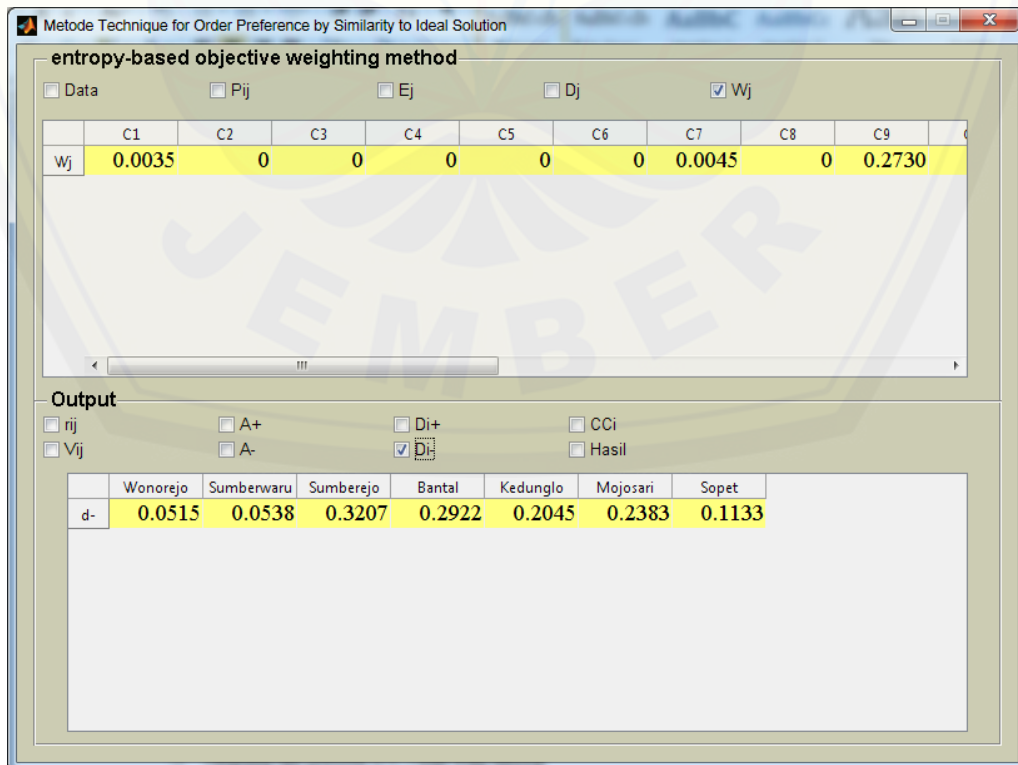
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
w_j	0.0035	0	0	0	0	0	0.0045	0	0.2730

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A^-	0.0017	0.0026	0.0035	0	0	0	0	0	0

6a) Matriks (d_i^+)



6b) Matriks (d_i^-)



7) Nilai preferensi (CC_i)

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data Pij Ej Dj Wj

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
wj	0.0035	0	0	0	0	0	0.0045	0	0.2730

Output

rij A+ Di+ CC_i
 Vj A- Di- Hasil

	CC_i	Rank
Wonorejo	0.1370	7
Sumberwaru	0.1425	6
Sumberejo	0.7893	1
Bantal	0.7215	2
Kedunglo	0.5231	4
Mojosari	0.5912	3
Sopet	0.2796	5

Lampiran F. Peta Alternatif Calon Lokasi TPA Sampah



**OPTIMASI PENENTUAN LOKASI
TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH
DI KABUPATEN SITUBONDO
MENGUNAKAN SIG DAN METODE TOPSIS FUZZY**

TESIS

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Magister Matematika (S2)
dan mencapai gelar Magister Sains

Oleh

**HERI MULYANTI
NIM 121820101009**

**MAGISTER MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2016

PERSEMBAHAN

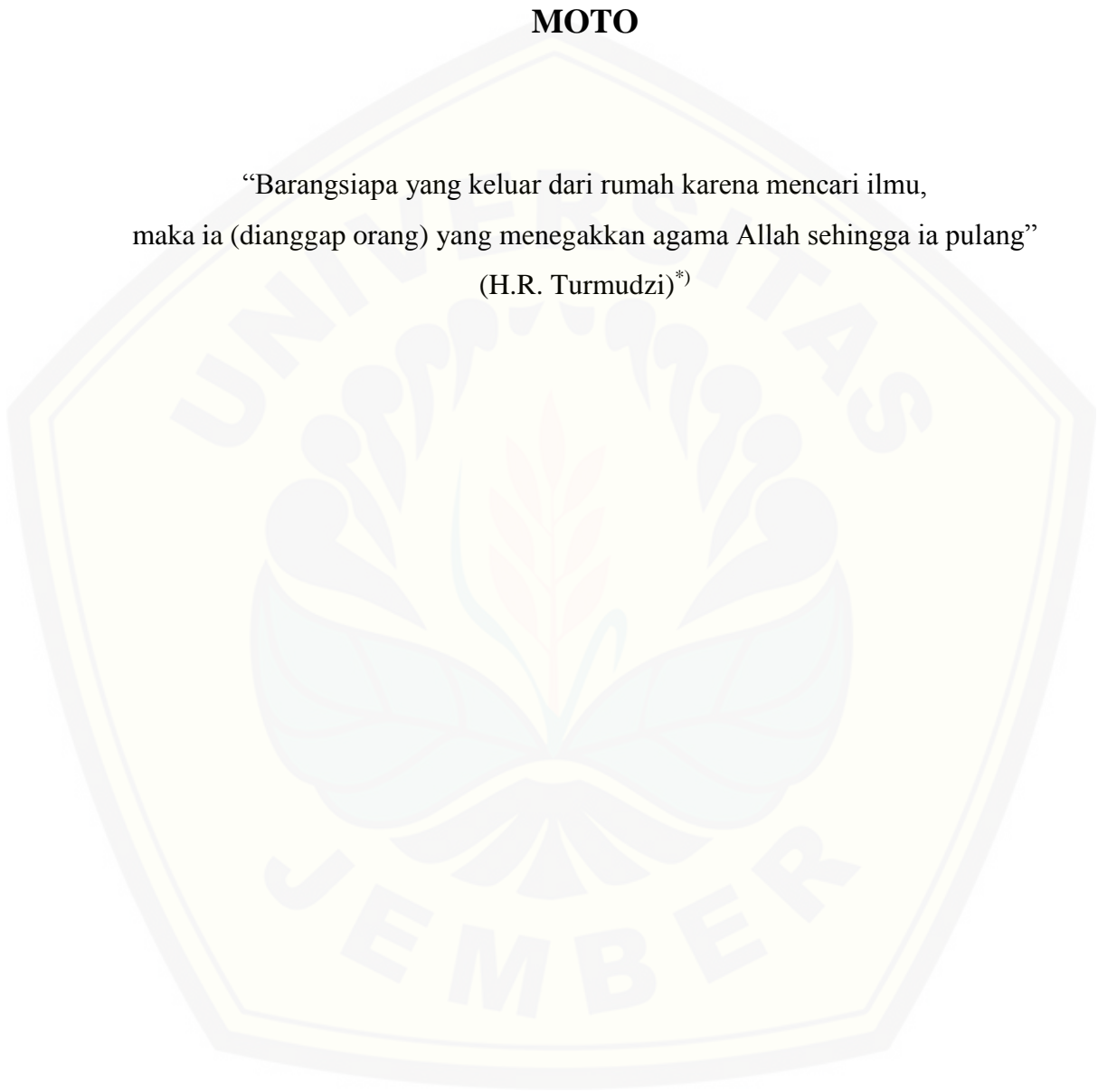
Tesis ini saya persembahkan untuk :

5. Anak-anakku tersayang Kakak Fathi, Mbak Lisa dan Adik Fadil yang selalu menginspirasi;
6. Suamiku tercinta Heri Susanto yang selalu mendukung;
7. Keluarga besar Bani Soedjono yang selalu memberikan motivasi dan do'a;
8. Almarhum Bapak Soendjoto dan Ibu Suhaja dengan kasih sayangnya selalu memberikan semangat baik secara spiritual dan material sampai terselesaikannya tesis ini.

MOTO

“Barangsiapa yang keluar dari rumah karena mencari ilmu,
maka ia (dianggap orang) yang menegakkan agama Allah sehingga ia pulang”

(H.R. Turmuzi)^{*)}



^{*)} Al Ghazali, M. 1992. *Akhlaq Seorang Muslim*. Semarang: CV Wicaksana.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Heri Mulyanti

NIM : 121820101009

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini yang berjudul " Optimasi Penentuan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Di Kabupaten Situbondo Menggunakan SIG dan Metode Topsis Fuzzy" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Juni 2016

Yang menyatakan,

Heri Mulyanti
NIM 121820101009

TESIS

**OPTIMASI PENENTUAN LOKASI
TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH
DI KABUPATEN SITUBONDO
MENGUNAKAN SIG DAN METODE TOPSIS FUZZY**

Oleh

Heri Mulyanti
NIM 121820101009

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs.Moh. Hasan, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Kamsyakawuni, S.Si.M.Kom

PENGESAHAN

Tesis berjudul “Optimasi Penentuan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Di Kabupaten Situbondo Menggunakan SIG dan Metode Topsis Fuzzy” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs.Moh. Hasan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640404 198802 1 001

Ahmad Kamsyakawuni, S.Si, M.Kom
NIP 19721129 199802 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr.Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si
NIP 19740719 200012 1 001

Drs.Yagus Wijayanto, MA., Ph.D.
NIP 19660614 199201 1 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas jember

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D

NIP 19610108 198602 1 001

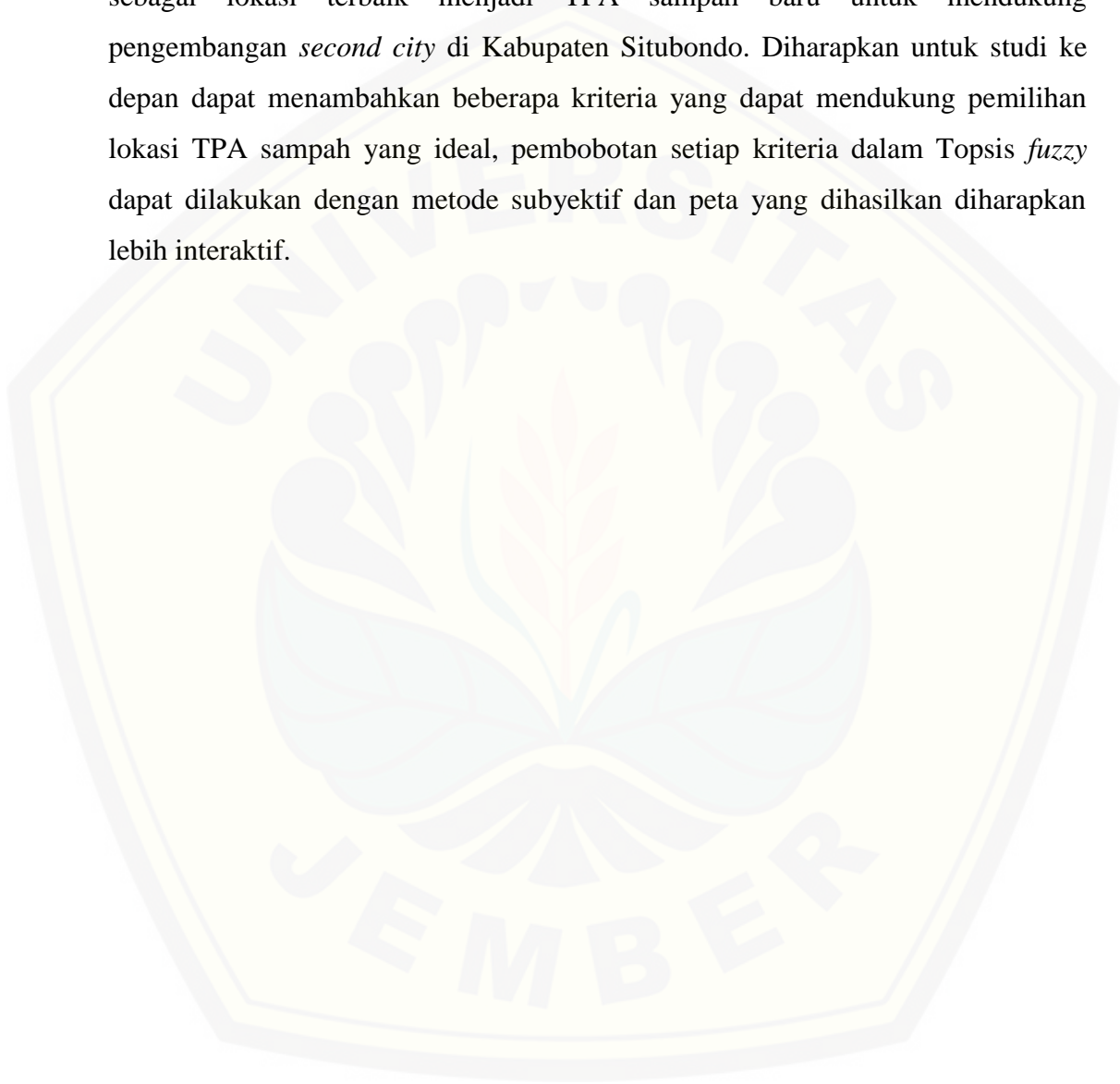
RINGKASAN

Optimasi Penentuan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Di Kabupaten Situbondo Menggunakan SIG dan Metode Topsis Fuzzy. Heri Mulyanti, 121820101009; 2016: 53 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Dalam rangka penyelenggaraan pengelolaan sampah, maka pemerintahan kabupaten/kota mempunyai kewenangan untuk menetapkan lokasi TPA sampah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, Standar Nasional Indonesia (SNI) serta berbagai literatur terkait yang merupakan bagian dari rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota. Karena dengan perencanaan yang terpadu, dampak lingkungan yang negatif disebabkan keberadaan TPA sampah dapat diminimalisasi, usaha ini dimulai dari penentuan lokasi TPA sampah yang ideal.

Pemilihan lokasi TPA sampah dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah pertama, membangun model optimasi menggunakan analisis spasial (*spasial analysis*) berupa SIG untuk memilih lokasi-lokasi alternatif yang layak menjadi TPA sampah. Parameter yang akan diujikan terdiri dari peta-peta tematik skala 1 : 50.000 yang bersumber dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Situbondo tahun 2013-2033, terdiri atas Peta Rawan Bencana Alam Kabupaten Situbondo, Peta Kawasan Resapan Air Kabupaten Situbondo, Peta Kelerengan Kabupaten Situbondo, Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Situbondo dan Peta Struktur Tanah Kabupaten Situbondo. Kelima peta tersebut di-*overlay*, hasilnya di-*overlay*-kan kembali dengan Peta Citra Satelit *Quickbird* dilanjutkan dengan survey lapangan sehingga ditetapkan 7 (tujuh) lokasi alternatif calon TPA sampah. Langkah kedua adalah pemilihan lokasi terbaik menjadi TPA sampah menggunakan metode TOPSIS *Fuzzy* pada pemrograman *Matlab*.

Analisis menggunakan metode TOPSIS *Fuzzy* memiliki konsep dimana alternatif yang terpilih merupakan alternatif terbaik yang memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif. Hasilnya ditetapkan Dusun Sodung di Desa Sumberejo Kecamatan Banyuputih sebagai lokasi terbaik menjadi TPA sampah baru untuk mendukung pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo. Diharapkan untuk studi ke depan dapat menambahkan beberapa kriteria yang dapat mendukung pemilihan lokasi TPA sampah yang ideal, pembobotan setiap kriteria dalam *Topsis fuzzy* dapat dilakukan dengan metode subyektif dan peta yang dihasilkan diharapkan lebih interaktif.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Optimasi Penentuan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Di Kabupaten Situbondo Menggunakan SIG dan Metode Topsis Fuzzy”.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini antara lain:

5. Drs.Moh. Hasan, M.Sc., Ph.D. dan Ahmad Kamsyakawuni, S.Si, M.Kom yang telah memberi bimbingan, petunjuk, dan semangat dalam penulisan tesis ini hingga selesai;
6. Dr.Alfian Futuhul Hadi, S.Si., M.Si dan Drs.Yagus Wijayanto, MA., Ph.D. yang telah memberikan kritik dan saran;
7. rekan-rekan jurusan Magister Matematika Angkatan 2012 yang selama ini memberikan doa dan dorongan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini;
8. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tesis ini dan berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN BIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.6 Latar Belakang	1
1.7 Rumusan Masalah	4
1.8 Batasan Masalah	5
1.9 Tujuan Penelitian	5
1.10	Manfaat
Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.2 Tempat Pemrosesan Akhir Sampah	7
2.2 Sistem Informasi Geografi (SIG)	9
2.2.3 Sumber Data SIG	11
2.2.4 Subsistem SIG	12
2.2.3 Komponen SIG	13
2.2.4 Metode Overlay Peta pada SIG.....	14

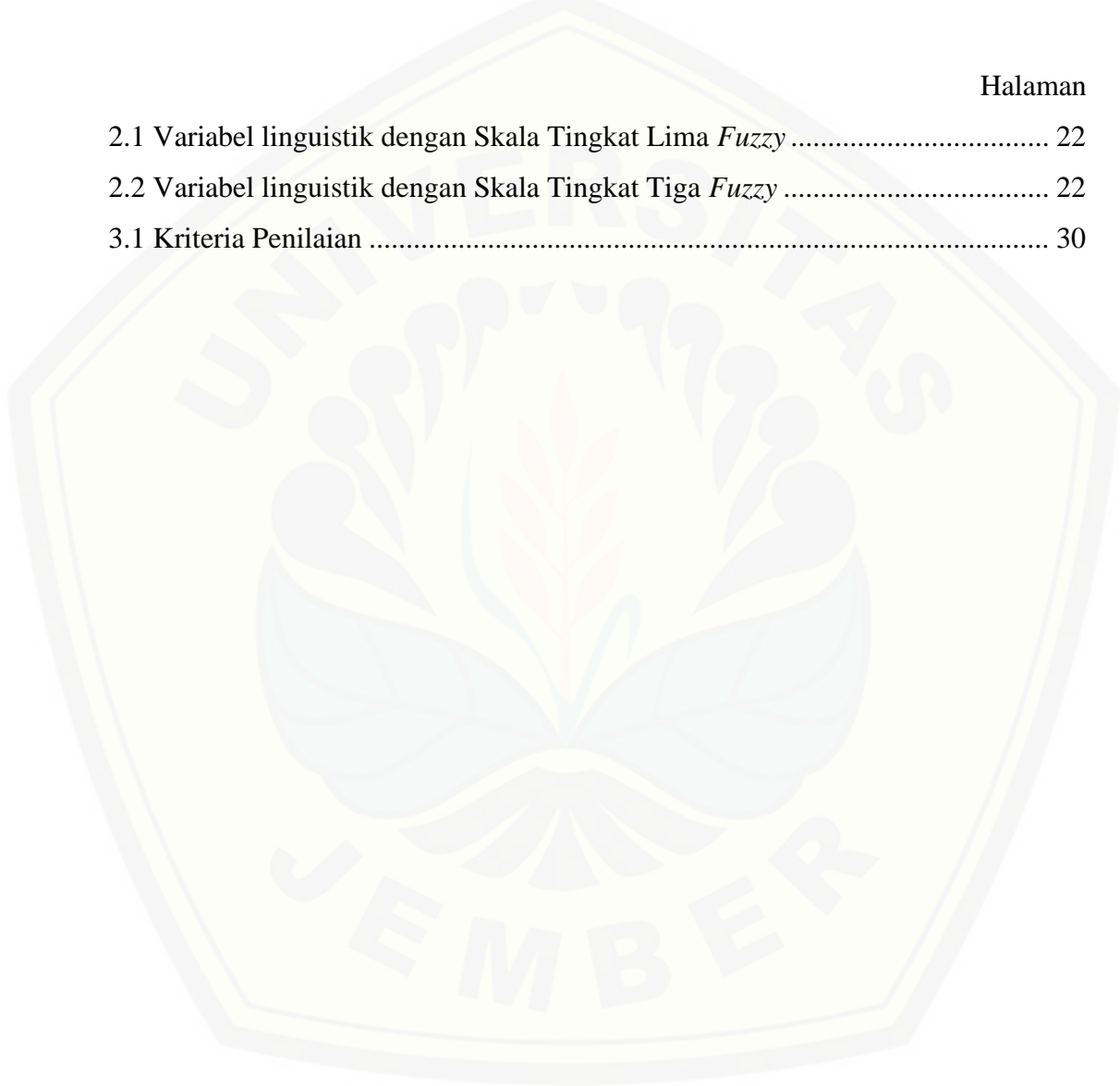
2.3.5 SIG untuk Penentuan Lokasi TPA Sampah	15
2.3 Model Optimasi	16
2.4 Multi Criteria Decision Making.....	18
2.4.1 Fuzzy Multi Criteria Decision Making	20
2.4.2 Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution	22
2.4.3 TOPSIS Fuzzy.....	23
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Pemilihan Alternatif Calon Lokasi TPA Sampah.....	32
4.1.1 Parameter Penyaringan Awal.....	32
4.1.2 Penetapan Lokasi Alternatif.....	41
4.2 Pemilihan Lokasi Terbaik Calon TPA Sampah.....	42
4.3 Pembahasan.....	45
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
A. Data Lapangan Berdasarkan SNI	54
B. Variabel Linguistik untuk Bobot Kepentingan dari Setiap Kriteria	57
C. Fungsi Keanggotaan Setiap Alternatif dengan Kriterianya	60
D. Aplikasi M-File dalam Pemrograman MATLAB	62
E. Langkah-langkah TOPSIS Fuzzy	65
F. Peta Alternatif Calon Lokasi TPA Sampah	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Penyajian Titik, Garis Dan Poligon Menggunakan Model Vektor	10
2.2 Perbedaan Penyajian Data Model Vektor Dan Model Raster	10
2.3 Subsistem SIG	12
2.4 Komponen SIG	13
2.5 Teknik Overlay dalam SIG	15
2.6 Grafik Fungsi Keanggotaan Pada Representasi Kurva Segitiga	21
3.1 Langkah-langkah Penelitian	27
3.2 Teknik Overlay Peta yang Memiliki Pembobotan	29
4.1 Batas Adminitrasi Kabupaten Situbondo	33
4.2 Peta Tingkat Kerawan Bencana	34
4.3 Peta Tekstur Tanah.....	36
4.4 Peta Kawasan Resapan Air	37
4.5 Peta Kelerengan	38
4.6 Peta Tata Guna Lahan	39
4.7 Penskoran Peta	40
4.8 Peta Zona Layak dan Tidak Layak TPA Sampah	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Variabel linguistik dengan Skala Tingkat Lima <i>Fuzzy</i>	22
2.2 Variabel linguistik dengan Skala Tingkat Tiga <i>Fuzzy</i>	22
3.1 Kriteria Penilaian	30



BAB 1. PENDAHULUAN

1.2 Latar Belakang

Kabupaten Situbondo telah mengembangkan kota kedua (*second city*) di wilayah Kecamatan Asembagus dan Kecamatan Besuki yang dikemas dalam Peraturan Bupati Situbondo Nomor 22 Tahun 2012. Diawali pada tahun 2013, pemerintah membangun relokasi pasar Asembagus yang dilanjutkan dengan pembangunan taman kota. Di tahun yang sama, juga dilaksanakan pembangunan secara bertahap untuk pengembangan obyek wisata bahari Pantai Firdaus Banongan dan Bendungan Samir di Kecamatan Asembagus.

