



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

PERENCANAAN JUMLAH DAN LOKASI MENARA *BASE TRANSCEIVER STATION* (BTS) BARU PADA SISTEM TELEKOMUNIKASI SELULER DI KABUPATEN JOMBANG MENGGUNAKAN *WEIGHTED PRODUCT METHOD* (WPM) DAN PENDEKATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Dessy Irmalianti
NRP 2213 106 069

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

**NUMBER AND LOCATION PLANNING OF NEW BASE
TRANSCEIVER STATION (BTS) TOWER ON
CELLULAR TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS IN
JOMBANG USING WEIGHTED PRODUCT METHOD
AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM
APPROACH**

Dessy Irmalianti
NRP 2213 106 069

Advisor
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Perencanaan Jumlah dan Lokasi Menara *Base Transceiver Station (BTS)* Baru pada Sistem Telekomunikasi Seluler di Kabupaten Jombang Menggunakan *Weighted Product Method (WPM)* dan Pendekatan Sistem Informasi Geografis**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2016

Dessy Irmalianti
NRP 2213106069

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN DAN JUMLAH DAN LOKASI MENARA BASE
TRANSCIEVER STATION (BTS) BARU PADA SISTEM
TELEKOMUNIKASI SELULER DI KABUPATEN JOMBANG
MENGUNAKAN *WEIGHTED PRODUCT METHOD* (WPM)
DAN PENDEKATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Pada
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

**Menyetujui
Dosen Pembimbing**

**Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.
NIP. 19610903198903 1 001**

SURABAYA, JANUARI 2016



Perencanaan Jumlah dan Lokasi Menara *Base Transceiver Station* (BTS) Baru pada Sistem Telekomunikasi Seluler di Kabupaten Jombang Menggunakan *Weighted Product Method* (WPM) dan Pendekatan Sistem Informasi Geografis

Nama : Dessy Irmalianti
Pembimbing : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT

ABSTRAK

Perkembangan teknologi telekomunikasi sudah menjadi sarana yang tak terpisahkan dari pola kehidupan manusia. Ketersediaan layanan diupayakan oleh sejumlah operator dengan berbagai macam sistem dan layanan demi memenuhi kebutuhan pelanggan. Salah satu cara operator untuk meningkatkan cakupan area jaringannya adalah dengan melakukan pembangunan infrastruktur jaringan radio seluler, termasuk di dalamnya menara untuk antenna *Base Transceiver Station* (BTS) di titik-titik yang dianggap strategis. Penempatan menara yang terlalu banyak dan tanpa perencanaan yang tepat akan menimbulkan efek yang kurang baik.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka dapat diselesaikan dengan melakukan perencanaan penempatan menara BTS yang baik melalui beberapa parameter tertentu yang digunakan untuk 5 tahun mendatang. Wilayah yang dijadikan sumber kajian adalah Kabupaten Jombang. Pemetaan lokasi menara eksisting maupun yang baru akan dilakukan dengan menggunakan software MapInfo. Melalui implementasi *Weighted Product Method*, dapat ditentukan ranking prioritas lokasi yang berpotensi untuk dibangun menara baru. *Weighted Product Method* merupakan salah satu metode penyelesaian pada masalah MADM yang mengevaluasi beberapa alternatif terhadap sekumpulan kriteria, dimana setiap atribut tidak saling tergantung satu dengan lainnya.

Dalam perhitungan perencanaan kebutuhan BTS untuk tahun 2020, Kabupaten Jombang membutuhkan 456 BTS dan 238 menara telekomunikasi seluler bersama. Maka perlu dilakukan penambahan jumlah menara sebanyak 34 menara untuk mencukupi kebutuhan trafik pada tahun 2020. Jumlah penambahan menara tersebut akan ditempatkan di zona menara baru dengan luas total zona sebesar 26,69 km²

Kata Kunci: BTS, Weighted Product Method, Menara Telekomunikasi, MapInfo

Number And Location Planning Of New Base Transceiver Station (Bts) Tower On Celular Telecommunications Systems In Jombang Using Weighted Product Method And Geographic Information System Approach

Name : Dessy Irmalianti
Advisor : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT

ABSTRACT

The development of telecommunications technology has become an indispensable means of the pattern in human life. Availability of services sought by a number of operators with a wide variety of systems and services to meet customer needs. One of the way that operator can do to increase the coverage area of the network is build up the cellular radio network infrastructure, including antenna towers for Base Transceiver Station (BTS) at the points that are considered strategic. If the placement of the tower is too many and without a proper planning will cause adverse effects.

Based on the problem above, it can be solved by doing BTS planning to find the good placement through some specific parameters that will be using for the next 5 years. The region that has been chosen to be the source of study is Jombang. Mapping the location of existing and new towers will be done using MapInfo software. Through the implementation of Weighted Product Method, priority ranking can be determined the potential locations for the new tower built. Weighted Product Method is one method of settlement on MADM problems that evaluates several alternatives to a set of criterias, where each attribute is not dependent on each other.

From the calculation of BTS demand planning for 2020, Jombang requires 456 base stations and 238 mobile telecommunications towers combination. They need to build up 34 towers to provide the traffic in 2020. The addition number of tower will be placed in the new tower zones with a total area of 26.69 km² zone

Keywords: BTS, Weighted Product Method, Telecommunication Tower, MapInfo

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang melimpahkan segala rahmat dan hidayat-Nya, tugas akhir dengan judul **“Perencanaan Jumlah dan Lokasi Menara *Base Transceiver Station* (BTS) Baru pada Sistem Telekomunikasi Seluler di Kabupaten Jombang Menggunakan *Weighted Product Method* (WPM) dan Pendekatan Sistem Informasi Geografis”** ini dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Strata-1 pada bidang studi Telekomunikasi Multimedia, jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dan doa hingga saat ini.
2. Bapak Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan bantuan kepada saya dari Pra-Tugas Akhir hingga selesainya Tugas Akhir ini.
3. Seluruh Dosen bidang studi Telekomunikasi Multimedia, jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu dan arahnya.
4. Rekan-rekan mahasiswa S1-Lintas Jalur Telekomunikasi Multimedia angkatan 2013 atas segala bantuan dan kerjasamanya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada tugas akhir ini dan perlu pengembangan lebih lanjut. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang akan atau sedang menerapkan penataan dan pengendalian menara telekomunikasi seluler bersama.

Surabaya, Januari 2016

Dessy Irmalianti

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
1 DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
1 BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Laporan	4
1.7 Relevansi	5
2 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Konsep Dasar Telekomunikasi Seluler.....	7
2.1.1 Jaringan GSM	7
2.1.2 Jaringan CDMA.....	11
2.1.3 Bentuk Sel.....	12
2.1.4 Frekuensi <i>Reuse</i>	13
2.1.5 Handover.....	14
2.1.6 Interferensi.....	15
2.1.7 Dasar Trafik.....	15
2.1.8 Grade of Service (GOS).....	16
2.1.9 Proses Panggilan Telepon Seluler.....	16
2.1.10 Daerah Cakupan BTS	17
2.1.11 Menara Telekomunikasi.....	17
2.2 Morfologi Area.....	20
2.3 Prediksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk	20

2.4	<i>Weighted Product Method (WPM)</i>	20
2.5	MapInfo	22
3	BAB 3.....	23
3.1	Studi Pendahuluan	23
3.1.1	Penentuan Daerah Penelitian	23
3.2	Pengumpulan Data.....	25
3.2.1	Pengumpulan Data Lapangan	25
3.2.2	Pengumpulan Data Pendukung.....	27
3.2.3	Perhitungan Data.....	37
3.3	Implementasi <i>Weighted Product Method (WPM)</i>	40
3.3.1	Penentuan Kriteria Lokasi Potensial	40
3.3.2	Penilaian Bobot Kepentingan Tiap Kriteria.....	42
3.3.3	Rating Kecocokan	43
3.3.4	Penentuan Bobot dari Kriteria	44
3.3.5	Normalisasi Bobot Kriteria (<i>W_f</i>)	45
4	BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	47
4.1	Pengolahan Data.....	47
4.1.1	Prediksi Jumlah Penduduk.....	47
4.1.2	Perhitungan Pengguna Seluler 5 Tahun Mendatang ...	48
4.2	Perhitungan Data Kebutuhan BTS.....	49
4.2.1	Data Menara Telekomunikasi Eksisting	49
4.2.2	Total Trafik Pengguna untuk 5 Tahun Mendatang	51
4.2.3	Penentuan Jumlah BTS untuk 5 Tahun Mendatang ...	52
4.2.4	Penentuan Jumlah Menara Telekomunikasi Seluler untuk 5 Tahun Mendatang.....	54
4.3	Penempatan Zona Menara Menggunakan <i>MapInfo</i>	55
4.3.1	Penempatan Zona Menara Eksisting.....	55
4.3.2	Penempatan Zona Menara Baru.....	57
4.3.3	Luas Zona Menara Baru.....	58

4.4	Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Lokasi Menara dengan <i>Weighted Product Method</i> (WPM).....	58
4.4.1	Proses Normalisasi (S) Matrik Keputusan	58
4.4.2	Proses Preferensi untuk Tiap Alternatif (V).....	59
5	BAB 5 KESIMPULAN	63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	63
	DAFTAR PUSTAKA	65
	RIWAYAT PENULIS	67
	LAMPIRAN A.....	69
	LAMPIRAN B	71
	LAMPIRAN C	73
	LAMPIRAN D.....	83

DAFTAR ISI

AUTHENTICATION.....	i
APPROVAL SHEETS.....	iii
ABSTRACT.....	v
ABSTRACT.....	vii
PREFACE.....	ix
TABLE OF CONTENT.....	xi
ILLUSTRATION.....	xv
TABLES.....	xvii
BAB 1 PROLOG.....	1
1.1 Background.....	1
1.2 Problems.....	2
1.3 Limitations.....	2
1.4 Purposes.....	3
1.5 Methods.....	3
1.6 Systematics.....	4
1.7 Relevace.....	5
2 BAB 2 THEORIES.....	7
2.1 Concepts of Cellular Telecommunications.....	7
2.1.1 GSM Networks.....	7
2.1.2 CDMA Networks.....	11
2.1.3 Cell Form.....	12
2.1.4 Reuse Frequency.....	13
2.1.5 Handover.....	14
2.1.6 Interference.....	15
2.1.7 Traffic Concepts.....	15
2.1.8 Grade of Service (GOS).....	16
2.1.9 Cellular Call Process.....	16
2.1.10 BTS Coverage Area.....	17
2.1.11 Telecommunications Tower.....	17
2.2 Area Morphology.....	20
2.3 Prediction of Populations Growth.....	20

2.4	<i>Weighted Product Method (WPM)</i>	20
2.5	MapInfo	22
CHAPTER 3 METHODOLOGY		23
3.1	Pre-Liminary Study	23
3.1.1	Determination of Research Area.....	23
3.2	Collection of Data.....	25
3.2.1	Field Data Collection	25
3.2.2	Supporting Data Collection.....	27
3.2.3	Data Calculations	37
3.3	Implementation of <i>Weighted Product Method (WPM)</i>	40
3.3.1	Determining Criteria for Potential Sites.....	40
3.3.2	The Weight Importance of Each Criteria Assessment	42
3.3.3	Suitability Rating	43
3.3.4	Weighting Criteria	44
3.3.5	Normalization Weighting Criteria (<i>W_j</i>).....	45
CHAPTER 4 DATA ANALYSIS AND DISCUSSION.....		47
4.1	Data Processing	47
4.1.1	Prediction of Population	47
4.1.2	Calculation of Mobile Users for The Next 5 Years	48
4.2	Calculation of BTS Data Needs.....	49
4.2.1	Existing Telecommunication Tower Data	49
4.2.2	Total Traffic for The Next 5 Years	51
4.2.3	Number of BTS for The Next 5 Years.....	52
4.2.4	Number of Telecommunications Tower for The Next 5 Years	54
4.3	Zoning Tower Using <i>MapInfo</i>	55
4.3.1	Existing Zoning Tower	55
4.3.2	Zoning The New Tower.....	57
4.3.3	Wide of The New Tower	58

4.4	Decision Support System of Tower Determination using <i>Weighted Product Method (WPM)</i>	58
4.4.1	Normalization of Decision Matrix	58
4.4.2	Preference Process for Each Alternative (V)	59
CHAPTER 5 CONCLUSION		63
5.1	Conclusion	63
5.2	Suggestion	63
BIBLIOGRAPHY		65
BIOGRAPHY		67
ATTACHMENT A		69
ATTACHMENT B		71
ATTACHMENT C		73
ATTACHMENT D		83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan GSM.....	8
Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan CDMA	12
Gambar 2.3 Bentuk Sel	13
Gambar 2.4 Frekuensi <i>Reuse</i>	14
Gambar 2.5 Proses <i>Handover</i>	14
Gambar 2.6 Menara Mandiri (<i>Self Supporting Tower</i>)	18
Gambar 2.7 Menara Tegang (<i>Guyed Tower</i>)	19
Gambar 2.8 Menara Tunggal (<i>Monopole Tower</i>)	19
Gambar 3.1 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir	23
Gambar 3.2 Peta Kabupaten Jombang	24
Gambar 3.3 Metode Survei Lapangan.....	25
Gambar 3.4 Tinggi Menara, Tinggi Antena, dan Label Menara	26
Gambar 3.5 Cincin Kabel Feeder BTS 2G.....	27
Gambar 3.6 Peta Kabupaten Jombang Berbasis MapInfo	29
Gambar 3.7 Pengguna Seluler Menurut Wilayah Tahun 2010.....	30
Gambar 3.8 Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jombang.....	33
Gambar 3.9 Keterangan Warna RTRW Kabupaten Jombang.....	34
Gambar 3.10 Blok Diagram Implementasi <i>Weighted Product Method</i> . 40	
Gambar 4.1 Persebaran Zona Menara Eksisting di Jombang.....	56
Gambar 4.2 Penempatan Zona Menara Baru di Kabupaten Jombang... 57	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Laju Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Jombang.....	31
Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Coverage Zona Menara Eksisting.....	35
Tabel 3.3 Inisiasi Kriteria pada Tiap Alternatif	41
Tabel 3.4 Bilangan <i>crisp</i> dikonversikan dari bilangan <i>Fuzzy</i>	42
Tabel 3.5 Pembobotan Kepadatan Penduduk (C_1)	42
Tabel 3.6 Pembobotan Jumlah BTS Eksisting	43
Tabel 3.7 Pembobotan Rencana Tata Ruang Wilayah	43
Tabel 3.8 Rating Kecocokan	43
Tabel 3.9 Penentuan Bobot dari Kriteria.....	44
Tabel 3.10 Normalisasi Bobot Kriteria	45
Tabel 4.1 Prediksi Jumlah Penduduk Kabupaten Jombang Tahun 2020	47
Tabel 4.2 Prediksi Jumlah <i>User</i> Kabupaten Jombang Tahun 2020.....	49
Tabel 4.3 Jumlah BTS dan Menara di Jombang Tahun 2015	50
Tabel 4.4 Jumlah BTS Tiap Operator di Kabupaten Jombang Tahun 2015	51
Tabel 4.5 Prediksi Total Trafik <i>User</i> di Kabupaten Jombang Tahun 2020	52
Tabel 4.6 Prediksi Jumlah BTS di Kabupaten Jombang Tahun 2020 ...	53
Tabel 4.7 Prediksi Jumlah Menara di Jombang Tahun 2020	55
Tabel 4.8 Normalisasi Matrik Keputusan (S).....	58
Tabel 4.9 Hasil Preferensi untuk Tiap Alternatif	59
Tabel 4.10 Ranking Vektor V dengan Urutan dari Tertinggi ke Terendah	60
Tabel C.0.1 Data Menara Eksisting	73
Tabel D.0.1 Data Zona Menara Baru	83

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komunikasi merupakan salah satu kebutuhan manusia untuk memperlancar segala aktivitasnya. Saat ini, komunikasi jarak jauh merupakan kebutuhan yang sedang digandrungi oleh masyarakat. Perkembangan teknologi telekomunikasi sudah menjadi sarana yang tak terpisahkan dari pola kehidupan manusia. Hal ini mendorong teknologi telekomunikasi untuk terus berkembang untuk terus memberikan kemudahan bagi manusia untuk dapat berkomunikasi dimana pun mereka berada. Ketersediaan layanan diupayakan oleh sejumlah operator dengan menawarkan berbagai macam sistem dan layanan yang bervariasi demi memenuhi permintaan pelanggan.

Penetrasi operator dalam menggaet pelanggan baru semakin meningkat tiap tahunnya. Salah satu cara untuk meningkatkan cakupan area jaringan operator adalah dengan melakukan pembangunan infrastruktur jaringan radio seluler, termasuk di dalamnya menara untuk antena *Base Transceiver Station* (BTS) di titik yang dianggap strategis. Area yang menjadi target mereka adalah kota besar hingga kabupaten – kabupaten yang sedang berkembang.

Operator harus berhati – hati dalam pembangunan menara BTS baru di suatu area khususnya di kabupaten berkembang, karena pengadaan perangkat dan penginstalasiannya sangat mahal dan tidak semua titik bernilai strategis. Selain itu munculnya resiko interferensi antar operator juga dapat membuat kinerja BTS menjadi tidak optimal.

Kerapatan lokasi menara BTS yang terlalu sempit membawa permasalahan yang berimbas pada masyarakat. Pada umumnya, lokasi menara berada pada sebuah lahan kosong yang dikhususkan untuk pendirian menara. Namun dalam beberapa kasus ditemukan beberapa lokasi menara BTS yang berada pada pemukiman padat penduduk. Hal ini merupakan peringatan sekaligus permasalahan bagi Pemerintah. Pendirian lokasi menara BTS yang tidak tepat dapat mengganggu estetika kota. Oleh karena itu, koordinasi pembangunan menara antar operator dan Pemerintah Daerah perlu dilakukan agar terwujud keserasian hubungan antara Pemerintah, operator seluler, *tower provider*, dan masyarakat.