Adanya fasilitas-fasilitas ini akan menjadi daya tarik masyarakat untuk mengunjunginya bahkan mengembangkan usaha atau menetap di sekitar wilayah tersebut. Kondisi ini dapat dipastikan akan memunculkan permasalahan baru khususnya sampah yang dihasilkan oleh para pengunjung, pengelola dan para pengusaha. Keberadaan sampah ini tentu tidak diinginkan jika dihubungkan dengan faktor kebersihan, kesehatan, kenyamanan dan keindahan. Sehingga diperlukan tempat khusus untuk menampungnya berupa tempat pemrosesan akhir sampah, selanjutnya disebut TPA sampah.

Sampah dapat menjadi malapetala jika tidak diolah dan dibuang pada tempatnya, demikian halnya dengan keberadaan TPA sampah. Sampah yang tidak dikelola dengan baik, akan berdampak pada lingkungan di sekitarnya berupa polusi air (meresapnya air lindi ke air tanah), polusi udara (bau), estetika dan membawa vektor penyakit. Artinya kualitas lingkungan di sekitar TPA sampah akan menurun.

Dalam rangka penyelenggaraan pengelolaan sampah, maka pemerintahan kabupaten/kota mempunyai kewenangan untuk menetapkan lokasi TPA sampah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, Standar Nasional Indonesia (SNI) serta berbagai literatur terkait yang merupakan bagian dari

rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota. Dengan perencanaan yang terpadu, dampak lingkungan yang negatif disebabkan keberadaan TPA sampah dapat diminimalisasi, usaha ini dimulai dari penentuan lokasi TPA sampah yang ideal.

Suatu wilayah yang direncanakan untuk menjadi lokasi TPA sampah mempunyai karakteristik geografis tersendiri karena setiap lahan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, sehingga terdapat banyak informasi yang dibutuhkan untuk memilih wilayah yang ideal untuk lokasi TPA sampah. Penelitian untuk menentukan lokasi TPA sampah pernah dilakukan oleh Anggraini (2009) dan Hasibuan (2011), keduanya melakukan proses pemilihan lokasi TPA sampah melalui tiga tahap penyaringan yaitu regional, penyisihan dan penetapan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk membantu menyelesaikan kesulitan dalam pemilihan calon lokasi TPA sampah berdasarkan kriteria-kriteria dalam SNI No:19-3241-1994.

SIG adalah suatu sistem informasi yang didesain untuk bekerja dengan data yang merujuk spasial di muka bumi atau yang merujuk pada koordinat geografi dan berfungsi untuk menganalisis informasi spasial secara terpadu untuk merencanakan dan mengambil keputusan maupun untuk memantau lingkungan. SIG saat ini merupakan salah satu elemen penting yang berfungsi sebagai pondasi dalam melaksanakan dan mendukung berbagai macam aplikasi di berbagai bidang. Sebagai contoh dalam bidang lingkungan hidup, perencanaan pembangunan, tata ruang, manajemen transportasi, pengairan, sumber daya mineral, sosial, ekonomi dan lain-lain.

Dalam kehidupan sehari-hari manusia memiliki keinginan-keinginan yang disertai keterbatasan. Keinginan dan keterbatasan yang dinyatakan dalam kuantitas tertentu akan membawa pada suatu persoalan optimasi (*optimization problem*), yaitu suatu prosedur yang hasil akhirnya diharapkan adalah keputusan optimal. Salah satu metode pengambilan keputusan yang berdasarkan pada persoalan optimasi adalah *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM). Secara umum MCDM bertujuan untuk memilih alternatif terbaik dari sekumpulan alternatif berdasarkan berbagai kriteria yang ada.

Dalam metode optimasi konvensional, cakupan umumnya hanya dibatasi pada satu kriteria pemilihan (*mono criteria*), dimana pemilihan yang diambil adalah pilihan yang paling memenuhi fungsi obyektif. Namun, masalah yang dihadapi khususnya yang lebih bersifat praktis tidaklah sesederhana itu. Adakalanya pertimbangan-pertimbangan subjektif harus dimasukkan ke dalam proses pembuatan keputusan. Kondisi ini menyebabkan pendekatan optimasi konvensional tidak lagi dapat dipergunakan sehingga MCDM dapat dilakukan menggunakan data *fuzzy* yang didasarkan pada bahasa alami. Tujuannya adalah untuk menutupi kelemahan dari permasalahan terhadap kriteria yang memiliki sifat subjektif sehingga akan diperoleh nilai yang objektif.

SIG yang terintegrasi dengan *fuzzy* dapat digunakan untuk memecahkan masalah pemilihan lokasi TPA sampah dengan mengembangkan ranking daerah TPA potensial berdasarkan berbagai kriteria dan alternatif. Chang, *et.al* (2008) dan Handoyo (2012) menentukan lokasi TPA sampah menggunakan SIG sebagai proses penyaringan awal untuk menghilangkan tanah yang tidak cocok, dilanjutkan dengan memanfaatkan metode *Fuzzy Multy Criteria Decision Making* (FMCDM) untuk mengidentifikasi lokasi paling cocok.

Jahanshaloo, *et.al* (2006) menyatakan bahwa salah satu metode FMCDM yang paling disukai untuk membuat keputusan yang kompleks dengan beberapa model atribut atau kriteria adalah *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), selanjutnya metode ini dikenal dengan TOPSIS *fuzzy*. Beberapa penelitian yang menggunakan pendekatan ini dalam pengambilan keputusannya dilakukan oleh Chang dan Tseng (2008) yang mengembangkan model struktural dengan menggabungkan fungsi *fuzzy* penyebaran kualitas dan TOPSIS *fuzzy* untuk memecahkan masalah pemilihan konfigurasi produk yang efektif di antara beberapa alternatif. Ding (2011) mengembangkan integrasi TOPSIS *fuzzy* untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan berdasarkan peringkat alternatif yang menghasilkan contoh hipotetis pemilihan mitra pengiriman yang dirancang perusahaan. Ashrafzadeh (2012) berhasil menerapkan TOPSIS *fuzzy* untuk pemilihan lokasi gudang perusahaan besar di Iran. Ningrun

(2012) juga berhasil mengaplikasikan metode TOPSIS *fuzzy* dalam menentukan prioritas kawasan perumahan di kecamatan Percut Sei Tuan.

Masalah TOPSIS *fuzzy* dengan perankingan meningkatkan evaluasi beberapa hal, diantaranya adalah evaluasi kriteria/sub kriteria, kelayakan alternatif, pengambil keputusan dan aturan keputusan ranking. Kriteria yang dimaksudkan adalah ukuran, aturan dan standar yang dapat mengambil keputusan. Kelayakan alternatif didefinisikan oleh berbagai kendala seperti ketersediaan fisik, ketersediaan sumber daya, kendala informasi dan sebagainya. Kemudian, evaluasi kriteria dari setiap alternatif yang tersedia harus ditemukan untuk mengevaluasi daya tarik alternatif dalam hal nilai kriteria atau nilai bobot.

Berdasarkan kendala dalam memilih wilayah yang ideal untuk lokasi TPA sampah, Penulis tertarik untuk mencoba melakukan penelitian dalam rangka pemilihan lokasi TPA sampah baru di lokasi pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo menggunakan metode TOPSIS *fuzzy* yang diintegrasikan dengan SIG.

1.2 Permasalahan

Pemilihan lokasi TPA Sampah merupakan masalah penting dalam proses perencanaan karena melibatkan berbagai macam komponen kriteria yang diharapkan tidak berdampak pada masalah ekonomi, ekologi dan kesehatan lingkungan. Berdasarkan latar belakang diatas dan alasan logis dimaksud, maka dapat ditarik beberapa rumusan permasalahan yaitu:

- c. Bagaimana membangun model optimasi menggunakan analisis spasial (*spasial analysis*) berupa SIG untuk memilih lokasi-lokasi alternatif yang layak menjadi TPA sampah?
- d. Bagaimana menentukan lokasi terbaik TPA sampah baru untuk mendukung pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo?

1.3 Batasan Masalah

Dalam tesis ini, dibatasi masalah sebagai berikut :

- e. Wilayah kajian hanya difokuskan pada wilayah *second city* Kecamatan Asembagus yang meliputi wilayah Kecamatan Arjasa, Jangkar, Asembagus dan Banyuputih
- f. Pengertian TPA berdasarkan PP RI Nomor 81 Tahun 2012, yaitu Tempat Pemrosesan Akhir yang selanjutnya disingkat TPA adalah tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan.
- g. Kriteria-kriteria yang digunakan untuk penentuan lokasi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah dalam tesis ini berdasarkan pada PP RI Nomor 81 Tahun 2012 dan SNI 19-3241-1994 yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum.
- h. Sistem Pendukung Keputusan yang digunakan untuk menentukan lokasi layak menjadi TPA sampah menggunakan analisis SIG untuk menentukan beberapa alternatif calon lokasi yang layak menjadi TPA sampah berdasarkan kriteria regional dilanjutkan dengan menggunakan metode *TOPSIS Fuzzy* untuk memilih lokasi TPA sampah terbaik.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

- c. Membangun model optimasi menggunakan analisis spasial (*spasial analysis*) berupa SIG untuk memilih lokasi-lokasi alternatif yang layak menjadi TPA sampah.
- d. Menentukan lokasi terbaik TPA sampah baru untuk mendukung pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo

1.6 Manfaat

Hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk :

- d. Memudahkan dalam pemilihan lokasi-lokasi alternatif yang layak menjadi TPA sampah.

- e. Memudahkan dalam menentukan lokasi terbaik TPA sampah baru untuk mendukung pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo
- f. Mengenalkan *software ArcGIS* dan *software Matlab* yang kaya dengan fungsi matematika dan visualisasi untuk melakukan proses pengambilan keputusan yang berhubungan dengan perencanaan tata ruang.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk menentukan sebuah lokasi TPA, pemerintah daerah seharusnya melakukan penelitian melalui proses seleksi pemilihan lokasi TPA sampah dengan berbagai kriteria dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan yang telah ditentukan dalam SNI untuk menentukan beberapa alternatif wilayah yang layak. Dari beberapa alternatif tersebut akan dinilai lokasi terbaik yang memenuhi syarat-syarat sebagai TPA sampah dengan skor paling tinggi, menggunakan model optimasi yang menggambarkan bagaimana setiap individu berperilaku sehingga memberikan hasil yang optimal.

2.1 Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

Tempat pemrosesan akhir yang selanjutnya disingkat TPA adalah tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan. Dalam pasal 23 PP RI No. 81 Tahun 2012 menyebutkan bahwa dalam melakukan pemrosesan akhir sampah, pemerintah kabupaten/kota wajib menyediakan dan mengoperasikan TPA sampah dengan melakukan pemilihan lokasi sesuai rencana tata ruang yang memenuhi aspek-aspek kondisi sebagai berikut.

- h. Geologi, adalah kondisi yang tidak berada di daerah sesar atau patahan yang masih aktif, tidak berada di zona bahaya geologi misalnya daerah gunung berapi, tidak berada di daerah karst, tidak berada di daerah berlahan gambut, dianjurkan berada di daerah lapisan tanah kedap air atau lempung.
- i. Hidrogeologi, adalah kondisi muka air tanah yang tidak kurang dari tiga meter, kondisi kelulusan tanah tidak lebih besar dari 10^{-6} cm/detik dan jarak terhadap sumber air minum lebih besar dari 100 m (seratus meter) di hilir aliran.
- j. Kemiringan/Kelerengan, yaitu kemiringan lokasi TPA berada pada kemiringan kurang dari 20% (dua puluh perseratus).

- k. Jarak dari lapangan terbang, yaitu lokasi TPA berjarak lebih dari 3000 m (tiga ribu meter) untuk lapangan terbang yang didarati pesawat turbo jet dan berjarak lebih dari 1500 m (seribu lima ratus meter) untuk lapangan terbang yang didarati pesawat jenis lain.
- l. Jarak dari permukiman, jarak lokasi TPA dari permukiman lebih dari 1 km (satu kilometer) dengan mempertimbangkan pencemaran lindi, kebauan, penyebaran vektor penyakit dan aspek sosial.
- m. Tidak berada di kawasan lindung/cagar alam.
- n. Bukan merupakan daerah banjir periode ulang 25 (dua puluh lima) tahun.

Ketujuh aspek di atas, dijelaskan dalam SNI sebagai kriteria regional yang digunakan untuk menentukan zona layak atau tidak layak. Selanjutnya akan dilakukan kriteria penyisihan, yaitu kriteria yang digunakan untuk memilih lokasi terbaik yaitu terdiri dari kriteria regional ditambah dengan kriteria berikut.

- a. Iklim, yang terdiri dari:
 - 3) hujan: intensitas hujan makin kecil dinilai makin baik,
 - 4) angin: arah angin dominan tidak menuju ke permukiman dinilai makin baik.
- d. Utilitas, meliputi sistem aliran air tanah, kaitan dengan pemanfaatan air tanah dan tanah penutup apabila tersedia lebih lengkap dinilai lebih baik
- e. Lingkungan biologis, yang meliputi:
 - 3) habitat: kurang bervariasi dinilai makin baik,
 - 4) daya dukung: kurang menunjang kehidupan flora dan fauna, dinilai makin baik.
- k. Kondisi tanah, terdiri dari:
 - 5) produktivitas tanah: tidak produktif dinilai lebih tinggi,
 - 6) kapasitas dan umur: dapat menampung lahan lebih banyak dan lebih lama dinilai lebih baik,
 - 7) ketersediaan tanah penutup: mempunyai tanah penutup yang cukup dinilai lebih baik,
 - 8) status tanah: makin bervariasi dinilai tidak baik.
- l. Demografi: kepadatan penduduk lebih rendah dinilai makin baik.

- m. Batas administrasi: dalam batas administrasi dinilai makin baik.
- n. Kebisingan: semakin banyak zona penyangga dinilai semakin baik.
- o. Bau: semakin banyak zona penyangga dinilai semakin baik.
- p. Estetika: semakin tidak terlihat dari luar dinilai makin baik.
- q. Ekonomi: semakin kecil biaya satuan pengelolaan sampah (per m³/ton) dinilai semakin baik.

Tahap terakhir dari pemilihan lokasi TPA sampah adalah tahap penetapan, yaitu keputusan penetapan lokasi TPA sampah paling potensial.

2.2 Sistem Informasi Geografi (SIG)

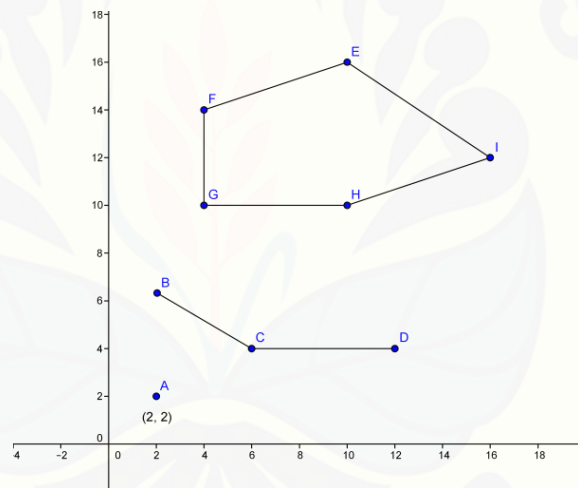
Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System*) yang selanjutnya akan disebut SIG. Burrough, 1986 mendefinisikan bahwa SIG adalah suatu sistem perangkat (*tool*) yang dapat melakukan pengumpulan, penyempurnaan, pengambilan kembali, transformasi dan visualisasi dari data spasial bumi untuk kebutuhan tertentu. Yadav, 2013 juga menyatakan bahwa SIG adalah salah satu teknologi modern yang paling canggih untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan data spasial. Data ini biasanya diatur dalam lapisan tematik dalam bentuk peta digital.

Sebagian besar data yang akan ditangani dalam SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi (*spasial*) dan informasi deskriptif (*atribute*) yang dijelaskan berikut ini :

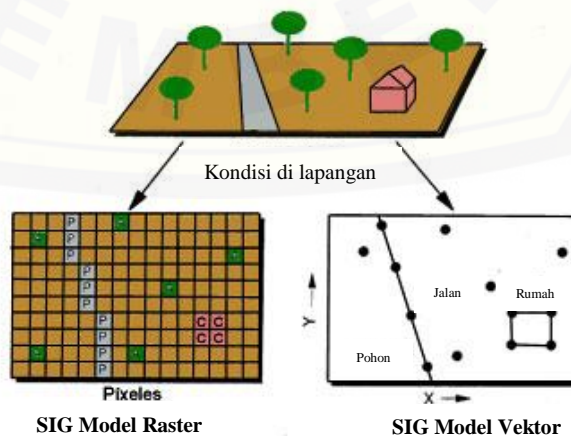
- c. Data lokasi (*spasial data*), berkaitan dengan suatu koordinat baik koordinat geografi (lintang dan bujur) dan koordinat XYZ, termasuk diantaranya informasi datum dan proyeksi.
- d. Data deskriptif (*attribute data*) atau informasi non spasial, suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan dengan informasi tersebut contohnya : jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos dan sebagainya.

Data lokasi dalam SIG dapat disimpan dengan model vektor maupun raster. Model vektor dalam SIG dikenal dengan istilah *Shape file (.shp)*, biasanya

berupa titik (*point*), garis (*polylines*) dan poligon (*polygons*) pada bidang datar, penyajiannya dalam komputer ditunjukkan pada Gambar 2.1. Titik dideskripsikan melalui sepasang koordinat x,y untuk mempresentasikan lokasi kota, pohon, sekolah dan lain-lain. Bentuk garis (garis B-D) untuk mempresentasikan lokasi/kondisi jalan atau sungai, dideskripsikan sebagai kumpulan dari koordinat-koordinat titik. Bentuk poligon (poligon EFGHI) untuk mempresentasikan lokasi/kondisi danau, rumah atau persawahan, disimpan sebagai pengulangan koordinat yang tertutup. Model raster menggunakan sel-sel dengan ukuran seragam untuk menyimpan data spasial dalam komputer, ukuran sel juga disebut dengan istilah resolusi. Semakin kecil ukuran sel berarti semakin teliti detail *spasial* yang digambarkan. Perbedaan penyajian data model vektor dan model raster dalam komputer ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Penyajian titik, garis dan poligon menggunakan model vektor



Gambar 2.2 Perbedaan penyajian data model vektor dan model raster

2.2.1 Sumber Data SIG

Salah satu syarat SIG adalah data spasial yang dapat diperoleh dari beberapa sumber, antara lain:

c. Peta Analog

Peta analog (antara lain peta topografi, peta tanah dan sebagainya) yaitu peta dalam bentuk cetak. Pada umumnya peta analog dibuat dengan teknik kartografi, kemungkinan besar memiliki referensi spasial seperti koordinat, skala, arah mata angin dan sebagainya. Dalam tahapan SIG sebagai keperluan sumber data, peta analog dikonversi menjadi peta digital dengan cara format raster diubah menjadi format vektor melalui proses digitasi sehingga dapat menunjukkan koordinat sebenarnya di permukaan bumi.

d. Data Sistem Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh (antara lain citra satelit, foto udara dan sebagainya), merupakan sumber data yang terpenting bagi SIG karena ketersediannya secara berkala dan mencakup area tertentu.