Wilayah yang dipilih untuk dikaji dalam penulisan ini adalah Kabupaten Jombang. Dalam penentuan lokasi menara BTS baru di Kabupaten Jombang dapat digunakan Sistem Pendukung Keputusan

(SPK). SPK dapat memberikan pertimbangan prioritas dari lokasi menara BTS baru di Kabupaten Jombang. SPK memperhitungkan segala kriteria yang mendukung keputusan untuk membantu, mempercepat, dan mempermudah proses pengambilan keputusan tentang suatu masalah dengan cepat dan akurat. Dalam sistem ini metode SPK yang digunakan adalah *Weighted Product Method* (WPM). Metode WPM dipilih karena dapat menentukan nilai bobot untuk setiap atribut, kemudian dilanjutkan dengan proses penyelesaian alternatif terbaik, dalam hal ini alternatif yang dimaksud adalah alternatif yang optimal untuk pembangunan menara BTS di Kabupaten Jombang berdasarkan kriteria – kriteria yang telah ditentukan. Selain itu WPM lebih efisien karena waktu yang dibutuhkan dalam perhitungan lebih singkat.

1.2 Permasalahan

Masalah yang diharapkan untuk ditemukan solusinya melalui tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan dan menentukan zona menara bersama untuk zona menara baru di Kabupaten Jombang dengan estimasi 5 tahun mendatang?
2. Bagaimana menentukan lokasi potensial menara telekomunikasi bersama yang dapat mencakup wilayah Kabupaten Jombang dengan memperhatikan menara dan BTS yang sudah ada?
3. Bagaimana cara menentukan lokasi yang strategis dan optimal dari menara BTS baru di Kabupaten Jombang dengan menggunakan metode *Weighted Product Method* (WPM)?

1.3 Batasan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini dibutuhkan adanya pembatasan masalah. Batasan masalah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Wilayah yang digunakan penelitian adalah Kabupaten Jombang.
2. Perencanaan dilakukan pada menara yang menggunakan BTS GSM dan CDMA.
3. Perhitungan kebutuhan menara baru telekomunikasi bersama menggunakan teori kapasitas trafik.
4. Metode yang digunakan dalam penentuan lokasi menara BTS baru adalah *Weighted Product Method* (WPM) dengan kriteria kepadatan penduduk, jumlah BTS eksisting, dan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW).

5. Aplikasi yang digunakan untuk menampilkan peta geografis dari Kabupaten Jombang dalam bentuk digital adalah *MapInfo*.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian pada Tugas Akhir ini bertujuan sebagai berikut:

1. Mewujudkan keserasian hubungan antara Pemerintah, Masyarakat, Operator Seluler, dan *Tower Provider*.
2. Mengetahui cara penentuan jumlah dan lokasi dari zona menara BTS baik yang eksisting maupun yang baru di Kabupaten Jombang.
3. Mengetahui parameter – parameter tertentu dalam penentuan lokasi menara BTS baru di Kabupaten Jombang dengan menggunakan *Weight Product Method* (WPM).
4. Agar pembangunan menara telekomunikasi tertib, aman, dan tertata sesuai dengan hasil kajian tower dan perencanaan pembangunan daerah.

1.5 Metodologi Penelitian

Tahap – tahap yang dilakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
Mengambil dan mengumpulkan teori – teori dasar serta teori pendukung dari berbagai sumber, terutama mencari contoh paper, buku – buku referensi dan situs – situs dari internet tentang semua yang menunjang dalam penyelesaian Tugas Akhir ini termasuk mengambil data pendukung mengenai *MapInfo* dan *Weighted Product Method*.
2. Pengambilan Data dan Informasi
Mengadakan survey langsung ke lapangan untuk mengamati dan mengambil data menara telekomunikasi yang telah ada di daerah Kabupaten Jombang. Yang diambil dalam pengambilan data tersebut adalah Longitude, Latitude, tinggi tower, jumlah bts, dan operator yang ada dalam tower tersebut.
3. Perancangan dan Implementasi Sistem
Memasukkan data yang didapat melalui survey didalam software *MapInfo*. Setelah muncul adanya zona menara BTS eksisting lalu kemudian menentukan zona menara BTS baru dengan *Weighted Product Method*.

4. Analisa Data

Data yang telah dimasukkan kedalam *software MapInfo* kemudian dianalisa permasalahannya yang timbul kemudian dicarikan solusinya. Serta menganalisa yang terkait tentang zona menara BTS baru.

5. Dokumentasi penelitian

Tahapan akhir ini meliputi pembuatan laporan tugas akhir dan penulisan jurnal ilmiah. Pembuatan laporan tugas akhir untuk beberapa bagian dilakukan bersesuaian dengan pengerjaan tahapan-tahapan diatas. Sedangkan jurnal ilmiah dilakukan setelah laporan tugas akhir selesai.

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi lima Bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini membahas tentang dasar penyusunan Tugas Akhir yang meliputi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika penyusunan laporan Tugas Akhir, dan relevansi.

BAB II Teori Dasar

Bab ini berisi teori dasar dan penunjang Tugas Akhir yaitu tentang konsep seluler, konsep BTS, teori trafik, konsep sistem informasi geografis, konsep *software Map Info*, Sistem Pendukung Keputusan (SPK), dan tentang *Weighted Product Method*.

BAB III Perancangan dan Implementasi Sistem

Bab ini berisi tentang pengolahan data yang didapat melalui survey di lapangan tentang menara BTS eksisting yang ada di Kabupaten Jombang.

BAB IV Analisa Data dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang analisa dari implementasi data di dalam *software Map Info*, analisa tentang perhitungan kebutuhan pelanggan hingga beberapa tahun ke depan, jumlah dan lokasi zona menara BTS baru, serta

penentuan zona menara BTS baru menggunakan *Weighted Product Method*.

BAB V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat menghitung kapasitas trafik dari suatu BTS
2. Dapat menjadi acuan dalam penentuan lokasi BTS baru di wilayah tertentu
3. Dapat mengetahui cara penggunaan *software MapInfo*
4. Dapat mengetahui definisi dan cara penggunaan dari *Weighted Product Method*
5. Dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi penelitian yang akan datang

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Telekomunikasi Seluler

Telekomunikasi Seluler adalah sistem komunikasi jarak jauh tanpa menggunakan kabel, telekomunikasi seluler adalah bentuk komunikasi modern yang ditujukan untuk menggantikan telepon rumah yang masih menggunakan kabel. Perkembangan teknologi seluler adalah sebagai berikut:

1. Generasi pertama
Menggunakan sistem komunikasi analog dengan kecepatan rendah dan cukup untuk suara. Contohnya NMT (Nordic Mobile Telephone) dan AMPS (Analog Mobile Phone System).
2. Generasi kedua
Menggunakan sistem komunikasi digital dengan kecepatan menengah untuk pita lebar. Contohnya GSM (Global System for Mobile) dan CDMA (Code Division Multiple Access) 20001x.
3. Generasi 2,5
Menggunakan sistem komunikasi digital dengan kecepatan menengah. Teknologi yang termasuk 2,5G adalah layanan data seperti GPRS (General Packet Radio Service) dan EDGE (Enhance Data rate for GSM Evolution) pada domain GSM dan PDN (Packet Data Network) pada domain CDMA.
4. Generasi ketiga
Menggunakan sistem komunikasi digital dengan kecepatan tinggi untuk pita lebar. Contoh WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) atau dikenal juga dengan UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) dan CDMA 2000 1x EV-DO.[1]

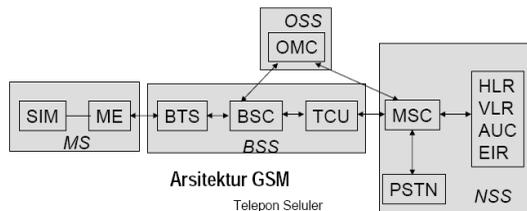
2.1.1 Jaringan GSM

Global system for mobile communication (GSM) dibuat pada tahun 1982 oleh komunitas di Eropa (CEPT). Suatu wilayah di bagi dalam sel-sel kecil dalam suatu wilayah. GSM adalah jaringan seluler, yang artinya bahwa telepon seluler bisa terkoneksi dengan mencari sel-sel disekitarnya yang berdekatan.

Global System for Mobile Communication (GSM) adalah standard sistem seluler generasi kedua yang dibangun untuk mengatasi masalah pengelompokan pada sistem seluler pertama di Eropa. GSM

adalah sistem seluler pertama di dunia yang menetapkan spesifikasi modulasi digital dan arsitektur pelayanan (service) pada network level. Penetapan standar GSM dilakukan di bawah dukungan European Technical Standard Institute (ETSI).

Jaringan GSM dengan frekuensi 900 dan 1800 MHz merupakan frekuensi yang paling banyak digunakan di dunia. GSM 900 menggunakan frekuensi *uplink* 890-915 MHz dan frekuensi *downlink* 935-960 MHz. Dengan lebar kanal sebesar 200 KHz maka akan memiliki kanal sebanyak 124 kanal. Untuk memenuhi kebutuhan kanal yang semakin banyak, maka digunakanlah *Extended GSM* yaitu dengan menambah 50 kanal. *Duplex spacing* (jarak frekuensi antara uplink dengan downlink) sebesar 45 MHz. GSM 1800 menggunakan frekuensi *uplink* 1710-1785 MHz dan frekuensi *downlink* sebesar 1805-1880 MHz dengan *duplex spacing* sebesar 95 MHz.



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan GSM

Secara umum, *network element* dalam arsitektur jaringan GSM dapat dibagi menjadi empat subsistem, yaitu:

1. *Mobile Station (MS)*
2. *Base Station Subsystem (BSS)*
3. *Network Switching Subsystem (NSS)*
4. *Operation Subsystem (OSS)*

Secara bersama-sama, keseluruhan network elemen di atas akan membentuk sebuah *Public Land Mobile Network (PLMN)*. [2]

2.1.1.1 *Mobile Station (MS)*

Bagian paling rendah dari sistem GSM adalah MS (*Mobile Station*). *Mobile Station (MS)* adalah perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk melakukan pembicaraan. Secara umum sebuah *Mobile System* terdiri dari:

1. *Mobile Equipment (ME)*
Mobile Equipment (ME) atau handset adalah perangkat GSM yang berada di sisi pelanggan yang berfungsi sebagai terminal

transceiver (pengirim dan penerima sinyal) untuk berkomunikasi dengan perangkat GSM lainnya. Secara internasional, ME diidentifikasi dengan IMEI (International Mobile Equipment Identity) dan data IMEI ini disimpan oleh EIR untuk keperluan autentikasi, apakah mobile equipment yang bersangkutan diizinkan untuk melakukan hubungan atau tidak.

2. *Subscriber Identity Module (SIM)*

Subscriber Identity Module (SIM) adalah sebuah *smart card* yang berisi seluruh informasi pelanggan dan beberapa informasi *service* yang dimilikinya. *Mobile Equipment (ME)* tidak dapat digunakan tanpa ada SIM card di dalamnya, kecuali untuk panggilan *emergency (SOS)* dapat dilakukan tanpa menggunakan SIM card. Secara functionality, sebuah MS mempunyai fungsi-fungsi sebagai *Radio Resource Management, Mobility Management, dan juga sebagai Communication Management.*[2]

2.1.1.2 Base Station Subsystem (BSS)

Secara umum, *Base Station Sub-system* terdiri dari BTS (*Base Transceiver Station*) dan BSC (*Base Station Controller*). Segala fungsi yang berhubungan dengan pengiriman data lewat gelombang radio dikerjakan di dalam bagian-bagian BSS, yang terdiri dari:

1. *Base Transceiver Station (BTS)*

BTS adalah perangkat GSM yang berhubungan langsung dengan MS. BTS berhubungan dengan MS melalui *air interface* atau disebut juga *Um Interface*. BTS berfungsi sebagai pengirim dan penerima (*transceiver*) sinyal komunikasi dari/ke MS yang menyediakan *radio interface* antara MS dan jaringan GSM. Karena fungsinya sebagai *transceiver*, maka bentuk fisik sebuah BTS adalah tower dengan dilengkapi antena sebagai *transceiver*. Sebuah BTS dapat meng-*cover* area sejauh 35 km. Area cakupan BTS ini disebut juga dengan *cell*. Sebuah *cell* dapat dibentuk oleh sebuah BTS atau lebih, tergantung dari bentuk *cell* yang diinginkan. Fungsi dasar BTS adalah sebagai *Radio Resource Management*, yaitu melakukan fungsi-fungsi yang terkait dengan:

- a. Meng-*assign channel* ke MS pada saat MS akan melakukan pembangunan hubungan.
- b. Menerima dan mengirimkan sinyal dari dan ke MS, juga mengirimkan/menerima sinyal dengan frekuensi yang

berbeda-beda dengan hanya menggunakan satu antena yang sama.

- c. Mengontrol power yang ditransmisikan ke MS.
 - d. Ikut mengontrol proses *handover*.
 - e. *Frequency hopping*
2. *Base Station Controller* (BSC)
- BSC adalah perangkat yang mengontrol kerja BTS-BTS yang secara hirarki berada di bawahnya. BSC merupakan *interface* yang menghubungkan antara BTS (komunikasi menggunakan *A-bis interface*) dan MSC (komunikasi menggunakan *A interface*). BSC secara umum memiliki fungsi sebagai berikut:
- a. Melakukan fungsi radio resource management pada BTS-BTS yang ada di bawahnya.
 - b. Mengontrol proses *handover* inter BSC dan juga ikut serta dalam proses *handover* intra BSC.
 - c. Menghubungkan BTS-BTS yang berada di bawahnya dengan OMC sebagai pusat operasi dan maintenance.
 - d. Ikut terlibat dalam proses Call Control seperti call setup, routing, mengontrol dan men-terminate call.
 - e. Melakukan dan mengontrol proses timing advance control, yaitu mengontrol sinyal-sinyal yang diterima dari MS yang bergerak, sehingga tidak saling overlap.[2]

2.1.1.3 Network Switching Subsystem (NSS)

Network switching subsystem merupakan bagian arsitektur GSM yang berfungsi untuk menghubungkan antara pengguna yang melakukan panggilan dengan pengguna lainnya yang sama menggunakan seluler ataupun yang berbeda jaringan. NSS memiliki beberapa bagian yaitu:

1. *Mobile Switching Center* (MSC)
MSC adalah *network element central* dalam sebuah jaringan GSM. Semua hubungan (*voice call/transfer data*) yang dilakukan oleh *mobile subscriber* selalu menggunakan MSC sebagai pusat pembangunan hubungannya.
2. *Home Location Register* (HLR)
HLR adalah *network element* yang berfungsi sebagai sebuah database sebagai penyimpan semua data dan informasi mengenai pelanggan yang tersimpan secara permanen, dalam arti tidak tergantung pada posisi pelanggan.
3. *Visitor Location Register* (VLR)

VLR adalah *network element* yang berfungsi sebagai sebuah database yang menyimpan data dan informasi pelanggan, dimulai pada saat pelanggan memasuki suatu area yang bernaung dalam wilayah MSC VLR (setiap MSC akan memiliki 1 VLR sendiri) tersebut (melakukan Roaming).

4. *Authentication Center (AuC)*

AuC menyimpan semua informasi yang diperlukan untuk memeriksa keabsahan pelanggan, sehingga usaha untuk mencoba mengadakan hubungan pembicaraan bagi pelanggan yang tidak sah dapat dihindarkan. Disamping itu AuC berfungsi untuk menghindari adanya pihak ke tiga yang secara tidak sah mencoba untuk menyadap pembicaraan.

5. *Equipment Identity Registration (EIR)*

EIR memuat data-data peralatan pelanggan (*Mobile Equipment*) yang diidentifikasi dengan IMEI (*International Mobile equipment Identity*). Keberadaan EIR belum distandardisasi secara penuh, oleh karena itu belum dioperasikan di semua operator. Masih diperlukan klasifikasi dan penyempurnaan yang berkaitan dengan aspek hukum.[2]

2.1.1.4 Operating Subsystem (OSS)

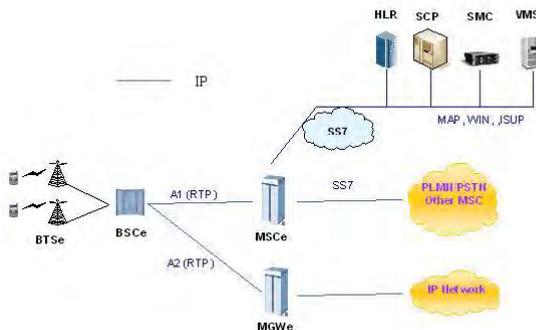
Operation and Support System (OSS) sering juga disebut dengan OMC (Operation and Maintenance Center), adalah sub system jaringan GSM yang berfungsi sebagai pusat pengendalian dan maintenance perangkat (*network element*) GSM yang terhubung dengannya. Tiap-tiap *network element* mempunyai perangkat OMC-nya sendiri-sendiri, misalnya *network element* NSS mempunyai perangkat OMC sendiri, *network element* BSS mempunyai perangkat OMC sendiri, *network element* VAS juga memiliki perangkat OMC sendiri. Biasanya, di banyak operator semua perangkat OMC ini diletakan di dalam satu ruangan OMC yang terpusat.[2]

2.1.2 Jaringan CDMA

CDMA (*Code Division Multiple Access*) merupakan suatu sistem akses secara bersama-sama yang dalam pembagian kanal bukan berdasarkan frekuensi (seperti pada FDMA) maupun waktu (pada TDMA), akan tetapi melalui pengkodean data dengan setiap kanal yang ada serta memakai karakter-karakter interferensi konstruktif dari kode-kode tertentu tersebut guna melakukan *multiplexing*. CDMA tidak menggunakan satuan waktu seperti seperti GSM/TDMA. Ini menjadikan CDMA memiliki kapasitas jaringan yang lebih besar dibandingkan

dengan jaringan GSM. Namun, hal ini tidak berarti jaringan CDMA akan lebih baik daripada jaringan GSM karena tetap ada batasan-batasan tertentu untuk kapasitas jaringan yang dimiliki oleh CDMA.