2) Citra Satelit

Citra merupakan masukan data atau hasil observasi dalam proses penginderaan jauh (*Remote Sensing*). Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu obyek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu dahulu dalam pemanfaatannya.

Citra Satelit merupakan hasil dari pemotretan/perekaman alat sensor yang dipasang pada wahana satelit ruang angkasa dengan ketinggian lebih dari 400 km dari permukaan bumi. Jenis Citra Satelit berdasarkan tingkat resolusi spasial kemampuan sensor dalam merekam obyek terkecil pada tiap pikselnya ini disebut dengan resolusi spasial. Berdasarkan tingkatan resolusinya

citra satelit dibedakan menjadi 3 macam, yaitu :

- a) Citra resolusi rendah, memiliki resolusi spasial antara 15 m s/d 30 m (Citra satelit *Landsat*)
- b) Citra resolusi sedang, memiliki resolusi spasial 2.5 m s/d 10 m (Citra satelit *SPOT*)

c) Citra resolusi tinggi, memiliki resolusi spasial 0.6 m s/d 1 m (Citra satelit *Ikonos dan Quickbird*)

4) Foto Udara

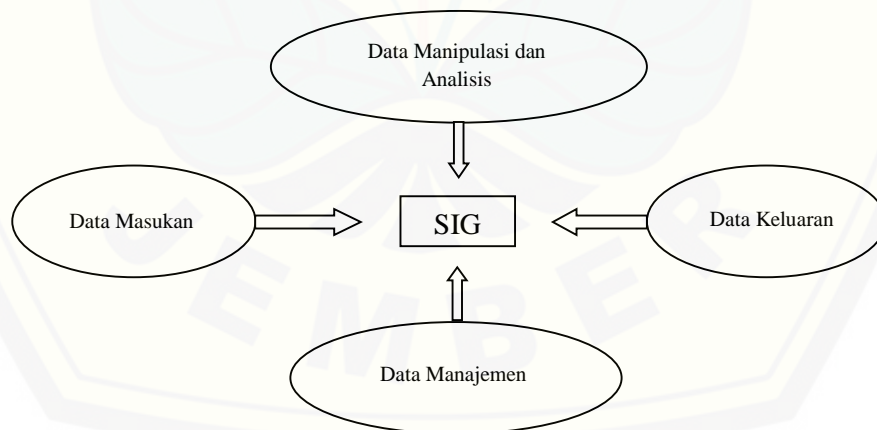
Citra foto udara adalah salah satu jenis citra hasil dari perekaman muka bumi dengan menggunakan wahana pemotretan udara seperti pesawat terbang ataupun wahana darat bergerak (*Ground Based Remote Sensing*). Citra foto hasil metode ini lebih jelas dan lebih mudah dalam pengenalan obyeknya. Data hasil pengukuran lapangan.

5) Data GPS (*Global Positioning System*)

Teknologi GPS memberikan terobosan penting dalam menyediakan data bagi SIG. Keakuratan pengukuran GPS semakin tinggi dengan berkembangnya teknologi. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format vektor.

2.2.2 Subsistem SIG

SIG dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem yang diilustrasikan dalam Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Subsistem SIG

e. Data Masukan

Subsistem ini bertugas untuk mengumpulkan, mempersiapkan, dan menyimpan data spasial dan atributnya dari berbagai sumber. Subsistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengonversikan atau

mentransformasikan format-format data asli ke dalam format yang dapat digunakan oleh perangkat SIG.

f. Data Keluaran

Subsistem ini bertugas untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran (termasuk mengekspornya ke format yang dikehendaki) seluruh atau sebagian basis data (*spasial*) baik dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy* seperti halnya tabel, grafik, report, peta dan lain sebagainya.

g. Data Manajemen

Subsistem ini mengorganisasikan baik data *spasial* maupun tabel-tabel atribut terkait ke dalam sebuah sistem basis data sedemikian rupa hingga mudah dipanggil kembali atau di-*retrieve*, di-*update*, dan di-*edit*.

h. Data Manipulasi dan Analisis

Subsistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu subsistem ini juga melakukan manipulasi (evaluasi dan penggunaan fungsi-fungsi dan operator matematis dan logika) dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

2.2.3 Komponen SIG



Gambar 2.4 Komponen SIG

SIG telah dikenal secara luas sebagai alat bantu (proses) pengambilan keputusan, komponennya terdiri dari perangkat lunak, perangkat keras, maupun aplikasi-aplikasinya seperti diilustrasikan dalam Gambar 2.4.

f. Perangkat keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang sering digunakan antara lain adalah *Digitizer, scanner, Central Processing Unit (CPU), mouse, printer, plotter*

g. Perangkat lunak (*Software*)

(*ArcView, Arc GIS, Idrisi, ARC/INFO, ILWIS, MapInfo* dan lain lain)

h. Data dan informasi geografi

Data dan informasi yang diperlukan baik secara tidak langsung dengan cara meng *import*-nya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara menjitasi data spasial dari peta dan memasukan data atributnya dari table-tabel dan laporan dengan menggunakan *keyboard*.

i. Pengguna (*user*),

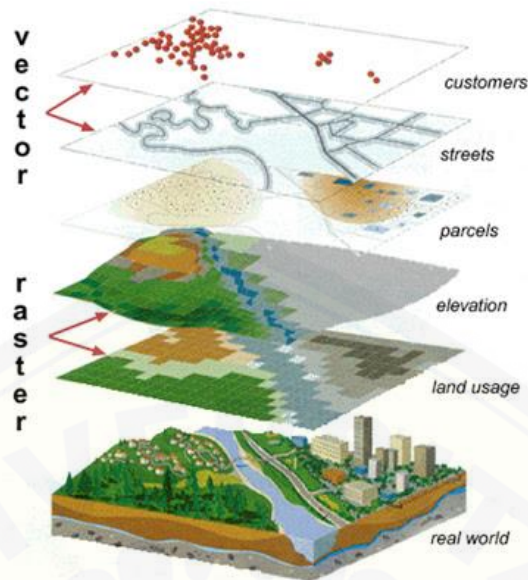
Teknologi SIG tidaklah bermanfaat tanpa manusia yang mengelola sistem dan membangun perencanaan yang dapat diaplikasikan sesuai kondisi nyata. Suatu proyek SIG akan berhasil jika di *manage* dengan baik dan dikerjakan oleh orang-orang yang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan.

j. Metode

SIG yang baik memiliki keserasian antara rencana desain dengan aturan dunia nyata, didukung oleh metode, model dan implementasi untuk setiap permasalahan. Sebagai gambaran umum, metode untuk melakukan analisis data vektor berbeda dengan metode untuk melakukan analisis data raster

2.2.4 Metode *Overlay* Peta pada SIG

Overlay merupakan proses penyatuan data dari lapisan *layer* yang berbeda. Secara sederhana *overlay* disebut sebagai operasi visual yang membutuhkan lebih dari satu *layer* untuk digabungkan secara fisik, seperti diilustrasikan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Teknik *Overlay* dalam SIG

Pemahaman bahwa overlay peta (minimal 2 peta) harus menghasilkan peta baru adalah hal mutlak. Dalam bahasa teknis harus ada poligon yang terbentuk dari 2 peta yang di-*overlay*. Jika dilihat data atributnya, maka akan terdiri dari informasi peta pembentuknya. Misalkan Peta Kelerengan dan Peta Curah Hujan, maka di peta barunya akan menghasilkan poligon baru berisi atribut lereng dan curah hujan. Teknik yang digunakan untuk *overlay* peta dalam SIG ada 2 yakni *union* dan *intersect*. Jika dianalogikan dengan bahasa Matematika, maka *union* adalah gabungan, *intersect* adalah irisan.

2.2.5 SIG untuk Penentuan Lokasi TPA Sampah

Teknologi SIG dapat digunakan untuk membantu mengambil keputusan mengenai penentuan lokasi optimal untuk suatu kepentingan. Informasi disajikan secara ringkas dan jelas berupa gambar peta yang dilampiri dengan tabel atribut, sehingga memungkinkan para pengambil keputusan untuk memusatkan perhatiannya pada masalah-masalah nyata dibanding dengan upaya memahami data. Karena produk SIG bisa dibuat secepatnya dengan berbagai skenario untuk kemudian dievaluasi secara efektif dan efisien.

Langkah-langkah utama dari pemodelan SIG berbasis model alokasi TPA (Yadav, 2013) sebagai berikut.

- j. Konseptualisasi kriteria evaluasi dan hirarki masalah alokasi TPA, tujuannya untuk pemilihan kriteria yang berhubungan dengan masalah yang sedang diteliti.
- k. Pembentukan basis data spasial, untuk mengembangkan implementasi pemodelan SIG.
- l. Pembangunan kriteria dalam lingkungan SIG, hasilnya adalah peta kriteria.
- m. Standarisasi kriteria, meliputi relaksifikasi dari setiap peta kriteria menggunakan skala pengukuran umum yang dalam hal ini sering digunakan skala ordinal.
- n. Estimasi kepentingan relatif untuk kriteria, estimasi ini dilakukan dengan pembobotan.
- o. Perhitungan indeks kesesuaian, yaitu prosedur standar untuk langkah ini adalah *overlay* beberapa peta kriteria.
- p. Zonasi daerah dalam penyelidikan, tindakan klasifikasi ini didasarkan pada indeks kesesuaian dan mengungkapkan daerah yang paling cocok untuk TPA.
- q. Sensitifitas dan validasi model.
- r. Seleksi akhir berupa evaluasi lahan

2.3 Model Optimasi

Model Optimasi adalah aspek matematis dari riset operasi (*Operations Research*), setiap algoritma dari riset operasi diturunkan dengan prinsip yang sama, yaitu untuk mencapai penyelesaian yang optimal atau dengan kata lain solusi terbaik dapat diperoleh melalui penggunaan teknik optimasi.

Masalah optimasi biasanya dinyatakan dalam bentuk fungsi matematik. Optimasi adalah proses memaksimasi atau meminimasi suatu fungsi tujuan dengan tetap memperhatikan pembatas yang ada. Suatu fungsi didefinisikan sebagai suatu aturan yang menugaskan setiap pilihan nilai x dengan satu nilai unik $y = f(x)$. Dalam hal ini x adalah *variabel independent* dan y adalah *variabel dependent*. Secara matematis, jika diketahui set $S \subset R$, dimana R adalah set dari semua bilangan riil. Kita bisa mendefinisikan suatu transformasi yang

menugaskan satu nilai numerik untuk setiap $x \in S$. Hubungan seperti ini sering disebut dengan fungsi skalar f yang didefinisikan dalam set S .

Terkait dengan pengendalian dan/atau pengelolaan sebuah sistem, prosedur optimasi merupakan prosedur penetapan nilai sejumlah variabel keputusan (*decision variables*) sesuai dengan fungsi tujuan (*objective function*) yang diinginkan (*maximize or minimize*) dan memenuhi batasan-batasan (*constraints*) yang berlaku pada sistem yang ditinjau. Dengan kata lain, ada tiga komponen dalam sebuah persoalan optimasi, yaitu fungsi tujuan, variabel keputusan, dan kendala yang merupakan sebuah model matematika atau fungsi matematik.

Dalam membuat model matematika, langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi adalah sebagai berikut :

- e. Mendefinisikan variabel-variabel,
variabel merupakan besaran yang nilainya dapat berubah-ubah.
- f. Mendefinisikan parameter-parameter,
parameter merupakan besaran yang nilainya tertentu dan tidak berubah-ubah pada kondisi yang standar.
- g. Mendefinisikan tujuan yang akan dicapai,
tujuan yang ingin dicapai dinyatakan dalam fungsi tujuan. Fungsi tujuan merupakan fungsi variabel dan parameter. berupa pernyataan upaya memaksimalkan atau meminimumkan perolehan yang dapat dimanfaatkan dalam pemilihan lokasi, seperti menentukan suatu tempat atau lokasi yang tepat untuk suatu usaha, perkantoran, pemukiman penduduk, pertokoan, tempat pemrosesan akhir sampah dan tujuan lainnya dengan memperhitungkan kelebihan dan kekurangan dari lokasi tersebut.
- h. Mendefinisikan kendala-kendala yang harus dipenuhi dalam mencapai tujuan,
kendala juga dinyatakan dalam fungsi kendala. Seperti halnya fungsi tujuan, fungsi kendala merupakan fungsi variabel dan parameter.

Permasalahan optimisasi bisa di bedakan menjadi permasalahan diskrit dan kontinyu. Permasalahan dikatakan diskrit jika variabel keputusannya bernilai diskrit. Permasalahan diskrit memiliki kandidat penyelesaian yang terbatas tetapi

ukurannya meningkat sangat pesat sesuai dengan dimensi permasalahannya (seringkali bersifat faktorial). Hal ini menyebabkan metode enumerasi tidak memungkinkan untuk dilakukan, karena memerlukan waktu yang sangat lama untuk mendapatkan penyelesaian. Berbeda dengan permasalahan diskrit, permasalahan kontinu memiliki variabel yang bernilai kontinu. Permasalahan ini memiliki kandidat penyelesaian yang tak terbatas. Umumnya batas-batas ruang pencarian dalam permasalahan kontinu sudah diketahui, sehingga pencarian hanya dibatasi pada ruang tersebut.

Selain itu masalah optimasi juga bisa dikelompokkan berdasarkan jumlah variabel.

c. Optimasi satu variabel

Problem optimisasi dengan satu variabel adalah bentuk paling disarm dari permasalahan optimisasi. Fungsi dengan satu variabel menjadi pusat permasalahan optimisasi baik dari sisi teori maupun praktek karena bentuk ini yang paling sering dihadapi para insinyur dalam praktek. Selain itu fungsi dengan satu variabel biasanya juga menjadi subproblem dalam prosedur iterasi dari penyelesaian masalah optimisasi dengan multi variabel. Karena perannya yang penting tersebut, tidak heran kalau banyak algoritma yang dikembangkan yang biasanya ditujukan untuk penyelesaian fungsi dengan satu variabel. Namun tidak jarang juga permasalahan optimasi sehari-hari adalah permasalahan yang multi variabel.

d. Optimasi multi variabel

Problem optimasi yang melibatkan lebih dari satu variabel. Misalkan kita mempunyai masalah optimasi multi variabel

2.4 Mutiple Criteria Decision Making (MCDM)

Proses analisis keputusan membutuhkan adanya kriteria sebelum memutuskan pilihan dari berbagai alternatif yang ada. Kriteria menunjukkan definisi masalah dalam bentuk yang konkret dan kadang-kadang dianggap sebagai sasaran yang akan dicapai. Analisis atas kriteria penilaian dilakukan untuk

memperoleh seperangkat standar pengukuran, untuk kemudian dijadikan sebagai alat dalam membandingkan berbagai alternatif.

Sementara itu, terkait dengan metode pengambilan keputusan yang digunakan, dikenal dengan nama MCDM. Menurut Kusumadewi, dkk (2006) “*Multiple Criteria Decision Making (MCDM)* adalah suatu metode pengambilan keputusan untuk menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu”. Kriteria biasanya berupa ukuran-ukuran, aturan-aturan atau standar yang digunakan dalam pengambilan keputusan

Berdasarkan tujuannya MCDM dapat dibagi menjadi 2 model, yaitu *Multi Attribute Decision Making (MADM)*; dan *Multi Objective Decision Making (MODM)*. Seringkali MCDM dan MADM digunakan untuk menerangkan kelas atau kategori yang sama. MADM digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam ruang diskret. Oleh karena itu, pada MADM biasanya digunakan untuk melakukan penilaian atau seleksi terhadap beberapa alternatif dalam jumlah yang terbatas. Sedangkan MODM digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah pada ruang kontinyu (seperti permasalahan pada pemrograman matematis). Secara umum dapat dikatakan bahwa, MADM menyeleksi alternatif terbaik dari sejumlah alternatif sedangkan MODM merancang alternatif terbaik.

Ada beberapa fitur umum yang akan digunakan dalam MCDM (Janko, 2005), yaitu :

- a. Alternatif, adalah obyek-obyek yang berbeda dan memiliki kesempatan yang sama untuk dipilih oleh pengambil keputusan.
- b. Atribut sering juga disebut sebagai karakteristik, komponen, atau kriteria keputusan. Meskipun pada kebanyakan kriteria bersifat satu level, namun tidak menutup kemungkinan adanya sub kriteria yang berhubungan dengan kriteria yang telah diberikan.
- c. Konflik antar Kriteria, Beberapa kriteria biasanya mempunyai konflik antara satu dengan yang lainnya, misalnya kriteria keuntungan akan mengalami konflik dengan kriteria biaya.

- d. Bobot keputusan, Bobot keputusan menunjukkan kepentingan relatif dari setiap kriteria, $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$. Pada MCDM akan dicari bobot kepentingan dari setiap kriteria.
- e. Matriks keputusan, Suatu matriks keputusan X yang berukuran $m \times n$, berisi elemen-elemen x_{ij} , yang merepresentasikan rating dari alternatif A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) terhadap kriteria C_j ($j = 1, 2, \dots, n$).

2.4.1 Fuzzy Multi Criteria Decision Making

Metode MCDM klasik memerlukan penentuan alternatif rating dan bobot kriteria yang dibuat tergantung pada penilaian/preferensi pembuat keputusan. nilai-nilai crips biasanya digunakan untuk mewakili peringkat dan bobot. Namun, dalam praktiknya, peringkat alternatif dan kriteria bobot tidak bisa dinilai secara tepat, yang mungkin berasal dari berbagai sumber, termasuk (1) informasi yang tidak terukur, (2) informasi yang tidak lengkap, (3) informasi didapat, dan (4) ketidaktahuan parsial. Dalam banyak situasi di mana kinerja rating dan bobot tidak dapat diberikan secara tepat, teori himpunan *fuzzy* diperkenalkan untuk model ketidakpastian penilaian manusia dan masalah-masalah seperti ini dikenal sebagai beberapa kriteria pengambilan keputusan *fuzzy*. Bellman dan Zadeh memperkenalkan teori himpunan *fuzzy* ke dalam MCDM sebagai pendekatan untuk secara efektif menangani ketidaktepatan yang melekat, ketidakjelasan dan ambiguitas dari proses pengambilan keputusan manusia.

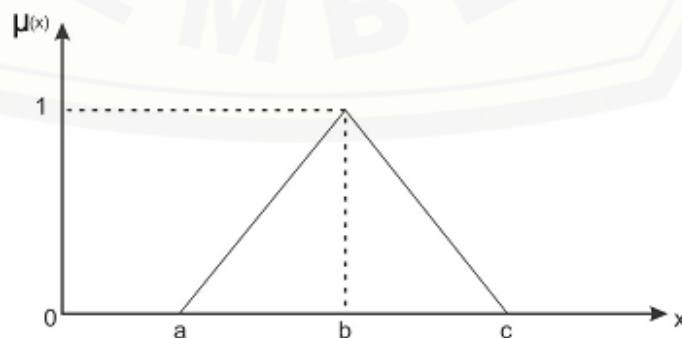
Konsep program yang membantu pengambilan keputusan (*Decision Support System*) saat ini berkembang dengan pesat, khususnya yang berdasarkan beberapa alternatif. Salah satu dari konsep tersebut adalah metode *Fuzzy Multi Criteria Decision Making* (FMCDM). Metode ini bisa membantu pengambil keputusan dalam melakukan pengambilan keputusan terhadap beberapa alternatif keputusan dengan beberapa kriteria yang menjadi bahan pertimbangan sehingga menghasilkan keputusan yang optimal (Kusumadewi *et al.*, 2005).

Berdasarkan tipe data yang digunakan pada setiap kinerja alternatif-alternatifnya, FMADM dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu semua data yang digunakan adalah data *fuzzy*, semua data yang digunakan adalah data *crisp*,

atau data yang digunakan adalah campuran dari data *fuzzy* dan *crisp*. Salah satu mekanisme untuk menyelesaikan FMADM adalah mengaplikasikan metode MADM klasik (seperti SAW, WP atau TOPSIS) untuk melakukan perankingan setelah terlebih dahulu dilakukan konversi data *fuzzy* ke data *crisp*. Apabila data *fuzzy* dalam bentuk *linguistik*, maka data tersebut harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam bilangan *fuzzy*, setelah itu dikonversikan lagi ke bilangan *crisp*.