Prinsip kerja teknologi CDMA secara umum mirip dengan teknologi GSM yaitu sistem penerimaan data melalui jaringan digital khususnya dalam dunia komunikasi. Semua data yang dikirim maupun diterima dalam jaringan ini harus dalam bentuk digital. Hal yang sama juga berlaku untuk suara yang dikeluarkan dan diterima oleh penelepon saat berkomunikasi. Suara yang dikirimkan oleh penelepon akan diterima oleh *microphone* pada ponsel. Selanjutnya, suara ini akan diubah menjadi bentuk digital dan dikirimkan melalui gelombang radio ke *Base Transceiver Station (BTS)* milik operator yang digunakan. BTS inilah yang menerima data dan ponsel yang digunakan tadi dan meneruskannya ke BTS tujuan. Dan BTS tujuan ini, data selanjutnya akan dikirimkan ke ponsel tujuan yang seharusnya menerima panggilan tersebut. Tentu saja, ponsel penerima akan mengubah data digital yang diterima menjadi bentuk suara agar bisa didengar oleh penerima. Prinsip umum ini berlaku pada semua sistem digital, baik GSM maupun CDMA. Namun, detail prinsip kerja dan kedua sistem digital tersebut tidaklah sama. Secara umum, arsitektur jaringan CDMA mirip dengan jaringan GSM.[3]



Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan CDMA

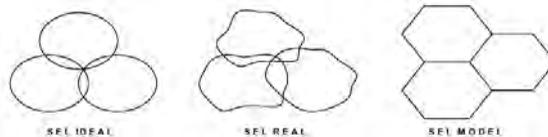
2.1.3 Bentuk Sel

Konsep dasar dari suatu sistem selular adalah pembagian pelayanan menjadi daerah-daerah kecil yang disebut sel. Setiap sel mempunyai daerah cakupannya masing-masing dan beroperasi secara

khusus. Jumlah sel pada suatu daerah geografis adalah berdasarkan pada jumlah pelanggan yang beroperasi di daerah tersebut. Ukuran sel pada sistem komunikasi seluler dapat dipengaruhi oleh:

1. Kepadatan pada trafik.
2. Ketinggian Antena Sektoral
3. Daya pemancar, yaitu *Base Station* dan *Mobile Station*
4. Faktor alam, seperti udara, laut, gunung, gedung-gedung, dan lain-lain.

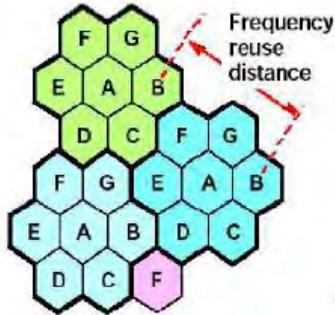
Bentuk jaringan sistem selular berkaitan dengan luas cakupan daerah pelayanan. Bentuk sel yang terdapat pada sistem komunikasi bergerak selular digambarkan dengan bentuk hexagonal dan lingkaran. Tetapi, bentuk heksagonal dipilih sebagai bentuk pendekatan jaringan selular, karena dari sel yang lebih sedikit dengan bentuk hexagonal diharapkan dapat mencakup seluruh wilayah pelayanan.[1]



Gambar 2.3 Bentuk Sel

2.1.4 Frekuensi Reuse

Frekuensi *Reuse* adalah penggunaan kembali frekuensi yang sama di area berbeda dengan mempertimbangkan efek interferensi. Frekuensi *reuse* dilakukan karena keterbatasan spektrum frekuensi, keterbatasan *coverage area cell*, menambah jumlah kanal frekuensi dan untuk efisiensi frekuensi yang dimiliki. Antara *cell-cell* yang bersebelahan tidak boleh menggunakan frekuensi yang sama atau berdekatan. Pada konsep frekuensi *reuse*, suatu kanal frekuensi tertentu dapat melayani beberapa panggilan pada waktu yang bersamaan. Maka dapat dikatakan penggunaan spektrum frekuensi yang efisien dapat dicapai. Semua frekuensi yang tersedia dapat digunakan oleh tiap-tiap sel, sehingga dapat mencapai kapasitas jumlah pemakai yang besar menggunakan pita frekuensi yang efektif.[1]

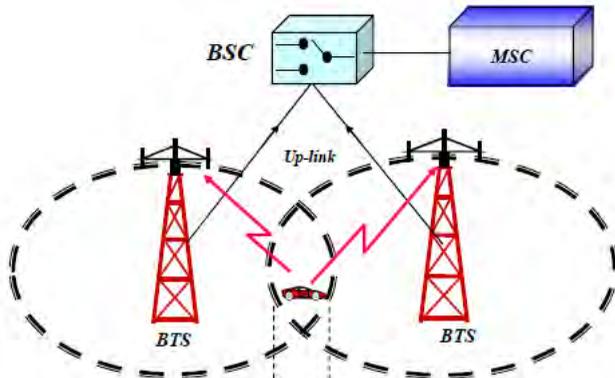


Gambar 2.4 Frekuensi Reuse

2.1.5 Handover

Handover atau yang biasa juga disebut *handoff* merupakan suatu proses pengalihan *Radio Base Station* (RBS) apabila pengguna melakukan suatu panggilan dalam keadaan bergerak dari satu sel menuju sel yang lain. Proses ini terjadi agar pelanggan dapat mengirim atau menerima sinyal dengan baik walaupun pelanggan sedang dalam keadaan bergerak. Terdapat dua kondisi untuk dilakukannya proses *handover*, yaitu:

1. Ketika *Mobile Station* berada pada perbatasan level sel, karena sinyal yang diterima akan melemah.
2. Pada saat pengguna berada pada lubang kekuatan sinyal (*signal strength hole*) yang terdapat dalam suatu sel.[1]



Gambar 2.5 Proses Handover

2.1.6 Interferensi

Parameter kerja sistem komunikasi seluler dibatasi oleh interferensi. Interferensi pada kanal suara dapat menyebabkan *cross-talk*, sedangkan interferensi pada kanal control dapat menyebabkan *call blocking*. Ada dua macam jenis interferensi yaitu interferensi antar kanal atau *co-channel interference* (CCI) dan interferensi kanal sebelah atau *adjacent channel interference*. Penyebab terjadinya interferensi antara lain:

1. *Mobile Station* lain dalam satu sel
2. Panggilan dalam proses dari sebelah
3. *Base Station* lain yang beroperasi pada frekuensi yang sama
4. Peralatan lain[1]

2.1.7 Dasar Trafik

Secara umum trafik dapat diartikan sebagai perpindahan informasi dari satu tempat ke tempat yang lain melalui jaringan telekomunikasi. Besaran dari suatu trafik telekomunikasi diukur dengan satuan waktu, sedangkan nilai dari trafik suatu kanal adalah lamanya waktu pendudukan pada kanal tersebut. Salah satu tujuan dari perhitungan trafik adalah untuk mengetahui unjuk kerja jaringan dan mutu pelayanan jaringan telekomunikasi. Untuk menggambarkan ukuran kesibukan digunakan istilah Erlang. Yang dimaksud dengan satu erlang adalah intensitas panggilan selama satu periode. Besaran yang dipakai untuk menyatakan besar lalu lintas telekomunikasi (A Erlang) adalah banyak dan lamanya pembicaraan.

Sumber trafik adalah pelanggan, kapan dan berapa lama pelanggan mengadakan pembicaraan telepon tidak dapat ditentukan lebih dahulu. Jadi trafik ini besarnya merupakan besar statistik dan kuantitasnya hanya bisa diselesaikan dengan statistik dan teori probabilitas. Jumlah panggilan merupakan fungsi waktu, sedang variasi dari jumlah panggilan tersebut sama dengan variasi trafik. Bila trafik dalam suatu sistem peralatan telekomunikasi diamati, maka akan terlihat bahwa harganya akan berubah-ubah. Intensitas Trafik adalah jumlah waktu pendudukan per satuan waktu atau volume trafik dibagi dengan periode waktu pengamatan.

$$A = \frac{V}{T} \quad (2.1)$$

Dimana:

A = Intensitas trafik (Erlang)

V = Volume trafik atau waktu pendudukan per satuan waktu

T = Periode waktu pengamatan[4]

2.1.8 Grade of Service (GOS)

Ketika seorang pengguna berusaha untuk membuat panggilan telepon, routing menentukan apakah akan menerima panggilan, mengalihkan panggilan untuk alternatif lain atau menolak panggilan sepenuhnya. Panggilan ditolak karena terjadi trafik yang berlebihan pada sistem yang dapat mengakibatkan panggilan tertunda ataupun kehilangan. Jika panggilan tertunda, pengguna hanya harus menunggu hingga trafik atau lalu lintas panggilan dapat normal kembali. Dalam *Loss System, Grade of Service* (GOS) digambarkan sebagai proporsi itu panggilan yang hilang karena trafik yang berlebihan di jam sibuk. Definisi dari *Grade of Service* dapat dinyatakan dalam rumus:[5]

$$\text{Grade of Service} = \frac{\text{Panggilan yang ditolak}}{\text{Panggilan yang masuk}} \quad (2.2)$$

2.1.9 Proses Panggilan Telepon Seluler

Ketika sebuah telepon seluler dihidupkan, tetapi belum terlibat kesibukan dalam percakapan, telepon seluler akan melakukan *scanning* terhadap kanal untuk menentukan kanal yang memiliki sinyal kuat, dan kemudian memantau kanal ini apakah sinyal BTS akan jatuh di bawah taraf atau ambang terendah yang dapat digunakan. Jika ini terjadi, ponsel akan memindai lagi kanal-kanal yang ada, dalam usaha mencari sinyal yang terkuat dari BTS-BTS yang ada di sekitar ponsel. Jika suatu panggilan telepon ditujukan kepada seorang pelanggan komunikasi seluler, MSC akan mengirimkan permintaan hubungan ini ke semua BTS dalam sistem seluler yang dimilikinya. Nomor identifikasi ponsel akan dipancarluaskan sebagai pesan panggil di semua kanal kendali tuju di seluruh sistem seluler tersebut. Ponsel yang dituju akan menerima pesan panggil yang dikirim oleh BTS yang dipantaunya, dan menjawab dengan cara mengidentifikasi dirinya sendiri pada kanal kendali balik. BTS ini kemudian akan meneruskan balasan yang dikirim oleh ponsel, dan memberi tahu MSC untuk melakukan hubungan. Setelah itu, MSC menginstruksikan BTS tersebut untuk memindahkan hubungan ke sebuah kanal percakapan yang sedang tidak digunakan dalam sel cakupannya. Pada saat ini, BTS memberi isyarat kepada ponsel untuk memindah frekuensinya ke pasangan kanal percakapan tuju dan percakapan balik.