Dalam rangka memfasilitasi pembuatan penilaian subjektif oleh pengambil keputusan menggunakan bilangan *fuzzy*, dua set istilah *linguistik* yang digunakan untuk menilai kriteria bobot dan peringkat kinerja pada setiap kriteria kualitatif masing-masing. *Variabel linguistik* adalah variabel yang menerapkan kata-kata atau kalimat dalam bahasa alami atau buatan untuk menggambarkan derajat nilai, dan kita menggunakan ungkapan seperti ini untuk membandingkan setiap kriteria *variabel linguistik* dalam lingkungan *fuzzy* sebagai "sangat baik", "baik", "cukup baik", "Kurang baik" dan "sangat tidak baik", sehubungan dengan skala tingkat lima *fuzzy*. Bilangan *fuzzy* segitiga atau fungsi keanggotaan yang digunakan untuk mewakili nilai perkiraan, dinotasikan sebagai (a, b, c) dimana $0 \leq a \leq b \leq c \leq 1$.

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) serta ditandai oleh adanya tiga parameter (a, b, c) yang menentukan koordinat x dari tiga sudut.



Gambar 2.6 Grafik fungsi keanggotaan pada representasi kurva segitiga

Fungsi Keanggotaannya adalah:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a < x \leq b \\ (c - x)/(c - b) & b < x < c \end{cases} \quad (2.1)$$

Tabel – tabel berikut ini menunjukkan beberapa skala tingkat lima *fuzzy* dan tiga *fuzzy* beserta bilangan *fuzzy* segitiga atau fungsi keanggotaannya.

Tabel 2.1 Variabel linguistik dengan skala tingkat lima *fuzzy*

Variabel Linguistik	Parameter Fungsi Keanggotaan		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Sangat Tidak Baik (STB)	0	0	0,25
Kurang Baik (KB)	0	0,25	0,5
Cukup Baik (CB)	0,25	0,5	0,75
Baik (B)	0,5	0,75	1
Sangat Baik (SB)	0,75	1	1

Tabel 2.2 Variabel linguistik dengan skala tingkat tiga *fuzzy*

Variabel Linguistik	Parameter Fungsi Keanggotaan		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Kurang	0	0	0,25
Cukup	0	0,25	0,5
Baik	0,25	0,5	0,75

2.4.2 *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*

Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution, selanjutnya disingkat TOPSIS adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang pada tahun 1981. Metode ini merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk menyelesaikan pengambilan keputusan secara praktis.

TOPSIS memiliki konsep dimana alternatif yang terpilih merupakan alternatif terbaik yang memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif. Semakin banyaknya faktor yang harus dipertimbangkan dalam proses pengambilan keputusan, maka semakin relatif sulit juga untuk mengambil keputusan terhadap suatu permasalahan. Apalagi jika upaya pengambilan keputusan dari suatu permasalahan tertentu, selain

mempertimbangkan berbagai faktor/kriteria yang beragam, juga melibatkan beberapa orang pengambil keputusan. Permasalahan yang demikian dikenal dengan permasalahan *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM). Dengan kata lain, MCDM juga dapat disebut sebagai suatu pengambilan keputusan untuk memilih alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Metode TOPSIS digunakan sebagai suatu upaya untuk menyelesaikan permasalahan MCDM. Hal ini disebabkan konsepnya sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan.

Dalam metode TOPSIS, perankingan dan bobot kriteria berguna untuk menentukan solusi. Namun dalam banyak kondisi, data yang ada terkadang tidak memadai untuk permasalahan dalam kehidupan nyata karena penilaian manusia yang termasuk preferensi sering kabur/kurang jelas dan tidak dapat memperkirakan preferensinya dengan nilai numerik yang tepat. Ekspresi bahasa, misalnya, rendah, sedang, tinggi dan lain-lain dianggap sebagai representasi pembuat keputusan. Untuk itu, diperlukan logika *fuzzy* dalam membuat keputusan pembuat preferensi yang terstruktur. Teori *fuzzy* membantu dalam konsep mengukur ketidakjelasan yang berkaitan dengan manusia yang bersifat subjektif. Untuk itu, evaluasi harus dilakukan dalam satu lingkungan. Dalam hal ini, *fuzzy* mampu membantu untuk memperbaiki kegagalan yang terjadi ketika hanya menggunakan metode TOPSIS saja.

2.4.4 TOPSIS *Fuzzy*

Pada bagian ini, dipilih metode TOPSIS *Fuzzy* dengan menggunakan pendekatan bobot berbasis entropi seperti yang dilakukan Wang, *et al.*, 2007 yang telah berhasil membantu pembuat keputusan informasi untuk membuat keputusan yang optimal melalui langkah-langkah berikut ini.

d. Membangun matriks keputusan *fuzzy*

Matriks keputusan *fuzzy* di asumsikan sebanyak i alternatif $A_i = (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ yang akan dievaluasikan terhadap j kriteria $C_j = (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ menggunakan istilah *linguistik*, yaitu nilai evaluasi *fuzzy* yang

dilakukan dengan menyiapkan nilai interval antara 0 dan 1 dan diungkapkan oleh sejumlah *fuzzy* segitiga.

Matriks keputusan *fuzzy* (\widetilde{D}) didefinisikan sebagai berikut.

$$\widetilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_{\dots} & C_j \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \dots \\ A_i \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} & \dots & \dots \end{matrix}, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad (2.2)$$

Dengan \tilde{x}_{ij} menyatakan performansi dari perhitungan untuk alternatif ke- i terhadap kriteria ke- j . Setiap kriteria $C = \{C_1, C_2, \dots, C_j\}$ dari matriks keputusan harus dinormalisasi dengan cara menghitung bobot dari setiap kriterianya.

- e. Menghitung bobot kepentingan dari setiap kriteria (\widetilde{W}) yang didefinisikan sebagai

$$\widetilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n) \quad (2.3)$$

Bobot kepentingan yang diberikan pada setiap kriteria dapat menggunakan 3 (tiga) pendekatan yaitu pendekatan subyektif dan pendekatan obyektif (Jamila, 2011). Pendekatan subyektif adalah bobot kepentingan pada setiap kriteria diserahkan sepenuhnya pada pengambil keputusan, sedangkan pendekatan obyektif adalah bobot kepentingan pada setiap kriteria diserahkan sepenuhnya kepada sistem. Pendekatan yang ketiga adalah pendekatan subyektif-obyektif yaitu bobot kepentingan pada setiap kriteria dihitung berdasarkan hasil bobot dari pendekatan subyektif dan pendekatan obyektif.

Berbagai metode dapat digunakan untuk memodelkan bobot kriteria, salah satu metode pembobotan kriteria adalah metode *entropy*. Metode *entropy* dapat menghitung bobot berdasarkan karakteristik data pada kriteria, semakin tinggi variasi antar data pada kriteria maka bobot kriteria tersebut makin tinggi atau semakin penting. Penggunaan metode *entropy* sangat fleksibel, jika bobot yang dihasilkan dari metode *entropy* belum dapat digunakan sebagai bobot kriteria untuk pengambilan keputusan maka subyektifitas dari pengambil keputusan dapat diberikan bersama-sama dengan bobot *entropy*.

Metode pembobotan obyektif berbasis entropi (*entropy-based objective weighting method*) diperoleh dengan perhitungan berikut:

- 1) menghitung nilai proyeksi setiap kriteria P_{ij}

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (2.4)$$

- 2) menghitung nilai entropi e_j sebagai

$$e_j = -k \sum_{j=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (2.5)$$

k adalah konstanta, dimana $k = (\ln(m))^{-1}$

- 3) menghitung tingkat divergensi d_j , merupakan informasi intrinsik setiap kriteria $C = \{C_1, C_2, \dots, C_j\}$

$$d_j = 1 - e_j \quad (2.6)$$

- 4) pembobotan obyektif untuk setiap kriteria diperoleh dengan rumus:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{k=1}^n d_k} \quad (2.7)$$

- f. Menentukan matriks keputusan *fuzzy* yang ternormalisasi

Matriks ternormalisasi (\tilde{R}) terbentuk dari rumus:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, \quad (2.8)$$

Dimana

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) \text{ dan } c_j^+ = \max_i c_{ij} \quad (\text{kriteria keuntungan}) \quad (2.9)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{c_j^-}{a_{ij}}, \frac{c_j^-}{b_{ij}}, \frac{c_j^-}{c_{ij}} \right) \text{ dan } a_j^- = \min_i a_{ij} \quad (\text{kriteria biaya}) \quad (2.10)$$

- h. Menghitung bobot matriks keputusan yang ternormalisasi

Bobot matriks normalisasi (\tilde{V}) untuk kriteria dihitung dengan mengalikan bobot evaluasi kriteria \tilde{w}_j dengan normalisasi matriks keputusan *fuzzy* \tilde{r}_{ij}

$$\tilde{V} = \tilde{v}_{ij_{m \times n}}, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \text{ dengan, } \tilde{v}_{ij} = \tilde{w}_j(\cdot) \tilde{r}_{ij} \quad (2.11)$$

- i. Menghitung matriks solusi ideal positif (A^+) dan matriks solusi ideal negatif (A^-)

$$(A^+) = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \tilde{v}_3^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \text{ dimana } \tilde{v}_j^+ = \max_i \{v_{ij}\} \quad (2.12)$$

$$i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n$$

$$(A^-) = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \tilde{v}_3^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \text{ dimana } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij1}\} \quad (2.13)$$

$$i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$$

- j. Menghitung jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif (d_i^+) dan matriks solusi ideal negatif (d_i^-).

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+); i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.14)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-); i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.15)$$

$d_v(\tilde{a}, \tilde{b})$ adalah jarak antara dua bilangan *fuzzy* \tilde{a} dan \tilde{b}

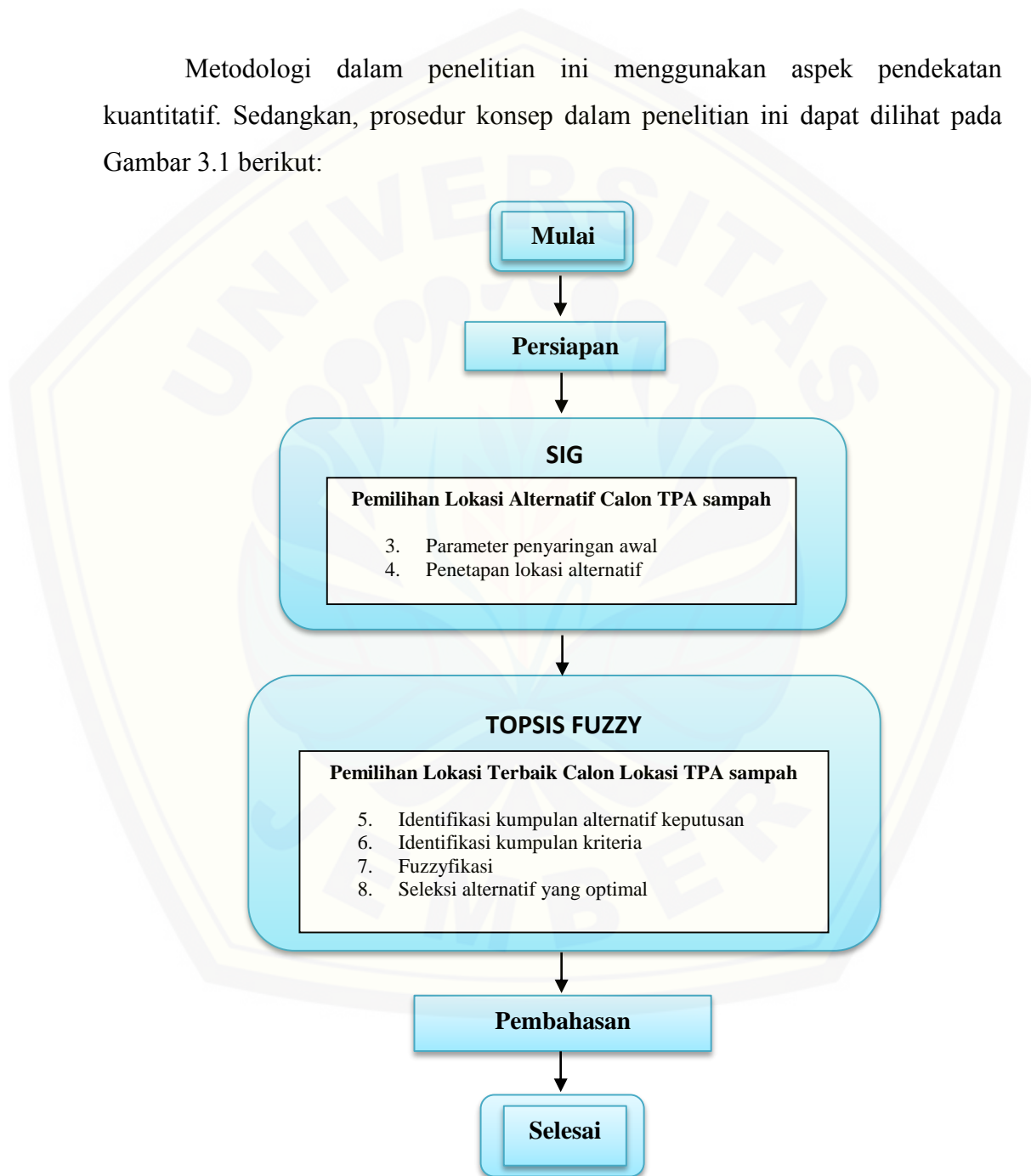
- k. Menghitung nilai preferensi (CC_i) untuk setiap alternatif

Koefisien kedekatan CC_i merupakan jarak kesolusi ideal *fuzzy* positif (A^+) dan solusi ideal *fuzzy* negatif (A^-) secara bersamaan. Koefisien kedekatan dari setiap alternatif dihitung sebagai berikut.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}; i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ dengan } 0 < CC_i < 1 \text{ dan } d_i^- + d_i^+ \neq 0 \quad (2.16)$$

BAB 3. METODE PENELITIAN

Metodologi dalam penelitian ini menggunakan aspek pendekatan kuantitatif. Sedangkan, prosedur konsep dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Prosedur konsep penelitian

Adapun penjelasan dari prosedur yang disajikan dalam Gambar 3.1 adalah sebagai berikut

e. Persiapan

bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri atas:

3) peta-peta tematik skala 1 : 50.000 yang bersumber dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Situbondo tahun 2013-2033, terdiri dari Peta Rawan Bencana Alam Kabupaten Situbondo, Peta Kawasan Resapan Air Kabupaten Situbondo, Peta Kelerengan Kabupaten Situbondo, Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Situbondo dan Peta Struktur Tanah Kabupaten Situbondo.

4) citra satelit *Quickbird* dengan resolusi 1 : 1000

f. Pemilihan alternatif calon lokasi TPA sampah

pada tahap ini akan dilakukan pemodelan spasial dengan SIG menggunakan *software ArcGIS* untuk menentukan calon-calon lokasi TPA berdasarkan kriteria regional.

3) Parameter penyaringan awal

Pada kelima peta tematik yang telah tersedia dalam bentuk *.shp* diberikan bobot/skor pada masing-masing atributnya. Pemberian skor disesuaikan dengan aspek-aspek kondisi dalam PP RI No. 81 Tahun 2012.

f) Peta Tekstur Tanah, tanah yang memiliki tekstur lempung dan liat berdebu diberi skor = 1, sedangkan tekstur tanah lainnya diberi skor = 0

g) Peta Rawan Bencana Alam, skor untuk kawasan hampir rawan, agak rawan, rawan dan sangat rawan = 0 dan kawasan aman = 1.

h) Peta Kawasan Resapan Air, skor untuk kawasan resapan air = 0 sedangkan kawasan bukan resapan air = 1.

i) Peta Kelerengan, kawasan dengan kemiringan < 20% diberi skor = 1 dan daerah dengan kemiringan > 20% diberi skor = 0.

j) Peta tata Guna Lahan, kawasan pemukiman, kehutanan, pertanian dan tanaman pangan diberi skor = 0 dan kawasan lainnya diberi skor = 1.

4) Penetapan lokasi alternatif

Selanjutnya dilakukan proses tumpang susun (*overlay*) pada semua peta yang telah diskoring. *Overlay* dilakukan dengan melakukan penjumlahan matematis dari bobot masing-masing parameter pada data atributnya menggunakan rumus 3.1 untuk memperoleh rentang nilai bobot yang akan digunakan dalam klasifikasi potensial lahan untuk TPA sampah sehingga diperoleh beberapa alternatif lokasi yang layak menjadi TPA Sampah.

$$X = \sum_{m=1}^{m=5} x_m \tag{3.1}$$

Dimana:

x_1 = Bobot Rawan Bencana Alam

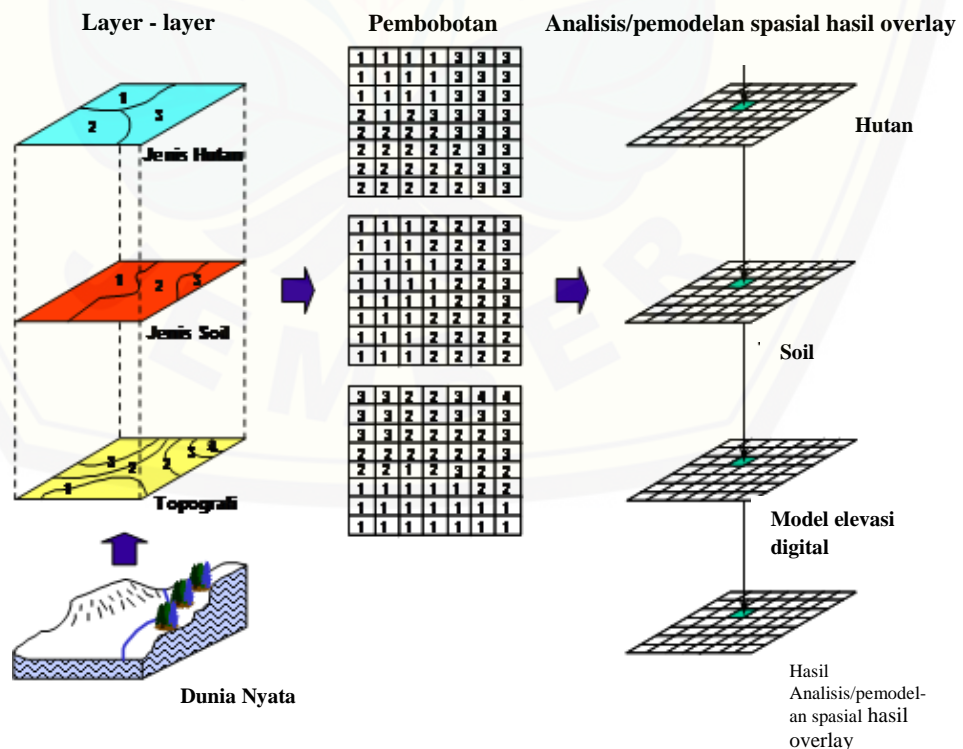
x_2 = Bobot Struktur Tanah

x_3 = Bobot Kawasan Resapan Air

x_4 = Bobot Kelerengn

x_5 = Bobot Tata Guna Lahan

Teknik *overlay* peta dijelaskan dalam Gambar 2.5 dan teknik *overlay* peta yang memiliki pembobotan diilustrasikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Teknik Overlay Peta yang Memiliki Pembobotan

Karena dikhawatirkan adanya kesalahan dalam pemilihan lokasi yang disebabkan skala peta yang sangat kecil, maka hasil overlay kelima peta tematik selanjutnya di-overlay-kan kembali dengan peta citra *Quickbird* untuk memilih lokasi-lokasi alternatif TPA sampah yang paling potensial. Selain itu, juga dilakukan survey lapangan berdasarkan pemilihan lokasi hasil *overlay* akhir tersebut untuk memastikan bahwa lokasi-lokasi terpilih adalah lokasi yang layak menjadi alternatif calon TPA sampah.

g. Pemilihan lokasi terbaik calon TPA sampah

tahap ini merupakan langkah kriteria penyisihan untuk memilih lokasi TPA sampah terbaik dari beberapa alternatif calon lokasi yang lolos penyaringan pada kriteria regional. Metode yang digunakan adalah TOPSIS *fuzzy* pada pemrograman *Matlab* dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 3) Identifikasi tujuan dan kumpulan alternatif keputusan, berdasarkan hasil *overlay* kelima peta di atas diperoleh peta alternatif calon-calon lokasi TPA sampah yang terdiri dari i alternatif $A_i = (i = 1, 2, 3, \dots, m)$
- 4) Identifikasi kumpulan kriteria, dalam penelitian ini kumpulan kriteria terangkum dalam SNI tabel 3.1, terdiri dari j kriteria $C_j = (j = 1, 2, 3, \dots, n)$.

Tabel 3.1 Kriteria Penilaian

No	C	Kriteria
1	C_1	Batas administrasi
2	C_2	Pemilik hak atas tanah
3	C_3	Kapasitas lahan
4	C_4	Jumlah pemilik tanah
5	C_5	Partisipasi masyarakat
6	C_6	Tanah (di atas muka air tanah)
7	C_7	Air tanah
8	C_8	Sistem aliran air tanah
9	C_9	Kaitan dengan pemanfaatan air tanah
10	C_{10}	Tanah penutup
11	C_{11}	Intensitas hujan

No	C	Kriteria
12	C_{12}	Jalan menuju lokasi
13	C_{13}	Transport sampah
14	C_{14}	Jalan masuk
15	C_{15}	Lalu lintas
16	C_{16}	Tata guna tanah
17	C_{17}	Pertanian
18	C_{18}	Biologis
19	C_{19}	Kebisingan dan bau
20	C_{20}	Estetika

5) *Fuzzifikasi*,

Fuzzifikasi adalah suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *fuzzy* (*variabel linguistik*) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing. Bilangan *fuzzy* segitiga atau fungsi keanggotaan yang digunakan untuk mewakili nilai perkiraan, dinotasikan sebagai (a, b, c) di mana $0 \leq a \leq b \leq c \leq 1$, seperti dijelaskan dalam gambar 2.6 beserta Tabel 2.1 dan 2.2. *Fuzzifikasi* dilakukan pada semua kriteria.

6) Seleksi alternatif yang optimal

Alternatif yang optimal merupakan pemilihan alternatif lokasi terbaik yang dihitung menggunakan Aplikasi *M-File* dalam pemrograman *Matlab* menggunakan rumus (2.2) sampai (2.16).

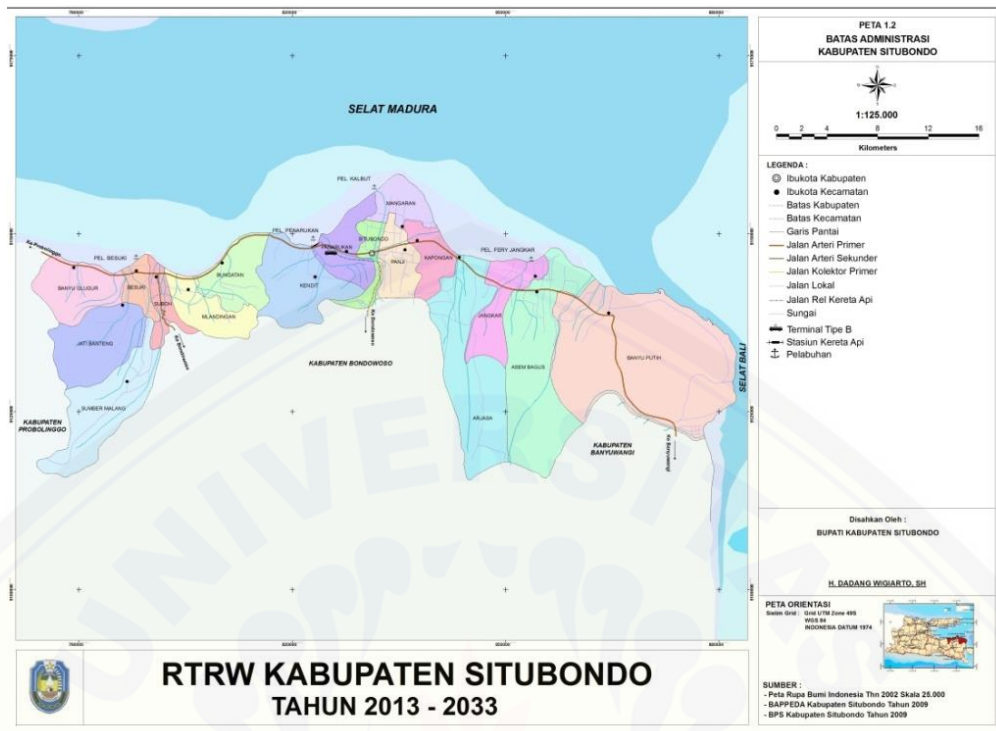
h. Pembahasan

dalam pembahasan ini akan dijabarkan hasil dari masing-masing analisis untuk memilih lokasi TPA sampah terbaik di wilayah *second city* Kabupaten Situbondo.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara geografis Kabupaten Situbondo terletak di ujung timur Pulau Jawa bagian utara, antara $113^{\circ}30'$ - $114^{\circ}42'$ Bujur Timur dan $7^{\circ}35'$ - $7^{\circ}44'$ Lintang Selatan dengan temperatur tahunan $24,7^{\circ}\text{C}$ - $27,9^{\circ}\text{C}$. Batas administrasi Kabupaten Situbondo ditunjukkan pada gambar 4.1. Wilayahnya memanjang dari barat ke timur sepanjang pantai selat madura ± 150 km dengan lebar rata-rata ± 11 km dan luas $1.638,50$ Km² yang dibagi dalam 17 wilayah kecamatan.

Dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Situbondo telah direncanakan pengembangan sistem pengelolaan berupa TPA skala regional di kawasan perkotaan Kecamatan Situbondo bagian selatan dan di sekitar kecamatan Suboh serta beberapa lokasi Tempat Penampungan Sampah Sementara (TPS) yang tersebar di seluruh kecamatan. Dengan adanya pengembangan wilayah *second city* sebagai Pusat Kegiatan Lokal Promosi (PKLp) maka dibutuhkan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah baru, salah satunya direncanakan di kawasan timur yang meliputi Kecamatan Arjasa, Kecamatan Asembagus, Kecamatan Jangkar dan Kecamatan Banyuputih dengan batas administrasi yang tampak dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Batas Adminitrasi Kabupaten Situbondo

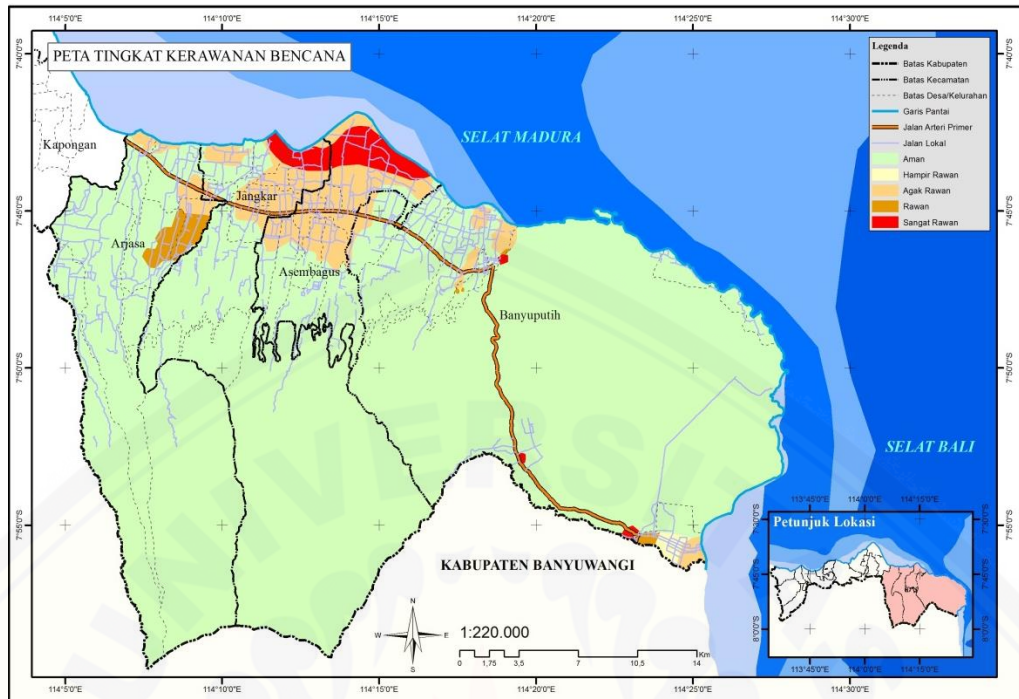
4.1 Pemilihan Alternatif Calon Lokasi TPA Sampah

4.1.1 Parameter Penyingkapan Awal

Pemilihan lokasi TPA sampah harus sesuai dengan rencana tata ruang yang memenuhi aspek-aspek kondisi yang tertuang dalam PP RI No 81 Tahun 2012, meliputi aspek geologi, hidrogeologi, kemiringan/kelerengan, jarak dari lapangan terbang, jarak dari permukiman, bukan merupakan daerah banjir periode ulang 25 (dua puluh lima) tahun dan tidak berada di kawasan lindung/cagar alam

c. Geologi

Calon lokasi TPA sampah tidak boleh berada pada kondisi geologi yang rawan bencana alam. Secara geologis, letak wilayah Kabupaten Situbondo tidak berada di daerah sesar atau patahan yang masih aktif dan tidak berada di daerah gunung berapi. Berdasarkan Peta Potensi Rawan Bencana Kabupaten Situbondo dalam Gambar 4.2 tampak bahwa di kawasan calon lokasi TPA terdiri dari 5 kategori, yaitu aman terhadap bencana, hampir rawan, agak rawan, rawan dan sangat rawan. Dari kelima kategori tersebut lokasi yang layak dijadikan calon lokasi TPA hanyalah kawasan yang memiliki kategori aman.



Gambar 4.2 Peta Tingkat Kerawan Bencana

d. Hidrogeologi

Informasi hidrogeologi dibutuhkan untuk mengetahui keberadaan muka air tanah, mendeteksi impermiabilitas tanah, lokasi sungai atau waduk dan air permukaan serta sumber air minum yang digunakan oleh penduduk sekitar. Tanah adalah kumpulan partikel padat dengan rongga yang saling berhubungan. Rongga ini memungkinkan air dapat mengalir di dalam partikel melalui rongga dari satu titik yang lebih tinggi ke titik yang lebih rendah. Komposisi tersebut yang akan memungkinkan adanya aliran air di dalam tanah ataupun kemampuan tanah dalam melewatkan air. Sifat tanah yang memungkinkan air melewatinya pada berbagai laju alir tertentu disebut permeabilitas tanah. Sifat ini berasal dari sifat alami granular tanah, meskipun dapat dipengaruhi oleh faktor lain (seperti air terikat di tanah liat). Jadi, tanah yang berbeda akan memiliki permeabilitas yang berbeda (Das, 1995). Tanah dengan permeabilitas cepat dinilai memiliki nilai yang rendah untuk menjadi lokasi calon TPA karena memberikan perlindungan yang kecil terhadap air tanah dan membutuhkan teknologi tambahan yang khusus.

Pada calon TPA dipilih kawasan dengan jenis tanah yang tidak berpasir karena memiliki porositas yang tinggi sehingga angka kelulusan air dalam tanah

akan relatif tinggi sehingga dapat mengganggu kualitas air tanah. Dalam proses pengelolaan sampah akan menghasilkan air lindi sampah (*leachate*), yaitu suatu cairan yang dihasilkan dari pemaparan air hujan pada timbunan sampah. Batuan dasar pada area calon TPA sampah menjadi sangat penting peranannya dalam meminimalisasi penyebaran air lindi sampah secara alamiah, baik pada saat bergerak menuju muka air tanah maupun saat bergerak lateral bersama air tanah.

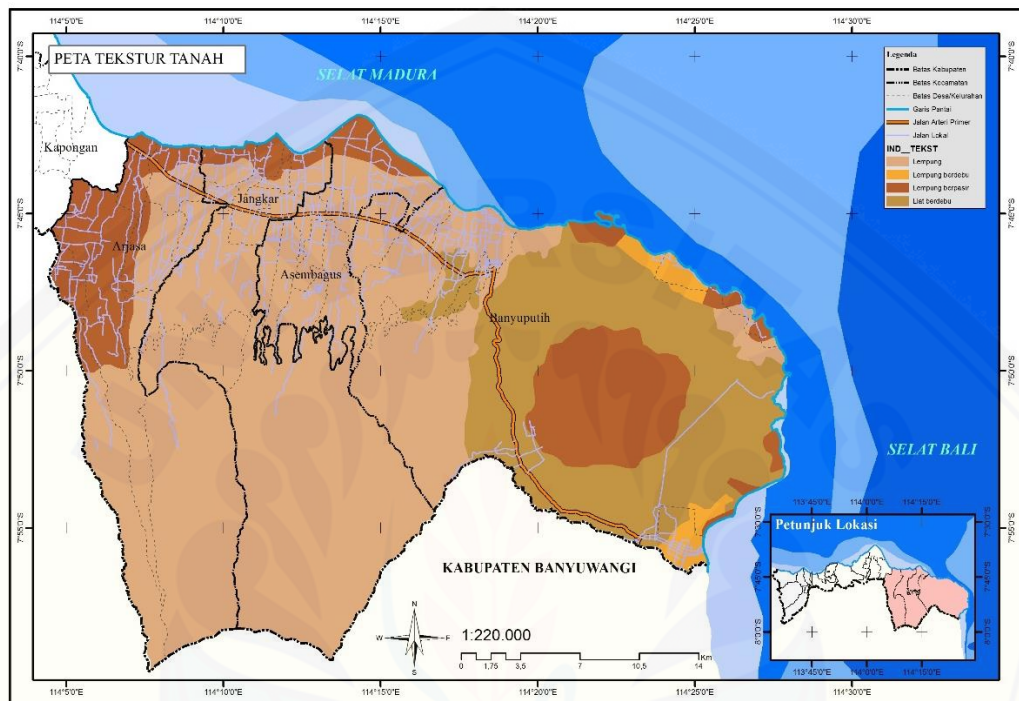
Oleh karena itu diperlukan studi pemilihan area TPA yang tidak memiliki batuan dasar dengan formasi batu pasir, batu gamping atau batuan berongga karena akan mempengaruhi permeabilitas terhadap air yang masuk ke tanah serta angka kelulusan air dalam tanahpun akan relatif tinggi sehingga dapat mengganggu kualitas air tanah.

Berdasarkan Peta Geologi lembar Situbondo terbitan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung tahun 1992 diperoleh informasi bahwa jenis batuan di kawasan studi bagian utara memiliki jenis batu endapan Alluvium, di bagian tengah memiliki formasi Bogor dan Batuan Gunung Api Baluran, sedangkan di bagian selatan memiliki jenis batuan Gunung Api Ijen Tua, serta sebagian kecil di wilayah selatan Kecamatan Banyuputih adalah jenis batuan Gunung Api Merapi, anggota Pacalan, Formasi Menuran dan Batuan Gamping Terumbu.

Berdasarkan Peta Geologi yang ada dapat diklasifikasikan tekstur tanah di wilayah kajian yang disajikan dalam Gambar 4.3 dengan sebaran sebagai berikut :

1. Sebagian wilayah utara kecamatan Arjasa memiliki tekstur tanah lempung berpasir dan sebagian wilayah di bagian selatan memiliki tekstur tanah lempung.
5. Sebagian kecil wilayah kecamatan Jangkar bagian utara memiliki tekstur tanah lempung berpasir dan sebagian besar di wilayah selatan memiliki tekstur tanah lempung
6. Sebagian kecil di wilayah kecamatan Asembagus bagian utara memiliki tekstur tanah lempung berpasir dan sebagian besar di wilayah selatan memiliki tekstur tanah lempung

- Di kecamatan Banyuputih sebagian besar wilayahnya memiliki tekstur tanah lempung dan liat berdebu, di lokasi konservasi Baluran memiliki tekstur tanah lempung berpasir dan sisanya memiliki tekstur tanah lempung berdebu dan liat berdebu.



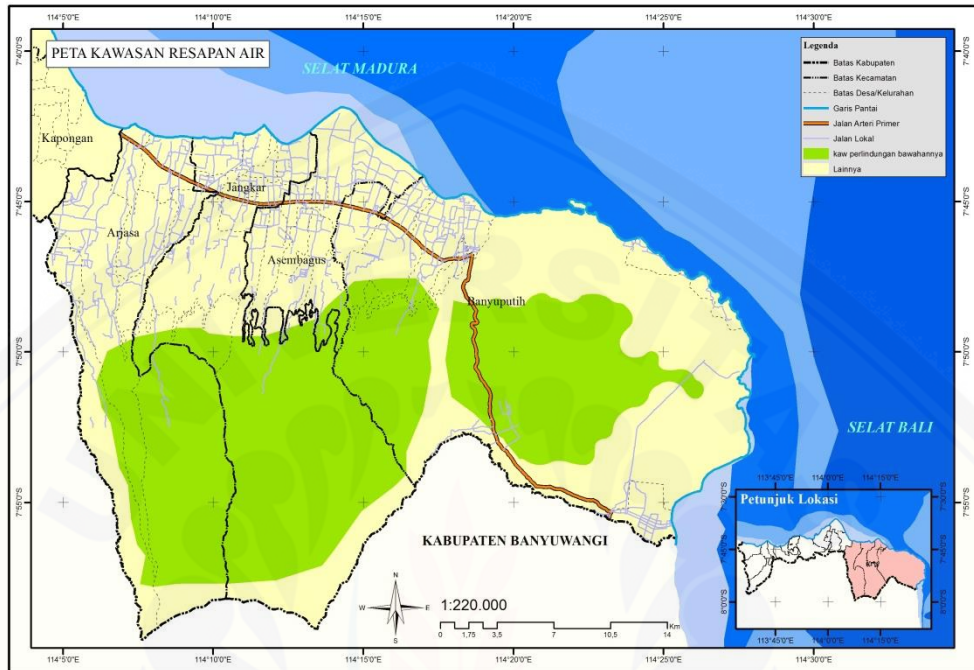
Gambar 4.3 Peta Tekstur Tanah

Apabila mengacu pada penggolongan tekstur tanah berdasarkan USDA, proporsi fraksi menurut kelas tekstur yang dikatakan layak untuk dijadikan lokasi TPA adalah tekstur tanah yang mengandung kurang dari 50% komposisi pasir. Sehingga berdasarkan penjelasan di atas lokasi yang dikatakan layak dijadikan lokasi TPA adalah wilayah dengan tekstur tanah lempung dan liat berdebu

Selain itu, calon lokasi TPA tidak boleh berada pada kawasan resapan air karena dapat mencemari sumber air yang ada. Berdasarkan peta kawasan resapan air Kabupaten Situbondo pada Gambar 4.4, diketahui bahwa wilayah Asembagus dan sekitarnya terdapat kawasan resapan air yang tersebar di daerah bagian selatan, sehingga kawasan tersebut tidak diperkenankan untuk dijadikan calon lokasi TPA sampah.

Fasilitas pengurukan limbah tidak diinginkan berada pada suatu lokasi dengan jarak antara dasar sampai lapisan air tanah tertinggi kurang dari 3 meter.

Sehingga lokasi TPA harus memiliki muka air tanah yang tidak kurang dari tiga meter, kondisi kelulusan tanah tidak lebih besar dari 10-6 cm/detik dan jarak terhadap sumber air minum lebih besar dari 100 m (seratus meter) di hilir aliran.



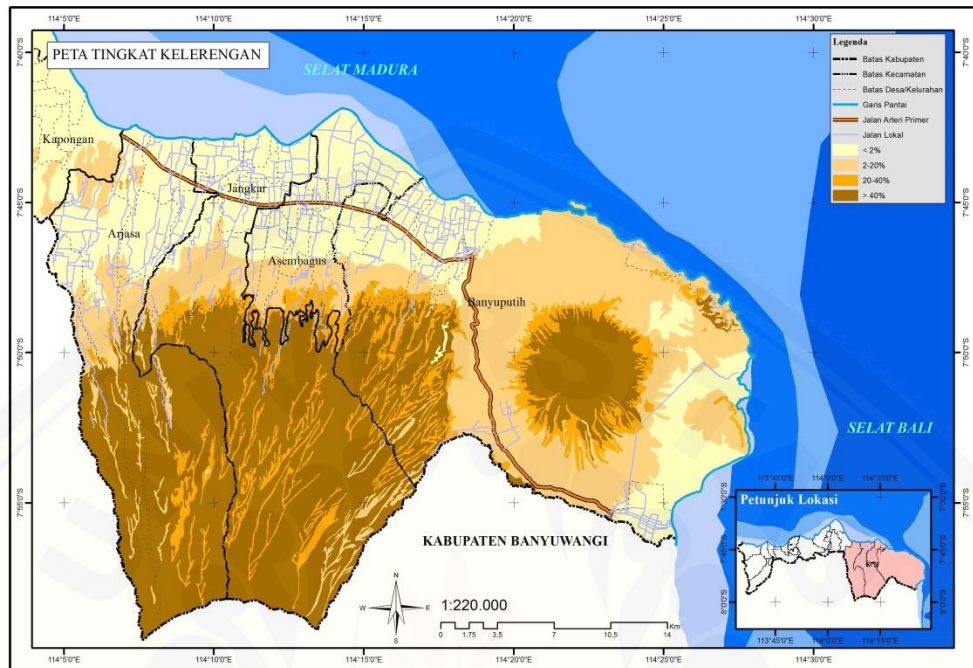
Gambar 4.4 Peta Kawasan Resapan Air

Potensi pencemaran juga berhubungan dengan intensitas hujan. Kabupaten Situbondo pada umumnya memiliki intensitas hujan 13,6-20,7 mm/hari. Daerah pada Kabupaten Situbondo yang memiliki intensitas hujan sebesar 20,7-27,7 mm/hari mendapatkan penilaian yang rendah karena dapat menghasilkan air lindi yang lebih besar.

f. Kemiringan lahan (Kelerengan)

TPA Sampah tidak boleh terletak pada suatu bukit dengan lereng yang tidak stabil. Suatu daerah dinilai lebih baik apabila terletak di daerah landai dengan topografi tinggi. Pasal 23 PP RI No. 81 Tahun 2012 menegaskan bahwa kemiringan zona/kelerengan lokasi TPA berada pada kemiringan kurang dari 20% (dua puluh perseratus). Berdasarkan pada Gambar 4.5 diketahui bahwa calon TPA sampah di Asembagus berada di wilayah bagian utara, semakin ke selatan kemiringannya semakin curam sehingga tidak layak menjadi calon lokasi TPA

sampah karena dikhawatirkan dapat menyebabkan kelongsoran yang berakibat fatal terutama saat terjadi hujan atau rembesan air yang tinggi.