Pada saat yang sama, BTS ini juga mengirim pesan data yang disebut pesan peringatan yang ditransmisikan melalui kanal percakapan tuju, berisi perintah bagi ponsel yang dituju untuk menghidupkan nada panggil. Dengan cara ini pengguna dapat mengetahui adanya panggilan masuk. Saat percakapan sudah mulai berlangsung, MSC mengatur daya

yang ditransmisikan dari ponsel, serta mengganti pasangan kanal yang digunakan ponsel dan BTS-nya. Apabila pelanggan tersebut dalam keadaan bergerak masuk atau keluar rentang wilayah cakupan dari BTS satu menuju ke BTS lainnya, maka perlu dilakukan pemindahan. Ada pensinyalan kendali khusus yang dikirimkan melalui kanal-kanal percakapan untuk menjamin agar ponsel dapat dikendalikan oleh BTS-nya dan MSC selagi percakapan sedang berlangsung.[6]

2.1.10 Daerah Cakupan BTS

BTS memiliki daerah cakupan yang bergantung pada kuat lemahnya pancaran daya dari sinyal yang dikirimkan ke pelanggan. Faktor lingkungan dan interferensi dari BTS operator sekitar juga mempengaruhi kekuatan dari BTS untuk meng-cover suatu wilayah. BTS mempunyai beberapa antena yang mempunyai fungsi yang berbeda. Antena yang ke arah pelanggan disebut *microwave* dan yang ke arah BSC atau BTS disebut dengan antena sektoral.

Antena sektoral adalah antena yang berfungsi untuk meng-cover suatu wilayah. Spesifikasi antena sektoral berpengaruh dalam luas cakupan suatu wilayah. Kuat sinyal yang diterima oleh pelanggan dipengaruhi oleh daya pancar dari BTS tersebut.

$$P_R = P_T G_T G_R \frac{h_b^2 h_m^2}{d^4} \quad (2.3)$$

Dimana:

P_R = Daya yang diterima pelanggan (watt)

P_T = Daya pancar BTS (watt)

G_T = Penguatan pada BTS

G_R = Penguatan pada penerima

h_b = Tinggi antena BTS (meter)

h_m = Tinggi antena penerima (meter)

d = Jarak antara BTS dengan penerima (meter)[7]

2.1.11 Menara Telekomunikasi

Satu site akan melayani satu sel. Setiap site biasanya terdiri dari sebuah menara (*tower*), antena dan *shelter*. Menara digunakan untuk meletakkan berbagai macam antena. Tinggi menara disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi lingkungan. *Shelter* digunakan sebagai tempat untuk menyimpan berbagai perangkat telekomunikasi. Jenis menara dan operasionalnya diklasifikasikan berdasarkan:

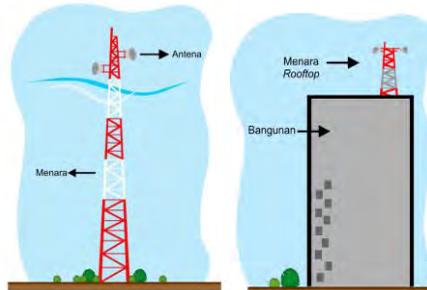
- a. Tempat berdirinya menara, mencakup:
 1. Menara yang dibangun di atas tanah (*green field*)
 2. Menara yang dibangun di atas bangunan (*roof top*)

b. Struktur bangunan menara, mencakup:

1. Menara mandiri (*self supporting tower*)

Menara mandiri merupakan menara dengan struktur rangka baja yang berdiri sendiri dan kokoh, sehingga mampu menampung perangkat telekomunikasi dengan optimal. Menara ini dapat didirikan di atas bangunan dan di atas tanah. Menara tipe ini dapat berupa menara berkaki 4 (*rectangular tower*) dan menara berkaki 3 (*triangular tower*). Menara ini memiliki fungsi untuk:

- Komunikasi bergerak selular di daratan, mencakup komunikasi selular dengan teknologi GSM dan CDMA
- Komunikasi point to point
- Penyiaran televisi
- Penyiaran radio

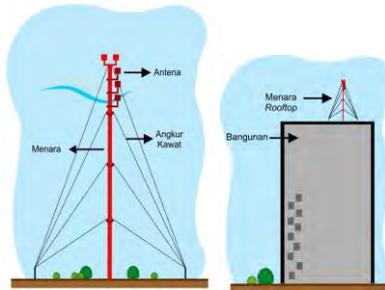


Gambar 2.6 Menara Mandiri (*Self Supporting Tower*)

2. Menara Tegang (*Guyed Tower*)

Menara tegang merupakan menara dengan struktur rangka baja yang memiliki penampang lebih kecil dari menara mandiri dan berdiri dengan bantuan perkuatan kabel yang diangkurkan pada tanah dan di atas bangunan. Menara ini memiliki fungsi untuk:

- a. Komunikasi bergerak selular di daratan, mencakup komunikasi selular dengan teknologi GSM dan CDMA
- b. Komunikasi point to point
- c. Jaringan telekomunikasi nirkabel
- d. Penyiaran televisi
- e. Penyiaran radio

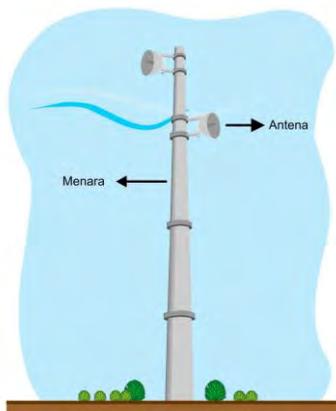


Gambar 2.7 Menara Tegang (Guyed Tower)

3. Menara Tunggal (*Monopole Tower*)

Menara tunggal merupakan menara yang hanya terdiri dari satu rangka tiang yang didirikan atau ditancapkan langsung pada tanah dan tidak dapat didirikan di atas bangunan. Berdasarkan penampangnya, menara monopole terbagi menjadi menara berpenampang lingkaran (*circular pole*) dan menara berpenampang persegi (*tapered pole*). Menara tunggal memiliki fungsi untuk:

- a. Komunikasi bergerak selular di daratan, mencakup komunikasi seluler dengan teknologi GSM dan CDMA
- b. Komunikasi point to point
- c. Jaringan telekomunikasi nirkabel
- d. Jaringan transmisi
- e. Komunikasi radio gelombang mikro[8]



Gambar 2.8 Menara Tunggal (*Monopole Tower*)

2.2 Morfologi Area

Morfologi area merupakan pengelompokan suatu area berdasarkan kepadatan penduduk, perilaku penduduk dan kondisi lingkungannya. Morfologi area dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Urban, yaitu daerah pusat kota baik metropolis maupun kota menengah dengan gedung-gedung yang rapat dan tinggi. Daerah urban memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan diwarnai dengan strata sosial ekonomi yang heterogen. Mata pencaharian di daerah perkotaan bervariasi dan lebih mengarah ke bidang industri.
2. Suburban, merupakan daerah peralihan antara kota dan desa. Ditandai dengan jumlah bangunan yang mulai padat, biasanya ditemui di pinggiran kota maupun kota-kota kecil.
3. Rural atau desa, ditandai dengan jumlah bangunan yang sedikit dan jarang, lebih banyak ditemui alam terbuka. Pada umumnya mata pencaharian di daerah perdesaan adalah bertani tapi tak sedikit juga yang bermata pencaharian berdagang, sebab beberapa daerah pertanian tidak lepas dari kegiatan usaha.[9]

2.3 Prediksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Prediksi jumlah penduduk perlu dilakukan untuk memperkirakan jumlah penduduk di masa mendatang. Pada umumnya prediksi jumlah penduduk diperlukan untuk tahapan perencanaan jangka panjang suatu wilayah. Tingkat pertumbuhan penduduk di suatu wilayah dihitung dengan membandingkan jumlah penduduk awal dengan jumlah penduduk di kemudian tahun. Dengan rumus pertumbuhan geometrik, angka pertumbuhan penduduk sama untuk setiap tahunnya, untuk memprediksi jumlah penduduk di masa mendatang dapat digunakan rumus:

$$P_t = P_0(1 + r)^t \quad (2.4)$$

Dimana:

P_t = Jumlah penduduk tahun t

P_0 = Jumlah penduduk awal

r = Tingkat pertumbuhan penduduk

t = Jumlah tahun dari 0 ke t[10]

2.4 Weighted Product Method (WPM)

Metode *Weighted Product* merupakan salah satu metode penyelesaian pada masalah MADM (*Multiple Attribute Decision Making*). Metode ini mengevaluasi beberapa alternative terhadap

sekumpulan atribut atau kriteria, dimana setiap atribut tidak saling bergantung satu dengan yang lainnya.