Gambar 4.5 Peta Kelerengan

g. Jarak dari lapangan terbang,

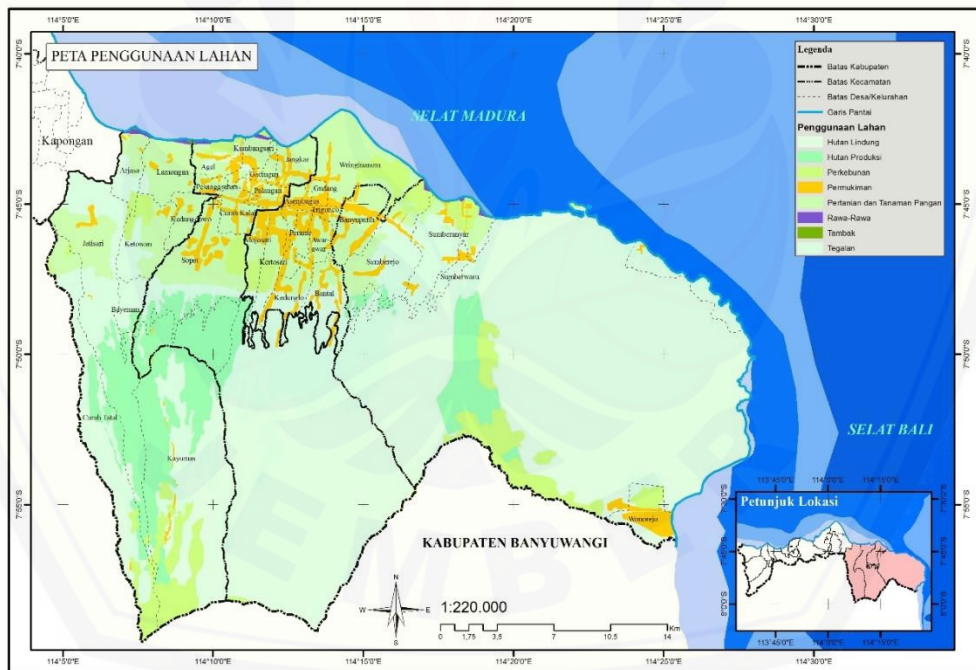
Landfilling yang menerima limbah organik, dapat menarik kehadiran burung sehingga tidak boleh diletakkan dalam jarak 300 meter dari landasan lapangan terbang yang digunakan oleh penerbangan turbo jet atau dalam jarak 1500 meter dari landasan lapangan terbang yang digunakan oleh penerbangan jenis piston. Di Kecamatan Asembagus terdapat satu landasan lapangan terbang yang biasanya di gunakan oleh pesawat kecil untuk latihan militer yang terletak di desa Bantal sehingga keberadaan masih dianggap layak untuk dijadikan sebagai lokasi TPA.

h. Tata Guna Lahan

Penentuan lokasi TPA Sampah juga perlu mempertimbangkan kesesuaiannya terhadap penggunaan lahan, hal tersebut bertujuan agar tidak terjadi benturan dengan penggunaan lahan yang ada (Albidari dan Zulkarnain, 2011). Sehingga pemilihan lokasi untuk pembuangan sampah tidak boleh berbenturan dengan peruntukan lahan lainnya, oleh karena itu pada tahap terakhir

peta tematik ditumpang susunkan dengan peta *Land use* Kabupaten Situbondo. Hal ini untuk mencegah kemungkinan timbulnya pencemaran dan sisi negatif terhadap masyarakat di sekitar TPA. Kesulitan dalam pemilihan lokasi pembuangan sampah, biasanya karena tidak dijumpai lahan yang memadai sesuai dengan peruntukan lahan atau kondisi geologi dari wilayah tersebut.

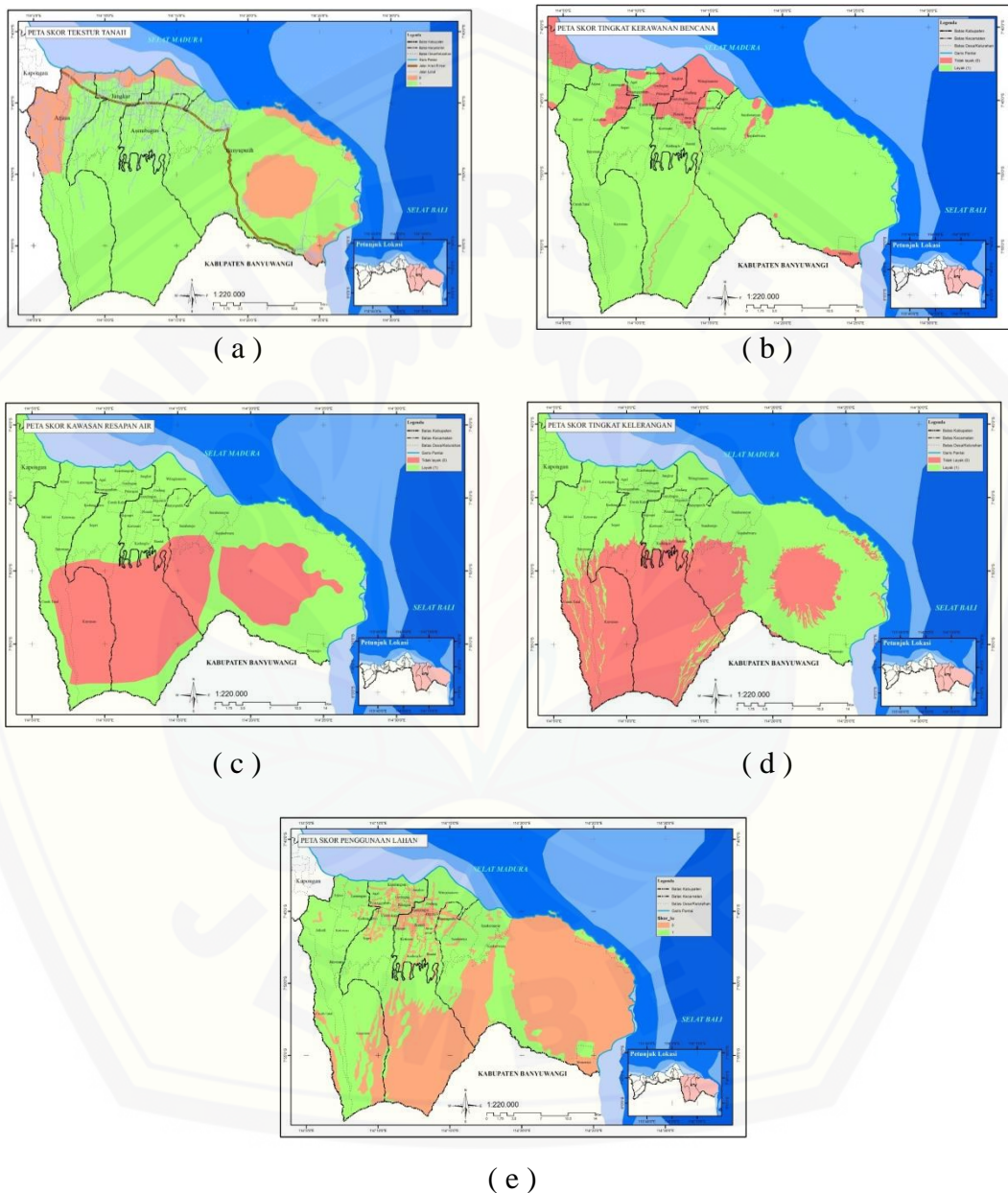
TPA sampah tidak diperkenankan berada di kawasan pemukiman dan kawasan lindung/cagar alam yang yang diperuntukkan bagi daerah lindung perikanan, satwa liar dan pelestarian tanaman. Jenis penggunaan tanah lainnya yang biasanya dipertimbangkan kurang cocok adalah konservasi lokal dan daerah kehutanan. jarak lokasi TPA dari pemukiman lebih dari 1 km (satu kilometer) dengan mempertimbangkan pencemaran lindi, kebauan, penyebaran vektor penyakit dan aspek sosial. Sebaran tata guna lahan di Kecamatan Asembagus dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Peta Tata Guna Lahan

Lokasi TPA sampah perlu memenuhi persyaratan teknis, ekonomis dan berwawasan lingkungan. Metode yang tepat dalam penempatan sampah salah satunya adalah menempatkan TPA pada daerah dengan kondisi geologi yang aman dan tepat sehingga mengurangi resiko pencemaran lingkungan. Kondisi geologi yang tepat didapat dari tahapan analisis SIG menggunakan *software*

ArcGIS 10.1. untuk mendapatkan informasi zona layak dan tidak layak TPA sampah secara geologis dengan cara pemberian skor pada kelima peta tematik di atas. Hasil penskoran pada masing-masing peta diperoleh gambaran lokasi seperti yang tampak dalam Gambar 4.7 berikut.



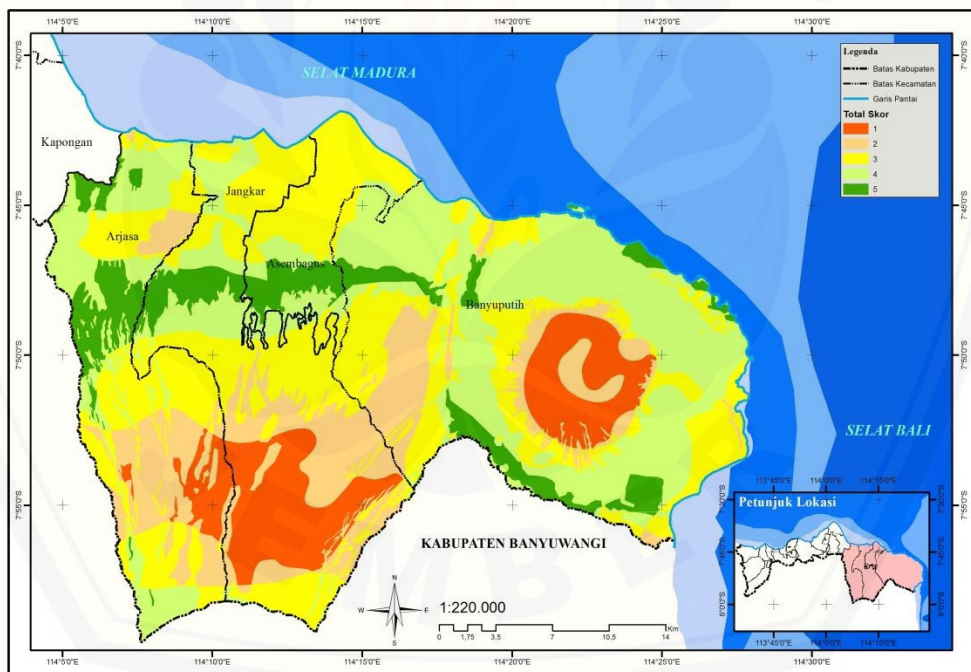
(b) Tekstur Tanah, (b) Tingkat Kerawanan Bencana, (c) Kawasan Resapan Air, (d) Kelerengn, (e) Tata Guna Lahan

Gambar 4.7 Penskoran Peta

4.1.2. Penetapan Lokasi Alternatif

Pemilihan Lokasi Alternatif dilakukan dengan cara tumpang susun atau *overlay* pada kelima peta pada Gambar 4.7 sehingga menghasilkan peta baru dalam Gambar 4.8 yang menunjukkan zona layak dan tidak layak untuk dijadikan lokasi TPA. Klasifikasi total skor pada peta baru tersebut terdiri dari beberapa parameter, yaitu Nilai 5 = Sangat Layak, Nilai 4 = layak, Nilai 3 = Cukup layak, Nilai 2 = Kurang layak, Nilai 1 = tidak layak dan Nilai 0 = Sangat tidak layak.

Lokasi yang tidak layak dijadikan calon lokasi TPA memiliki jumlah skor terendah, yaitu kawasan yang berwarna merah. Zona ini merupakan lahan yang akan atau telah dipergunakan sebagai permukiman, lahan dengan potensi tinggi akan bencana alam seperti daerah banjir serta gunung api, daerah berpotensi longsor, topografi buruk dan berpotensi gempa, lahan peruntukan khusus seperti lapangan terbang, hutan lindung dan institusi atau pertokoan.



Gambar 4.8 Peta zona layak dan tidak layak TPA

Zona yang layak dijadikan lokasi TPA memiliki jumlah skor tertinggi, yaitu kawasan berwarna hijau. Untuk menentukan alternatif lokasi-lokasi yang memungkinkan untuk dijadikan calon TPA, selanjutnya peta pada Gambar 4.8 di atas di-*overlay* kembali dengan peta Citra Satelit *Quick Bird*. Hal ini dilakukan

untuk memperoleh kawasan yang kurang produktif tetapi layak untuk dijadikan TPA sampah dan mengeliminasi kawasan-kawasan pertanian produktif. Karena kedua peta memiliki skala yang berbeda, maka terlebih dahulu dilakukan penyamaan skala dengan cara membesarkan skala peta hasil overlay peta tematik menyesuaikan dengan skala Citra *Quickbird*. Hasil *overlay* kedua peta diperoleh 7 (tujuh) area/poligon lokasi calon TPA sampah pada Lampiran F. Ketujuh alternatif calon lokasi TPA sampah tersebut berada di wilayah berikut ini.

- h. Desa Wonorejo, pada koordinat $7^{\circ} 55' 4,9''$ LS dan $114^{\circ} 22' 49,2''$ BT serta luas 2,98 Ha.
- i. Desa Sumberwaru, pada koordinat $7^{\circ} 46' 49,4''$ LS dan $114^{\circ} 18' 38,4''$ BT serta luas 2,66 Ha.
- j. Desa Sumberejo, pada koordinat $7^{\circ} 47' 26,9''$ LS dan $114^{\circ} 15' 19,4''$ BT serta luas 3,27 Ha.
- k. Desa Bantal, pada koordinat $7^{\circ} 47' 39,1''$ LS dan $114^{\circ} 13' 54,4''$ BT serta luas 2,59 Ha.
- l. Desa Kedunglo, pada koordinat $7^{\circ} 47' 43,1''$ LS dan $114^{\circ} 12' 49,1''$ BT serta luas 2,56 Ha.
- m. Desa Mojosari, pada koordinat $7^{\circ} 47' 44,7''$ LS dan $114^{\circ} 11' 11,2''$ BT serta luas 2,82 Ha.
- n. Desa Sopet, pada koordinat $7^{\circ} 47' 29,3''$ LS dan $114^{\circ} 9' 40,8''$ BT serta luas 2,37 Ha.

4.2 Pemilihan Lokasi Terbaik Calon TPA Sampah

Pada bagian ini, disajikan penyelesaian masalah pengambilan keputusan untuk menentukan Lokasi TPA paling potensial di wilayah pengembangan *second city* di Kecamatan Asembagus yang dilakukan dengan tahap penyelesaian berikut ini.

e. Identifikasi alternatif keputusan

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Gambar 4.10 diperoleh alternatif calon lokasi TPA sampah sebagai berikut:

- 8) Alternatif 1 (A_1), Desa Wonorejo

- 9) Alternatif 2 (A_2) , Desa Sumberwaru
- 10) Alternatif 3 (A_3) , Desa Sumberejo
- 11) Alternatif 4 (A_4) , Desa Bantal
- 12) Alternatif 5 (A_5) , Desa Kedunglo
- 13) Alternatif 6 (A_6) , Desa Mojosari
- 14) Alternatif 7 (A_7) , Desa Sopet

f. Identifikasi kumpulan kriteria

Kriteria yang digunakan dalam pemecahan masalah ini merupakan kriteria penyisihan yang terangkum dalam SNI , antara lain:

- 21) Batas administrasi (C_1)
- 22) Pemilik hak atas tanah(C_2)
- 23) Kapasitas lahan (C_3)
- 24) Jumlah pemilik tanah (C_4)
- 25) Partisipasi masyarakat (C_5)
- 26) Tanah (diatas muka air tanah) (C_6)
- 27) Air tanah(C_7)
- 28) Sistem aliran air tanah(C_8)
- 29) Kaitan dengan pemanfaatan air tanah (C_9)
- 30) Tanah penutup (C_{10})
- 31) Intensitas hujan(C_{11})
- 32) Jalan menuju lokasi (C)
- 33) Transport sampah(C_{13})
- 34) Jalan masuk (C_{14})
- 35) Lalu lintas(C_{15})
- 36) Tata guna tanah(C_{16})
- 37) Pertanian(C_{17})
- 38) Biologis(C_{18})
- 39) Kebisingan dan bau (C_{19})
- 40) Estetika(C_{20})

g. Fuzzyfikasi

- 3) Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan diperoleh data yang dijabarkan dalam lampiran A.
 - 4) Pemilihan himpunan *fuzzy* untuk setiap kriteria menggunakan istilah linguistik, yaitu nilai evaluasi *fuzzy* yang dilakukan dengan menyiapkan nilai interval antara 0 dan 1 dan diungkapkan oleh sejumlah *fuzzy* segitiga berdasarkan grafik fungsi keanggotaan pada Gambar 2.2 sehingga diperoleh data *variabel linguistik* untuk bobot kepentingan setiap kriteria (lampiran B) dan fungsi keanggotaan *fuzzy* setiap alternatif dan kriteria calon lokasi TPA sampah (lampiran C).
- h. Seleksi alternatif yang optimal
- Seleksi alternatif yang optimal dihitung menggunakan Aplikasi *M-File* dalam pemrograman MATLAB yang ditampilkan dalam lampiran D dan metode yang digunakan adalah TOPSIS *fuzzy* pada rumus (2.2) sampai (2.16) dengan langkah-langkah yang ditunjukkan dalam lampiran E.
- 2) Membangun matriks keputusan *fuzzy*
data matrik keputusan *fuzzy* merupakan konversi dari data awal menjadi data yang berbasis *fuzzy* untuk setiap alternatif dan kriteria calon lokasi TPA sampah.
 - 3) Menghitung bobot kepentingan dari setiap kriteria $\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n)$ menggunakan metode pembobotan obyektif berbasis entropi (*entropy-based objective weighting method*) yang diperoleh dengan tahap perhitungan berikut.
 - f) menghitung nilai proyeksi setiap kriteria P_{ij} pada semua alternatif
 - g) menghitung nilai entropi e_j pada semua kriteria
 - h) k adalah konstanta, dimana $k = (\ln(m))^{-1}$
 - i) menghitung tingkat divergensi d_j , merupakan informasi intrinsik setiap kriteria
 - j) pembobotan obyektif untuk setiap kriteria
 - 7) Menentukan matriks keputusan *fuzzy* yang ternormalisasi (\tilde{R})
 - 8) Menghitung bobot matriks keputusan yang ternormalisasi (\tilde{V})

9) Menghitung matriks solusi ideal positif (A^+) dan matriks solusi ideal negatif (A^-) untuk masing-masing kriteria

10) Menghitung jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif (d_i^+) dan matriks solusi ideal negatif (d_i^-) pada masing-masing alternatif, diperoleh:

a) matriks solusi ideal positif (d_i^+)

$$A_1, \text{ Desa Wonorejo} = 0,3244$$

$$A_2, \text{ Desa Sumberwaru} = 0,3237$$

$$A_3, \text{ Desa Sumberejo} = 0,0856$$

$$A_4, \text{ Desa Bantal} = 0,1128$$

$$A_5, \text{ Desa Kedunglo} = 0,1864$$

$$A_6, \text{ Desa Mojosari} = 0,1648$$

$$A_7, \text{ Desa Sopet} = 0,2920$$

b) matriks solusi ideal negatif (d_i^-)

$$A_1, \text{ Desa Wonorejo} = 0,0515$$

$$A_2, \text{ Desa Sumberwaru} = 0,0538$$

$$A_3, \text{ Desa Sumberejo} = 0,3207$$

$$A_4, \text{ Desa Bantal} = 0,2922$$

$$A_5, \text{ Desa Kedunglo} = 0,2045$$

$$A_6, \text{ Desa Mojosari} = 0,2383$$

$$A_7, \text{ Desa Sopet} = 0,1133$$

8) Menghitung nilai preferensi (CC_i) untuk setiap alternatif, diperoleh nilai:

$$A_1, \text{ Desa Wonorejo} = 0,1370$$

$$A_2, \text{ Desa Sumberwaru} = 0,1425$$

$$A_3, \text{ Desa Sumberejo} = 0,7893$$

$$A_4, \text{ Desa Bantal} = 0,7215$$

$$A_5, \text{ Desa Kedunglo} = 0,5231$$

$$A_6, \text{ Desa Mojosari} = 0,5912$$

$$A_7, \text{ Desa Sopet} = 0,2796$$

Dari perhitungan nilai preferensi diperoleh perankingan $A_3 > A_4 > A_6 > A_5 > A_7 > A_2 > A_1$.