Menurut Yoon (Kusmarini, 2006), metode Weighted Product menggunakan teknik perkalian untuk menghubungkan rating atribut, dimana rating tiap atribut harus dipangkatkan terlebih dahulu dengan bobot atribut yang bersangkutan. Proses ini sama halnya dengan proses normalisasi.

Tahapan – tahapan metode Weighted Product:

1. Penentuan kriteria pemilihan
2. Penilaian bobot kepentingan tiap kriteria
3. Penentuan range nilai tiap kriteria
4. Penilaian tiap alternatif menggunakan semua atribut dengan penentuan range nilai yang disediakan yang menunjukkan seberapa besar kepentingan antar kriteria.
5. Dari data penilaian tiap bobot atribut dan nilai alternatif dibuat matrik keputusan (X).
6. Dilakukan proses perbaikan/normalisasi bobot kriteria (W)

$$W_j = \frac{w_j}{\sum w_j} \quad (2.5)$$

Keterangan :

W_j = bobot atribut

$\sum W_j$ = penjumlahan bobot atribut

7. Dilakukan proses normalisasi (S) matrik keputusan dengan cara mengalikan rating atribut, dimana rating atribut terlebih dahulu harus dipangkatkan dengan bobot atribut.

Atribut Keuntungan: pangkat bernilai positif.

Atribut Biaya : pangkat bernilai negative

$$S_i = \prod_{j=1}^n X_{ij}^{W_j} \quad (2.6)$$

Keterangan:

S_i = hasil normalisasi matrik keputusan pada alternative ke-i

X_{ij} = rating alternatif per atribut

W_j = bobot atribut

i = alternatif

j = atribut

$\prod_{j=1}^n X_{ij}^{W_j}$ = perkalian rating alternatif per atribut dari $j=1 - n$

8. Proses preferensi untuk tiap alternatif (V).

$$V_i = \frac{\prod_{j=1}^n X_{ij}^{W_j}}{\prod_{j=1}^n (X_i^*)^{W_j}} \quad (2.7)$$

Keterangan :

V_i = Hasil preferensi alternatif ke-i

X_{ij} = Rating alternatif per atribut

W_j = Bobot atribut

i = alternatif

j = atribut

$\prod_{j=1}^n X_{ij}^{W_j}$ = perkalian rating alternatif per atribut dari $j=1-n$

$\prod_{j=1}^n (X_i^*)^{W_j}$ = penjumlahan hasil perkalian rating alternatif per atribut dari $j = 1-n$. [11]

2.5 MapInfo

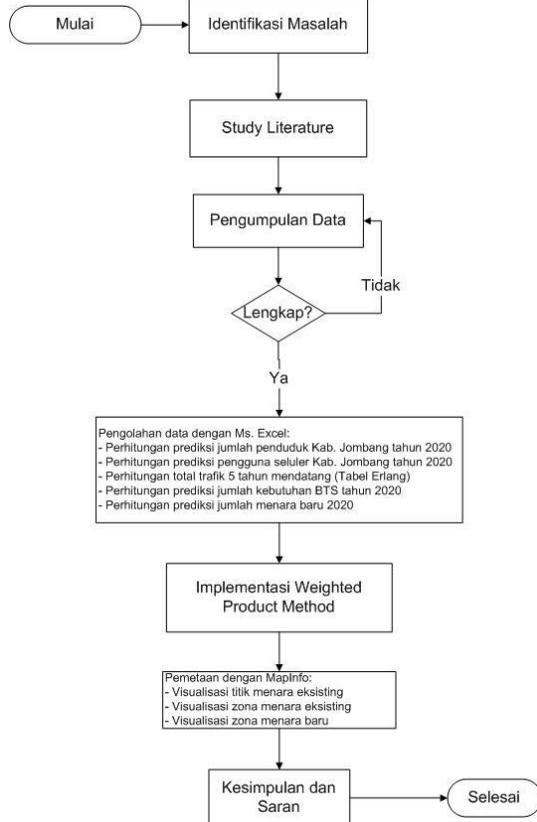
MapInfo Profesional merupakan salah satu aplikasi dari sistem informasi geografis yang didesain untuk bidang pemetaan (mapping). MapInfo banyak diminati karena harganya yang relatif murah, mudah digunakan, dan lengkap untuk keperluan pengembangan sistem informasi geografis. Kemudahan lain dari MapInfo adalah aplikasi ini sudah bisa menyediakan layanan pada Windows, maka pengguna tidak perlu melakukan perintah yang panjang untuk melakukan suatu pekerjaan. Bentuk pekerjaan dari MapInfo adalah layer, jadi jika dibuka dalam beberapa layer akan disimpan dalam workspace yang baru. Format tampilan MapInfo dapat menampilkan 3 format data yaitu :

1. Mappers: informasi data grafis yang berbentuk konvensional hasil digitalisasi, jadi memungkinkan untuk bisa melihat pola geografik dari data yang akan ditampilkan.
2. Browser: informasi yang disajikan dalam bentuk tabel, memungkinkan untuk melakukan pemeriksaan.
3. Graphers: informasi dalam bentuk grafik yang disesuaikan dengan data yang ada di browser. Grafik ditampilkan secara terpisah maupun bersama-sama dengan tampilan Mappers. [12]

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tahapan pengerjaan tugas akhir mulai dari awal hingga selesai. Pada gambar 3.1 dijelaskan mengenai *flowchart* pengerjaan tugas akhir ini.



Gambar 3.1 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir

3.1.1 Penentuan Daerah Penelitian

Kabupaten Jombang terletak pada wilayah sangat strategis, karena berada pada bagian tengah Jawa Timur dan dilintasi Jalan Arteri Primer Surabaya – Madiun dan Jalan Kolektor Primer Malang – Babat. Pada sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Mojokerto, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Kediri dan Kabupaten Malang

sebagai daerah wisata dan kota pelajar serta kota industri, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Nganjuk, dan sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Lamongan.

Secara geografis Kabupaten Jombang terletak di sebelah selatan garis khatulistiwa berada antara $112^{\circ} 03' 45''$ sampai $112^{\circ} 27' 21''$ Bujur Timur dan $07^{\circ} 20' 37''$ dan $07^{\circ} 46' 45''$ Lintang Selatan, dengan luas wilayah 1.159,50 Km². Ibukota Kabupaten Jombang terletak pada ketinggian ± 44 meter di atas permukaan laut.



Gambar 3.2 Peta Kabupaten Jombang

Secara topografis, Kabupaten Jombang dibagi menjadi 3 (tiga) sub area, yaitu:

- a. Kawasan Utara, bagian pegunungan kapur muda Kendeng yang sebagian besar mempunyai fisiologi mendatar dan sebagian berbukit, meliputi Kecamatan Plandaan, Kabuh, Ploso, Kudu, dan Ngusikan.
- b. Kawasan Tengah, sebelah selatan Sungai Brantas, sebagian besar merupakan tanah pertanian yang cocok bagi tanaman

padi dan palawija, karena irigasinya cukup bagus meliputi Kecamatan Bandar Kedungmulyo, Perak, Gudo, Diwek, Mojoagung, Sumobito, Jogoroto, Peterongan, Jombang, Megaluh, Tembelang, dan Kesamben.

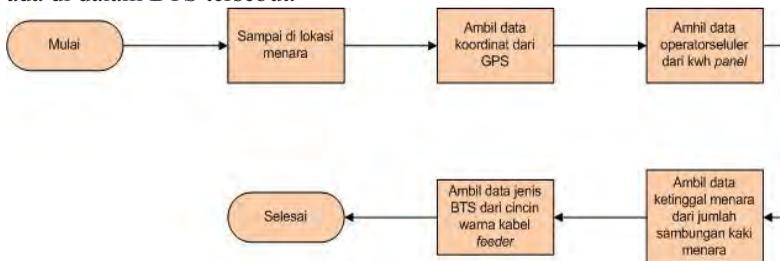
- c. Kawasan Selatan, merupakan tanah pegunungan, cocok untuk tanaman perkebunan, meliputi Kecamatan Ngoro, Bareng, Mojowarno, dan Wonosalam.[13]

3.2 Pengumpulan Data

Pada tugas akhir ini, pengumpulan data dibedakan menjadi dua, yaitu pengumpulan data lapangan dan pengumpulan data pendukung. Data-data tersebut dibutuhkan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang maksimal dan dapat dilakukan analisa.