4.3 Pembahasan

Pada bagian ini dibahas mengenai lokasi terpilih sebagai lokasi terbaik untuk pembangunan TPA sampah di wilayah *second city* Kabupaten Situbondo. Berdasarkan hasil akhir perhitungan menggunakan metode TOPSIS *Fuzzy* diperoleh nilai pada masing-masing alternatif sebagai berikut.

a. Ranking 1: Desa Sumberejo,

Desa Sumberejo memiliki nilai preferensi (CC_i) = 0.7215, berdasarkan dua puluh kriteria yang harus dimiliki calon lokasi TPA sampah, Desa Sumberejo memiliki Air tanah paling baik serta jauh dari kawasan pertanian.

Untuk kriteria yang lain, di Desa Sumberejo memiliki nilai fuzzy tertinggi, kecuali kriteria tanah penutup sampah, Intensitas hujan, jalan menuju lokasi dan jalan masuk truk dsampah ke lokasi TPA sampah memiliki nilai fuzzy yang sedang hingga rendah.

b. Ranking 2: Desa Bantal,

Desa Bantal memiliki nilai preferensi (CC_i) = 0,7215, berdasarkan dua puluh kriteria yang harus dimiliki calon lokasi TPA sampah, Desa Bantal memiliki nilai fuzzy yang hampir sama dengan Desa Sumberejo, kecuali Air tanah, pertanian, kaitan dengan pemanfaatan air tanah dan tata guna tanahnya memiliki nilai satu grade di bawah Desa Sumberejo

c. Ranking 3: Desa Mojosari

Desa Mojosari memiliki nilai preferensi (CC_i) = 0,5912, berdasarkan dua puluh kriteria yang harus dimiliki calon lokasi TPA sampah, Desa Mojosari memiliki nilai fuzzy yang hampir sama dengan Desa Sumberejo dan Bantal, kecuali secara estetika Desa ini memiliki nilai satu grade di bawah Desa Sumberejo dan Bantal.

d. Ranking 4: Desa Kedunglo

Desa Kedunglo memiliki nilai preferensi (CC_i) = 0,5231, berdasarkan dua puluh kriteria yang harus dimiliki calon lokasi TPA sampah, Desa Mojosari memiliki nilai fuzzy yang hampir sama dengan Desa Sumberejo dan Bantal, kecuali secara estetika Desa ini memiliki nilai satu grade di bawah Desa Sumberejo dan Bantal.

e. Ranking 5: Desa Sopet

Desa Sopet memiliki nilai preferensi (CC_i) = 0,2796, berdasarkan dua puluh kriteria yang harus dimiliki calon lokasi TPA sampah, Desa Sopet memiliki nilai fuzzy yang hampir sama dengan Desa-desanya di atas, tetapi desa ini memiliki jarak lebih jauh dari centroid sampah yang ada di kawasan *second city* Kecamatan Asembagus.

f. Ranking 6: Desa Sumberwaru

Desa Sumberwaru memiliki nilai preferensi (CC_i) = 0,1425, berdasarkan dua puluh kriteria yang harus dimiliki calon lokasi TPA sampah, Desa Sumberwaru memiliki nilai fuzzy lebih rendah dibandingkan kelima desa calon lokasi TPA sampah di atas.

g. Ranking 7: Desa Wonorejo

Desa Wonorejo memiliki nilai preferensi (CC_i) = 0,1370, berdasarkan dua puluh kriteria yang harus dimiliki calon lokasi TPA sampah, Desa Sumberwaru memiliki nilai *fuzzy* lebih rendah dibandingkan keenam desa calon lokasi TPA sampah lainnya, bahkan Desa Wonorejo berada pada batas administrasi terluar kawasan *second city* Kecamatan Asembagus dan memiliki jarak paling jauh dari centroid sampah.

Sebuah penelitian serupa telah dilakukan Bappeda Kabupaten Situbondo Tahun 2015, berupa Studi Kelayakan Pembangunan TPA yang bertujuan untuk menilai kelayakan suatu kawasan atau lokasi dalam penyelenggaraan rencana pembangunan TPA dan mengetahui lokasi potensial TPA di kawasan Asembagus yang dilakukan menggunakan analisis fisik, ekonomi dan sosial. Berdasarkan analisis fisik yang dilakukan menggunakan SIG dengan bahan-bahan yang terdiri dari 5 (lima) peta tematik juga diperoleh hasil 7 lokasi layak menjadi lokasi TPA sampah. Perangkingan dilakukan dengan cara pembobotan sesuai SNI No 19-3241-1994 dan hasilnya diperoleh bobot tertinggi pada dusun Sodung Desa Sumberejo Kecamatan Banyuputih.

Selanjutnya pada Lokasi terpilih dilakukan studi layak secara ekonomi dan layak secara sosial. Hasilnya, lokasi tersebut layak secara ekonomi karena dapat meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi melalui membuka lapangan pekerjaan baru, meningkatkan kreatifitas masyarakat melalui proses pengelolaan sampah. Selain itu dapat mengundang para pengembang dalam mengelola persampahan serta dapat memberi kontribusi kepada pemerintah daerah melalui pemungutan retribusi sesuai dengan Peraturan Daerah Kabupaten Situbondo Nomor 5 tahun 2001 tentang Retribusi Pelayanan Persampahan/ Kebersihan. Lokasi terpilih juga layak secara sosial, kebutuhan masyarakat terhadap

lingkungan yang bersih sudah semakin mendesak melalui pembangunan TPA inilah kebutuhan tersebut dapat terpenuhi dan diharapkan dengan adanya pembangunan TPA Asebagus dapat menumbuhkan kesadaran masyarakat bahwa pengelolaan sampah tidak hanya menjadi tanggungjawab pemerintah tetapi menjadi tanggungjawab bersama.

Ranking pertama yang dihasilkan penelitian dalam tesis ini sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Bappeda Kabupatn Situbondo meskipun metode yang digunakan berbeda. Tetapi hasil penelitian yang dilakukan dalam tesis ini memiliki nilai kevalitan yang lebih baik, karena nilai data lapangan masing-masing kriteria dilakukan dengan sangat obyektif. Yaitu disubstitusikan menggunakan metode pembobotan obyektif berbasis entropi (*entropy-based objective weighting method*), sehingga sangat memungkinkan hasil perhitungan dalam pemilihan lokasi terbaik TPA sampah menjadi lebih signifikan.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di bab 4 dapat diambil kesimpulan:

- c. Untuk memilih alternatif calon lokasi TPA sampah dapat dilakukan dengan membangun model optimasi menggunakan *software ArcGIS* dengan cara meng_overlay peta-peta tematik yang menjadi parameter penentuan lokasi yang layak menjadi TPA sampah. Selanjutnya dilakukan penetapan lokasi alternatif pada area yang layak menjadi calon TPA sampah dengan cara survey lapangan dan/atau menggunakan pendukung lain yang dapat membantu dalam penetapan lokasi alternatif.
- d. Menentukan lokasi terbaik TPA sampah baru untuk mendukung pengembangan *second city* di Kabupaten Situbondo dilakukan melalui program *GUI Matlab* menggunakan metode *TOPSIS Fuzzy* yang memiliki konsep dimana alternatif yang terpilih merupakan alternatif terbaik yang memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif.

5.2 Saran

Perencanaan tata ruang dalam rangka menetapkan lokasi TPA sampah harus dilakukan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, Standar Nasional Indonesia (SNI) serta berbagai literatur terkait. Karena dengan perencanaan yang terpadu, dampak lingkungan yang negatif disebabkan keberadaan TPA sampah dapat diminimalisasi. Diharapkan untuk studi ke depan dapat menambahkan beberapa kriteria yang dapat mendukung pemilihan lokasi TPA sampah yang ideal, pembobotan setiap kriteria dalam *Topsis fuzzy* dapat dilakukan dengan metode subyektif dan peta yang dihasilkan diharapkan lebih interaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari V., Rajabi, M.A., Chavoshi, S.H. dan Shams, R., 2008. "Landfill Site Selection by Combining GIS and Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis, Case Study: Bandar Abbas, Iran". *Jurnal World Applied Sciences*. Vol 3 (1): 39-47.
- Albidari, N., Zuharnen. 2011. "Penentuan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Di Kabupaten Klaten Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis". *Jurnal Bumi Indonesia*. Vol 1 (2).
- Ashrafzadeh, M. 2012. "Application of fuzzy TOPSIS method for the selection of Warehouse Location: A Case Study". *Interdisciplinary Journal Of Contemporary Research In Business*. Volume 3 (9).
- Badan Standarisasi Nasional. 1994. *Tata Cara Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah (SNI 19-3241-1994)*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupten Situbondo. 2015. *Studi Kelayakan Pembangunan TPA Asembagus Kabupaten Situbondo*, Situbondo: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupten Situbondo
- Burrough, P.A., 1986, *Principles of Geographical System for Land Reources Assesment*, Oxford: Clarendon Press.
- Chang, S. H., Tseng, H. 2008. "Fuzzy Topsis Decision Method for Configuration Management", *International Journal of Industrial Engineering*. Vol 15 (3): 304-313.
- Chang, NB., Parvathinathan, G., Breeden, JB. 2008. "Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region". *ELSEVIER, Journal of Environmental Management*. Vol 87 (1):139-53.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.

- Ding, J.F., 2011, "An Integrated Fuzzy Topsis Method For Ranking Alternatives And Its Application", *Journal of Marine Science and Technology*, Volume 19 (4): 341-352.
- Handoyo, J. 2012. "Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis dengan Fuzzy Multiple Criteria Decision Making untuk Penentuan Lokasi TPA Sampah. Tidak Dipublikasikan. *Tesis*. Semarang: Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Hasibuan, P.A., Mulia, A., P., Tarigan dan Nasution, Z., P. 2014, "Studi Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Dengan Metode Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kota Tebing Tinggi", *Jurnal Teknik Sipil USU*. Vol 3 (1).
- Jahanshahloo, G. R., Hosseinzadeh L. F., dan Izadikhah, M. 2006. "Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data". *Applied Mathematics and Computation*. Volume (2): 1544–1551.
- Jamila dan Hartati. S. 2011. "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Subkontrak Menggunakan Metode Entropy dan TOPSIS". *IJCCS*. Vol 5 (2).
- Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Kusumadewi, S. 2002. *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S dan Guswaluddin, I. 2005. "Fuzzy Multi-criteria Decision Making". *Media Informatika: Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia*. Vol 3(1): 25-39.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A. dan Wardoyo, R., 2006, *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maulana, S.F., Aliyah, N, H., 2010, *Teknik Pengambilan Keputusan Dengan Metode Optimasi*
- Mahamid, I. dan Thawaba, S. 2010. "Multi Criteria and Landfill Site Selection Using Gis: A Case Study From Palestine". *The Open Environmental Engineering Journal*. Volume 3 (1): 33 – 41.
- Ningrum, M., Sutarman dan Sitepu, R. 2012. "Aplikasi Metode Topsis Fuzzy Dalam Menentukan Prioritas Kawasan Perumahan Di Kecamatan Percut Sei Tuan". *Saintia Matematika*. Volume 1 (1): 101–115.

- Paul, S. 2012. "Location allocation for urban waste disposal site using multi-criteria analysis: A study on Nabadwip Municipality, West Bengal, India". *International Journal Of Geomatics And Geosciences*. Volume 3 (1).
- Pemerintah Kabupaten Situbondo. 2013. *Peraturan Pemerintah No 9 Tahun 2013 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Situbondo Tahun 2013 – 2033*. Situbondo: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Situbondo.
- Singh, R., et.al. 2014. "TOPSIS Based Multi-Criteria Decision Making of Feature Selection Techniques for Network Traffic Dataset". *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*. Volume 5 (6).
- Sudha, A.S., dan Jeba J.R. 1015. "Crop Selection based on Fuzzy TOPSIS using Entropy Weights". *International Journal of Computer Applications*. Volume 124 (14).
- Wang, T.C., et. Al. 2007. "A Fuzzy TOPSIS Approach with Subjective Weights and Objective Weights". *Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Applied Computer Science*. Hangzhou, China, April 15-17.
- Yadav, S.K. 2013. "GIS Based Approach for Site Selection in Waste Management". *International Journal of Environmental Engineering and Management*. Volume 4 (5): 507-514.

Lampiran A.

Data Lapangan Berdasarkan SNI

KRITERIA / ALTERNATIF	1	2	3	4	5	6	7
Batas Adminitrasi							
Dalam Batas		v	v	v	v	v	v
Di Luar batas tetapi di dalam sistem	v						
Di Luar batas tetapi di luar sistem							
Di luar batas							
Pemilik hak atas tanah							
Pemerintah	v	v	v	v	v	v	v
Pribadi							
Swasta/perusahaan							
Lebih dari satu pemilik							
Organisasi sosial/agama							
Kapasitas Lahan							
> 10 Tahun	v	v	v	v	v	v	v
5 - 10 Tahun							
3 - 5 Tahun							
< 3 Tahun							
Jumlah Pemilik Tanah							
1 Kepala Keluarga	v	v	v	v	v	v	v
2 - 3 Kepala Keluarga							
4 - 5 Kepala Keluarga							
6 - 10 Kepala Keluarga							
> 10 Kepala Keluarga							
Partisipasi Masyarakat							
Spontan	v	v	v	v	v	v	v
Digerakkan di atas							
Negosiasi							
Tanah (di atas muka air tanah)							
Harga kelulusan < 10-9 cm/det	v	v	v	v	v	v	v
Harga kelulusan 10-9 - 10-6 cm/det							
Harga kelulusan > 10-6							
Air Tanah							
≥ 10 m dengan kelulusan < 10-6 cm/det			v				
< 10 m dengan kelulusan < 10-6 cm/det	v	v		v	v	v	v
≤ 10 m dengan kelulusan < 10-6 cm/det - 10-4 cm/det							
< 10 m dengan kelulusan < 10-6 cm/det - 10-4 cm/det							

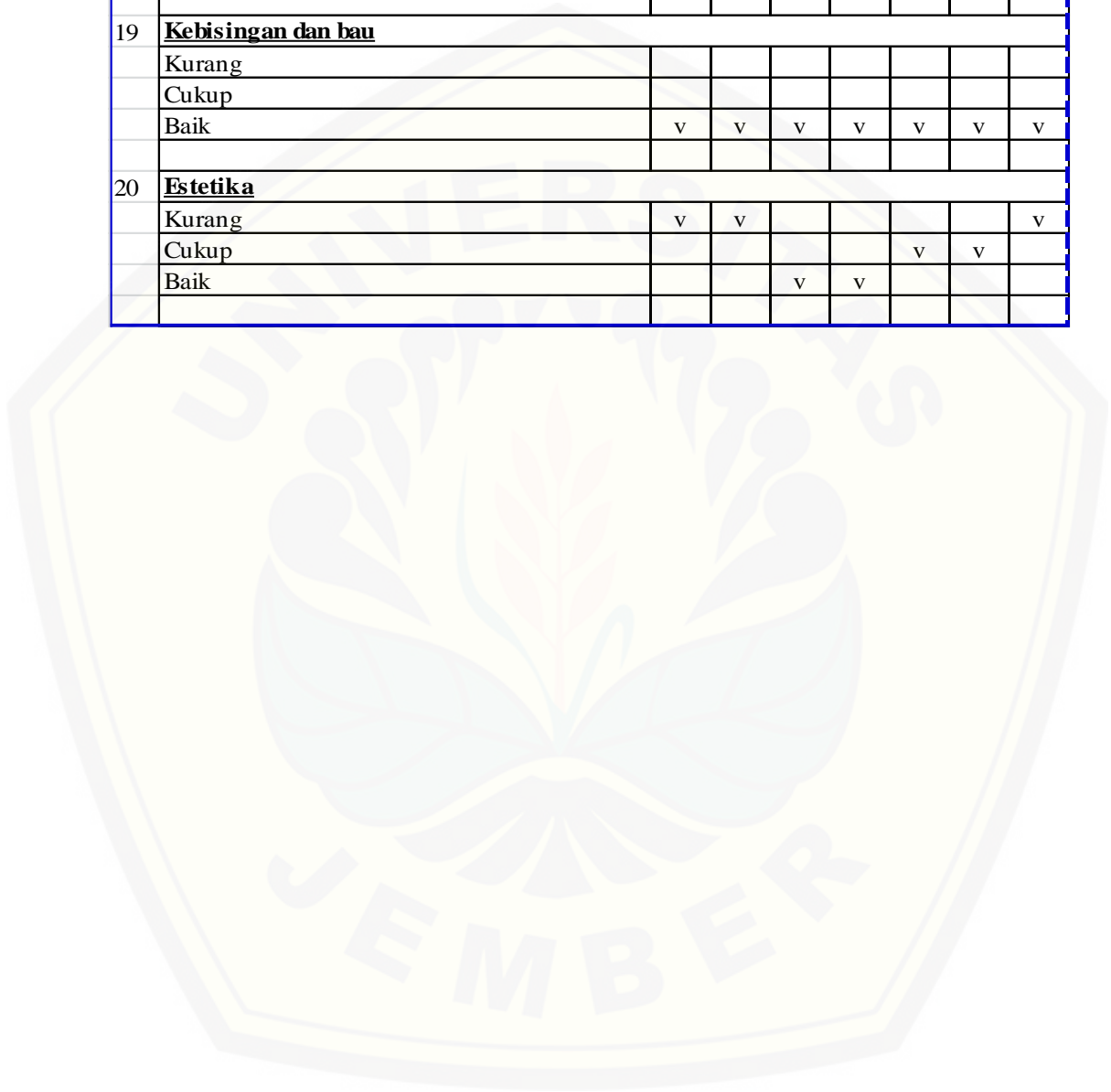
Sistem Aliran air tanah							
Discharge area/lokal	v	v	v	v	v	v	v
Discharge area dan Discharge area/lokal							
Discharge area regional dan lokal							
Kaitan dengan pemanfaatan air tanah							
Rendah dengan batas hidrolis			v			v	
Dimanfaatkan dengan batas hidrolis				v	v		v
Dimanfaatkan tanpa batas hidrolis	v	v					
Tanah Penutup							
Cukup							
Cukup sampai 1/2 umur pakai							
Tidak ada	v	v	v	v	v	v	v
Intensitas Hujan							
di bawah 500 mm pertahun							
Antara 500mm - 1000 mm per tahun	v	v	v	v	v	v	v
Di atas 1000 mm per tahun							
Jalan Menuju Lokasi							
datar dengan kondisi baik	v	v					
datar dengan kondisi buruk naik/turun			v	v	v	v	v
Transport sampah dari centroid sampah							
Kurang dari 15 menit			v	v	v	v	
16 - 30 menit		v					v
31 - 60 menit	v						
Lebih dari 60 menit							
Jalan masuk truk sampah							
Tidak melalui pemukiman	v	v					v
Melewati pemukiman sedang			v	v	v	v	
Melewati pemukiman tinggi							
Lalu lintas							
500 m dari jalan umum							
< 500 m pada lalu lintas rendah			v	v	v	v	v
< 500 m pada lalu lintas sedang		v					
berada pada lalu lintas sedang	v						
Tata guna tanah							
berdampak sedikit		v	v				
berdampak sedang	v			v	v	v	v
berdampak besar							

Pertanian								
berada di lahan pertanian tidak produktif			v					
tidak berdampak pada lahan pertanian sekitar	v	v		v	v	v	v	
terdapat pengaruh negatif terhadap pertanian sekitar								
berada di lahan pertanian produktif								
Biologis								
Nilai habitat rendah					v			
Nilai habitat tinggi	v	v		v		v	v	
Habitat kritis			v					
Kebisingan dan bau								
Terdapat zona penyangga	v	v	v	v	v	v	v	
Terdapat zona penyangga yang terbatas								
Tidak terdapat zona penyangga								
Estetika								
Operasi penimbunan tidak terlihat dari luar			v	v				
Operasi penimbunan sedikit terlihat dari luar					v	v		
Operasi penimbunan terlihat dari luar	v	v						v

Lampiran B								
Variabel Linguistik untuk Bobot Kepentingan dari Setiap Kriteria								
	Kriteria / Alternatif	1	2	3	4	5	6	7
1	<u>Batas Adminitrasi</u>							
	Sangat Kurang							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v						
	Sangat Baik		v	v	v	v	v	v
2	<u>Pemilik hak atas tanah</u>							
	Sangat Kurang							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik							
	Sangat Baik	v	v	v	v	v	v	v
3	<u>Kapasitas Lahan</u>							
	Sangat Kurang							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik							
	Sangat Baik	v	v	v	v	v	v	v
4	<u>Jumlah Pemilik Tanah</u>							
	Sangat Banyak							
	Banyak							
	Cukup							
	Sedikit							
	Sangat Sedikit	v	v	v	v	v	v	v
5	<u>Partisipasi Masyarakat</u>							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v	v	v	v	v	v	v
6	<u>Tanah (di atas muka air tanah)</u>							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v	v	v	v	v	v	v
7	<u>Air Tanah</u>							
	Sangat Rendah							
	Rendah							
	Cukup							
	Tinggi	v	v		v	v	v	v
	Sangat Tinggi			v				
8	<u>Sistem Aliran air tanah</u>							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v	v	v	v	v	v	v

9	<u>Kaitan dengan pemanfaatan air tanah</u>							
	Kurang	v	v					
	Cukup				v	v		v
	Baik			v			v	
10	<u>Tanah Penutup</u>							
	Kurang	v	v	v	v	v	v	v
	Cukup							
	Baik							
11	<u>Intensitas Hujan</u>							
	Kurang							
	Cukup	v	v	v	v	v	v	v
	Baik							
12	<u>Jalan Menuju Lokasi</u>							
	Kurang							
	Cukup			v	v	v	v	v
	Baik	v	v					
13	<u>Transport sampah dari centroid sampah</u>							
	Sangat Jauh							
	Jauh							
	Cukup	v						
	Dekat		v					v
	Sangat Dekat			v	v	v	v	
14	<u>Jalan masuk truk sampah</u>							
	Kurang							
	Cukup			v	v	v	v	
	Baik	v	v					v
15	<u>Lalu lintas</u>							
	Sangat Jarang							
	Jarang	v						
	Cukup		v					
	Padat			v	v	v	v	v
	Sangat Padat							
16	<u>Tata guna tanah</u>							
	Kurang							
	Cukup	v			v	v	v	v
	Baik		v	v				
17	<u>Pertanian</u>							
	Sangat Kurang							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v	v		v	v	v	v
	Sangat Baik			v				

18	Biologis							
	Kurang			v				
	Cukup	v	v		v		v	v
	Baik					v		
19	Kebisingan dan bau							
	Kurang							
	Cukup							
	Baik	v	v	v	v	v	v	v
20	Estetika							
	Kurang	v	v					v
	Cukup					v	v	
	Baik			v	v			



Lampiran C.

Derajat Kecocokan Setiap Alternatif dengan Kriterianya

Alternatif	Kriteria														
	C1			C2			C3			C4			C5		
1	0.5	0.75	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
2	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
3	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
4	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
5	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
6	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9
7	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9

Alternatif	Kriteria														
	C6			C7			C8			C9			C10		
1	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5	0.01	0.01	0.5
2	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5	0.01	0.01	0.5
3	0.5	0.9	0.9	0.5	0.75	1	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5
4	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.01	0.5	0.9	0.01	0.01	0.5
5	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.01	0.5	0.9	0.01	0.01	0.5
6	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5
7	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.5	0.9	0.9	0.01	0.5	0.9	0.01	0.01	0.5

Alternatif	Kriteria														
	C11			C12			C13			C14			C15		
1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.25	0.5	0.75	0.5	0.9	0.9	0	0.25	0.5
2	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.5	0.75	1	0.5	0.9	0.9	0.25	0.5	0.75
3	0.01	0.5	0.9	0.01	0.5	0.9	0.75	1	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1
4	0.01	0.5	0.9	0.01	0.5	0.9	0.75	1	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1
5	0.01	0.5	0.9	0.01	0.5	0.9	0.75	1	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1
6	0.01	0.5	0.9	0.01	0.5	0.9	0.75	1	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1
7	0.01	0.5	0.9	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.5	0.9	0.9	0.5	0.75	1

Alternatif	Kriteria														
	C16			C17			C18			C19			C20		
1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5
2	0.5	0.9	0.9	0.5	0.75	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5
3	0.5	0.9	0.9	0.75	1	1	0.01	0.01	0.5	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9
4	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9
5	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.5	0.9	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.5	0.9
6	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.5	0.9
7	0.01	0.5	0.9	0.5	0.75	1	0.01	0.5	0.9	0.5	0.9	0.9	0.01	0.01	0.5

Lampiran D. Aplikasi M-File dalam Pemrograman MATLAB

```

clc; clear all;
close all;
ada1=0; ada2=0;
set(0, 'Units', 'points')
Screen = get(0, 'screensize');
pos=[0 0 400+200 380];

win1=figure(...
'units', 'points', ...
'position', [Screen(3:4)/2-pos(3:4)/2 pos(3:4)], ...
'color', [1 .5 .0], ...
'resize', 'off', ...
'menubar', 'none', ...
'toolbar', 'none', ...
'numbertitle', 'off', ...
'name', 'Input Data');

%=====
label1=icontrol('parent', win1, ...
'units', 'points', ...
'position', [10 310 380+200 65], ...
'style', 'text', ...
'string', {'OPTIMASI PENENTUAN LOKASI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR
SAMPAH'; 'MENGUNAKAN SIG DAN METODE TOPSIS FUZZY DI KABUPATEN
SITUBONDO'; ''}; 'Oleh: Heri Mulyanti'}, ...
'fontname', 'times new roman', 'BackgroundColor', [.9 .9 .5], ...
'fontsize', 12, 'fontweight', 'bold');

%=====
hp0 = uipanel('parent', win1, ...
'Title', 'Input data', 'FontSize', 12, ...
'units', 'points', ...
'fontweight', 'bold', ...
'BackgroundColor', [.8 .8 .0], ...
'Position', [10 35 380+200 270]);
label1=icontrol('parent', win1, ...
'units', 'points', ...
'position', [15 275 100+110 15], ...
'style', 'text', 'horizontalalignment', 'left', ...
'string', 'Jumlah Alternatif: ', ...
'fontname', 'times new roman', 'BackgroundColor', [.8 .8 .0], ...
'fontsize', 12, 'fontweight', 'bold');
edit1=icontrol('parent', win1, ...
'units', 'points', ...
'position', [110 275 80 18], ...
'style', 'edit', 'horizontalalignment', 'left', ...
'string', '7', ...
'fontname', 'times new roman', ...
'fontsize', 12, 'fontweight', 'bold');
proses1=icontrol('parent', win1, ...
'units', 'points', ...
'position', [200 275 60 17], ...
'style', 'Pushbutton', ...

```

```

        'callback','input_data',...
        'string','OK ',...
        'fontname','times new roman',...
        'fontsize',12);
set([label1 edit1 proses1],'visible','off');
% proses2=icontrol('parent',win1,...
%     'units','points',...
%     'position',[15 255 60 15],...
%     'style','Pushbutton',...
%     'callback','openfile',...
%     'string','File: ',...
%     'fontname','times new roman',...
%     'fontsize',12);
% label2=icontrol('parent',win1,...
%     'units','points',...
%     'position',[75 255-0 305 15],...
%     'style','text','horizontalalignment','left',...
%     'string','',...
%     'fontname','times new roman','BackgroundColor',[.7 .8
%.9],...
%     'fontsize',12,'fontweight','bold');
tabel1 = uitable('Parent',win1,...
    'units','point',...
    'hitTest','on',...
    'backgroundcolor',[1 1 .5; .5 1 1],...
    'ColumnEditable',true,...
    'fontname','times new roman',...
    'foregroundcolor',[0 0 0],...
    'fontsize',10,...
    'Position',[15 40+0 370+200 210]);

proses3=icontrol('parent',win1,...
    'units','points',...
    'position',[240 10+0 60 20],...
    'style','Pushbutton',...
    'callback','simpan',...
    'string','Insert ',...
    'fontname','times new roman',...
    'fontsize',12);
proses4=icontrol('parent',win1,...
    'units','points',...
    'position',[305 10+0 60 20],...
    'style','Pushbutton',...
    'callback','close',...
    'string','Close ',...
    'fontname','times new roman',...
    'fontsize',12);
menu12=uimenu('parent',win1,...
    'Label','Open File','callback','openfile');
menu11=uimenu('parent',win1,...
    'Label','Reset','callback','RISET');

%=====
%=====
kriteria={'Batas Administrasi','Pemilik hak atas tanah','Kapasitas
Lahan','Jumlah Pemilik Tanah','Partisipasi Masyarakat',...

```

```
'Tanah', 'Air Tanah', 'Sistem Aliran Air Tanah', 'Kaitan dengan
pemanfaatan air tanah', 'Tanah Penutup', ...
'Intensitas Hujan', 'Jalan Menuju Lokasi', 'Transport Sampah
dari Centroid Sampah', 'Jalan Masuk Truk Sampah', 'Lalu Lintas', ...
'Tata Guna Tanah', 'Pertanian', 'Biologis', 'Kebisingan dan
Bau', 'Estetika'};
n_alternatif=str2num(get(edit1, 'string'));
% kriteria=cell(1,1);
% for i=1:20
%     kriteria(i)={'Kriteria ' num2str(i)};
% end

desa={'Wonorejo', 'Sumberwaru', 'Sumberejo', 'Bantal', 'Kedunglo', 'Moj
osari', 'Sopet'};
% desa=cell(1,1);
% for i=1:n_alternatif
%     desa(i)={'Alternatif ' num2str(i)};
% end
set(tabell1, 'columnName', kriteria, 'rowName', desa);
input_alternatif;
```

Lampiran E. Langkah-langkah TOPSIS *Fuzzy* Menggunakan Pemrograman MATLAB

- 2) Membangun matriks keputusan *fuzzy* dan menghitung bobot dari setiap kriteria
- c) Data Awal untuk Setiap Alternatif dan Kriteria Calon Lokasi TPA Sampah

Input Data

Open File Reset

OPTIMASI PENENTUAN LOKASI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SAMPAH MENGGUNAKAN SIG DAN METODE TOPSIS FUZZY DI KABUPATEN SITUBONDO

Oleh: Heri Mulyanti

Input data

	Batas Administrasi	Pemilik hak atas tanah	Kapasitas Lahan	Jumlah Pemilik Tanah	Partisipasi Masyarakat		
Wonorejo	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik		Baik
Sumberwaru	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik		Baik
Sumberejo	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik		Baik
Bantal	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik		Baik
Kedunglo	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik		Baik
Mojosari	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik		Baik
Sopet	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Sangat Sedikit	Baik		Baik

Insert Close

- d) Data Fuzzy untuk Setiap Alternatif dan Kriteria Calon Lokasi TPA Sampah

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data Pij Ej Dj Wj

	C1a	C1b	C1c	C2a	C2b	C2c	C3a	C3b
Wonorejo	0.5000	0.7500	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Sumberwaru	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Sumberejo	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Bantal	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Kedunglo	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Mojosari	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1
Sopet	0.7500	1	1	0.7500	1	1	0.7500	1

Output

rij A+ Di+ CCI

Vij A- Di- Hasil

2a) Nilai proyeksi setiap kriteria P_{ij}

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data P_{ij} E_j D_j W_j

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Wonorejo	0.1111	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429
Sumberwaru	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429
Sumberejo	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1818	0.1429
Bantal	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429
Kedunglo	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429
Mojosari	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429
Sopet	0.1481	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1364	0.1429

Output

r_{ij} A^+ D_i^+ CC_i
 V_{ij} A^- D_i^- Hasil

2b) Nilai entropi e_j

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data P_{ij} E_j D_j W_j

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
e_j	0.9977	1	1	1	1	1	0.9970	1	0.8212

Output

r_{ij} A^+ D_i^+ CC_i
 V_{ij} A^- D_i^- Hasil

2c) Tingkat divergensi d_j

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data Pij Ej Dj Wj

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
dj	0.0023	0	0	0	0	0	0.0030	0	0.1788

Output

rij A+ Di+ CCI
 Vj A- Di- Hasil

2d) Pembobotan obyektif untuk setiap kriteria (W_j)

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data Pij Ej Dj Wj

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Wj	0.0035	0	0	0	0	0	0.0045	0	0.2730

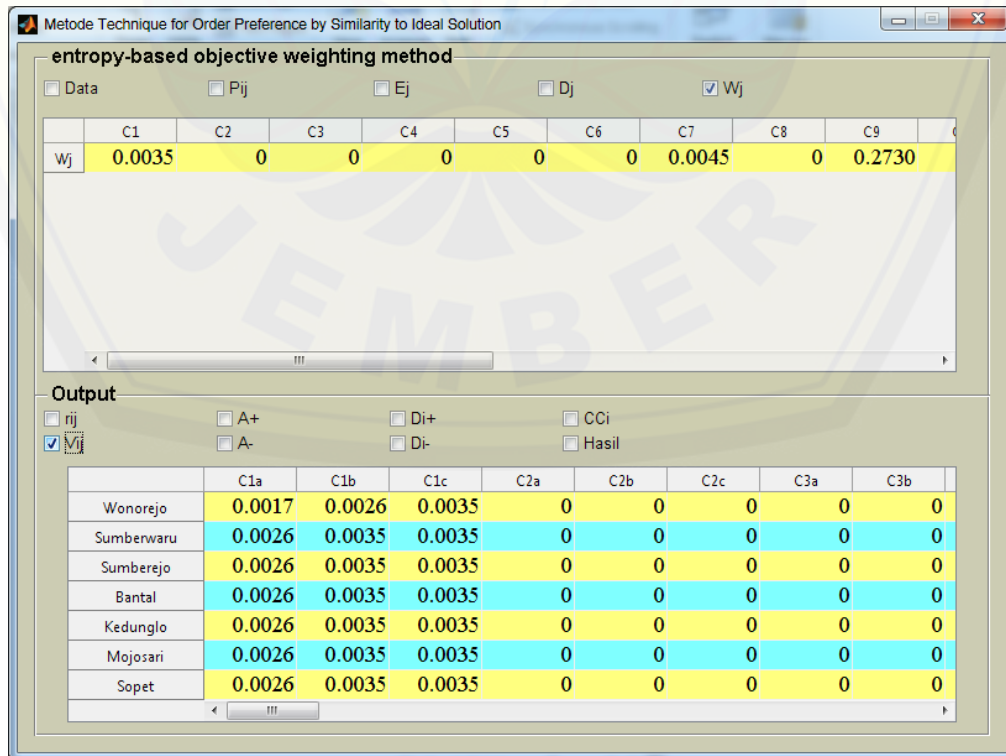
Output

rij A+ Di+ CCI
 Vj A- Di- Hasil

5) Matriks ternormalisasi (\widetilde{R})



6) Bobot matriks normalisasi (\widetilde{V})



5a) Matriks (A^+)

The screenshot shows the 'entropy-based objective weighting method' interface. The 'Data' section contains a table with weights w_j for criteria C1 through C9. The 'Output' section shows the resulting matrix A^+ for criteria C1 through C9.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
w_j	0.0035	0	0	0	0	0	0.0045	0	0.2730

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A^+	0.0026	0.0035	0.0035	0	0	0	0	0	0

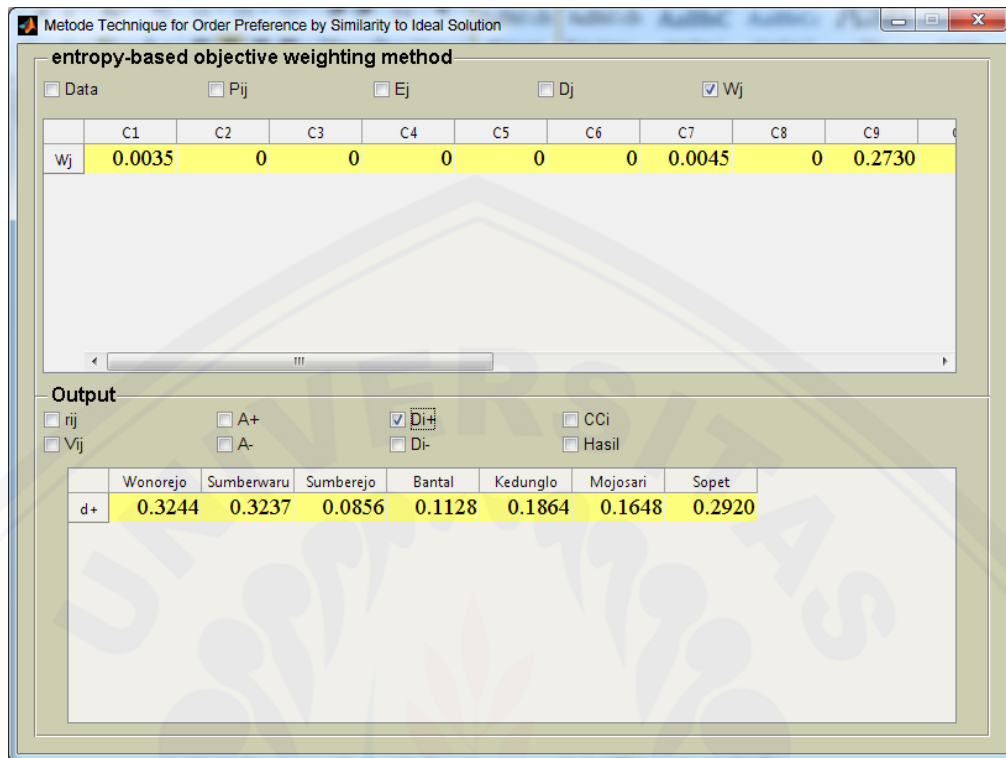
5b) Matriks (A^-)

The screenshot shows the 'entropy-based objective weighting method' interface. The 'Data' section contains a table with weights w_j for criteria C1 through C9. The 'Output' section shows the resulting matrix A^- for criteria C1 through C9.

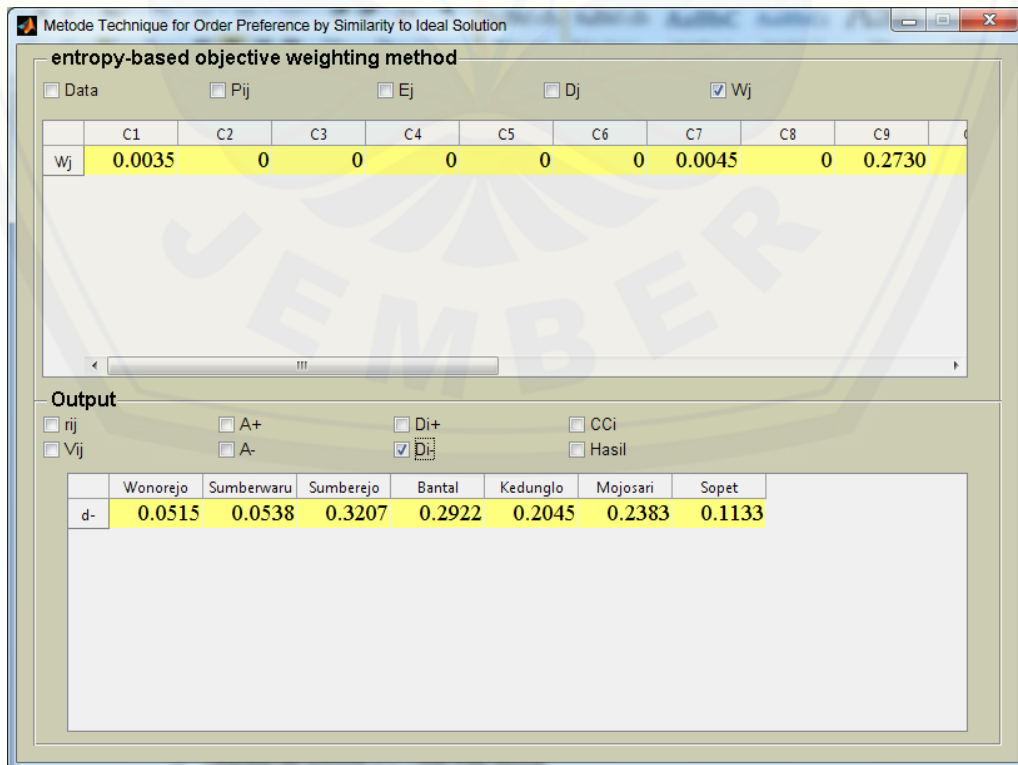
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
w_j	0.0035	0	0	0	0	0	0.0045	0	0.2730

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A^-	0.0017	0.0026	0.0035	0	0	0	0	0	0

6a) Matriks (d_i^+)



6b) Matriks (d_i^-)



8) Nilai preferensi (CC_i)

Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

entropy-based objective weighting method

Data Pij Ej Dj Wj

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
wj	0.0035	0	0	0	0	0	0.0045	0	0.2730

Output

rij A+ Di+ CC_i
 Vj A- Di- Hasil

	CC_i	Rank
Wonorejo	0.1370	7
Sumberwaru	0.1425	6
Sumberejo	0.7893	1
Bantal	0.7215	2
Kedunglo	0.5231	4
Mojosari	0.5912	3
Sopet	0.2796	5

Lampiran F. Peta Alternatif Calon Lokasi TPA Sampah