3.2.1 Pengumpulan Data Lapangan

Pengumpulan data lapangan meliputi survei di lapangan untuk mengetahui koordinat, tinggi menara, jumlah BTS serta operator yang ada di dalam BTS tersebut.



Gambar 3.3 Metode Survei Lapangan

3.2.1.1 Pengambilan Titik Koordinat Menara

Data titik koordinat menara dapat dilakukan dengan menggunakan GPS. Bentuk data yang ditampilkan di dalam GPS berbentuk *latitude* dan *longitude*. Pengambilan data dilakukan dengan cara meletakkan GPS di dekat menara eksisting. GPS yang digunakan adalah *Field Tester*. Pada aplikasi ini dapat menghitung hingga 6 angka di belakang koma. [14]

3.2.1.2 Ketinggian Menara

Perhitungan tinggi menara dilakukan dengan menghitung jumlah besi sambungan menara yang umumnya memiliki panjang 6 meter. Jadi cara untuk memperkirakan ketinggian menara adalah dengan

menghitung secara vertical banyaknya jumlah sambungan yang menyusun menara tersebut ditambah dengan tinggi pondasi kaki menaranya. Begitu juga untuk memperkirakan tinggi antenna sektoral, bisa dihitung dari jumlah sambungan yang menyusun menara tersebut dari bawah sampai ke posisi antenna tersebut berada.



Gambar 3.4 Tinggi Menara, Tinggi Antena, dan Label Menara

3.2.1.3 Penentuan Jumlah BTS

Dalam satu menara telekomunikasi, setiap operator seluler dapat memiliki lebih dari satu BTS. Pada umumnya, satu BTS memiliki tiga antenna sektoral. Setiap antenna sektoral *single band* memiliki 2 kabel feeder yang dihubungkan ke BTS yang terdiri dari satu *transmitter* dan satu *receiver*. Sedangkan antenna sektoral dual band memiliki 4 kabel *feeder* yang dihubungkan ke BTS yang terdiri dari dua *transmitter* dan dua *receiver*. Jadi untuk mengetahui jumlah BTS di suatu menara telekomunikasi bisa dilakukan dengan cara menghitung jumlah kabel *feeder* yang keluar dari *cabinet* menuju antenna sektoral. Karena setiap BTS memiliki tiga antenna sektoral, maka satu BTS memiliki 3 *transmitter* dan 3 *receiver*. Jadi jika kabel *feeder* yang keluar dari *cabinet* sebanyak 6 kabel, maka jumlah BTS dalam *cabinet* tersebut adalah satu BTS. Jika kabel *feeder* yang keluar dari *cabinet* sebanyak 18 kabel, jumlah BTS dalam *cabinet* tersebut adalah tiga BTS.

Untuk membedakan antara BTS 2G dan BTS 3G bisa dilihat dari cincin warna pada kabel feeder yang digunakan. Pada BTS 2G biasanya menggunakan cincin merah, kuning, dan biru. Sedangkan pada BTS 3G biasanya menggunakan cincin warna orange, hijau, dan ungu.



Gambar 3.5 Cincin Kabel Feeder BTS 2G

3.2.1.4 Penentuan Operator Seluler

Pada umumnya setiap menara telekomunikasi bisa digunakan oleh tiga operator seluler. Perangkat masing-masing operator harus ditempatkan secara terpisah. Jika perangkat dipasang di dalam ruangan, maka perangkat ditempatkan dalam *shelter* yang berbeda. Jika perangkat dipasang di luar ruangan, maka perangkat ditempatkan di *basement* yang berbeda. Jalur kabel untuk masing-masing operator seluler juga harus dipisahkan. Selain itu setiap operator seluler memiliki jaringan listrik yang berbeda, oleh karena itu masing-masing operator seluler memiliki kwh *panel* yang berbeda. Kwh *panel* tersebut berfungsi sebagai terminal listrik. Biasanya nama operator seluler pemilik perangkat BTS di suatu menara telekomunikasi tercantum pada kwh *panel*.

3.2.2 Pengumpulan Data Pendukung

3.2.2.1 Landasan Hukum

Dalam melakukan penataan dan pengendalian menara telekomunikasi seluler bersama, diperlukan adanya kepastian hukum tentang proses perijinan pendirian menara seluler baru dan pedoman penempatan menara berdasarkan regulasi yang ditetapkan pemerintah. Selain itu menara eksisting perlu diprioritaskan sebagai menara bersama dan perlu dilakukan penyusunan tata ruang penempatan menara baru, termasuk memperhatikan zona larangan didirikan menara. Sehingga kebutuhan operator seluler terhadap coverage dan kapasitas layanan seluler dapat terpenuhi dan operator seluler dapat memberikan layanan komunikasi seluler dengan kualitas yang baik tanpa melanggar ketentuan. Landasan hukum yang menjadi acuan penataan menara telekomunikasi seluler diantaranya:

1. Peraturan Menteri Kominfo Nomor 2/PER/M.KOMINFO/3/2008, Tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara Bersama Telekomunikasi.
2. Peraturan Bersama Menteri Nomor 18, 07/PRT/M/2009, Nomor 19/ PER/M.KOMINFO/03/2009 dan Nomor 3/P/ 2009 Tahun 2009 Tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Bersama Menara Telekomunikasi.
3. Surat Edaran Dirjen Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum No. 06/SE/Dr/2011.
4. Peraturan Daerah Kabupaten Jombang Nomor 21 Tahun 2009 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jombang.
5. Peraturan Daerah Kabupaten Jombang Nomor 2 Tahun 2013 Tentang Pedoman Pembangunan dan Penataan Menara Telekomunikasi.

3.2.2.2 Penggunaan Peta Digital

Peta digital merupakan representasi fenomena geografik yang disimpan untuk ditampilkan dan dianalisis oleh komputer. Setiap objek pada peta digital disimpan sebagai sebuah atau sekumpulan koordinat. Kelebihan penggunaan peta digital dibandingkan peta analog (yang disimpan dalam bentuk media cetak lain) antara lain peta digital mudah disimpan dan dipindahkan dari satu media penyimpanan ke media penyimpanan lain, peta digital lebih mudah diperbaharui. Penyuntingan untuk keperluan perubahan data atau perubahan sistem koordinat misalnya, dapat lebih mudah dilakukan menggunakan perangkat lunak tertentu.

Peta digital yang digunakan pada proses pembuatan tugas akhir ini berbasis *MapInfo*. Peta Kabupaten Jombang ditampilkan dalam beberapa *layer*, *layer* satu dengan *layer* yang lain dibedakan dengan pemilihan warna. *Layer-layer* yang digunakan untuk membentuk peta Kabupaten Jombang diantaranya batas wilayah, batas per kecamatan, jalan provinsi, dan jalan kota. Penggunaan *MapInfo* bertujuan untuk memunculkan posisi dari suatu menara telekomunikasi memerlukan suatu koordinat tertentu. Koordinat yang dimaksud adalah *latitude* dan *longitude* dari menara telekomunikasi tersebut. Kemudian dari data tersebut akan diperoleh informasi terkait seperti alamat, operator, serta koordinat dari menara tersebut. *Symbol* dan *coverage* dari menara telekomunikasi yang akan ditampilkan dalam peta digital dapat diatur sesuai keinginan.



Gambar 3.6 Peta Kabupaten Jombang Berbasis MapInfo

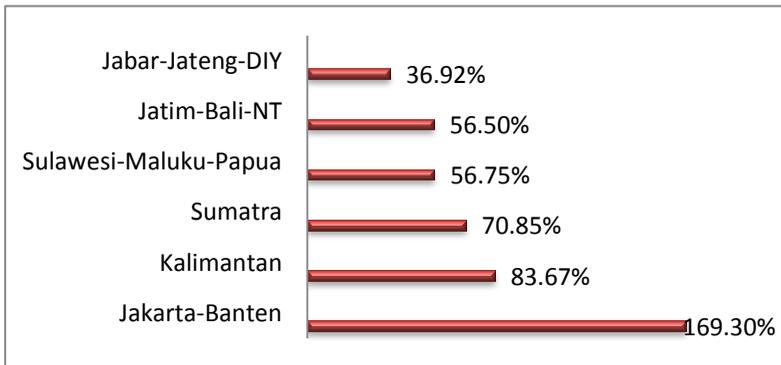
3.2.2.3 Data Pengguna Seluler

Dalam kurun waktu 2006-2010, pengguna telepon bergerak seluler di Indonesia mengalami peningkatan. Pada tahun 2006, peningkatan pengguna telepon bergerak seluler mencapai 28,7%. Kemudian pada tahun 2007 meningkat menjadi 41,52%. Pada tahun 2010 peningkatan telepon bergerak seluler mencapai 85,85%.

Teledensitas pengguna seluler merupakan perbandingan antara jumlah pengguna seluler dan jumlah penduduk di daerah tersebut

dalam hal ini merupakan Kabupaten Jombang. Dengan menggunakan teledensitas kita dapat mengetahui data pengguna seluler di Kabupaten Jombang pada tahun 2015. Teledensitas jumlah pengguna seluler di Kabupaten Jombang dapat dihitung dengan mengasumsikan dengan teledensitas jumlah pengguna seluler di Jawa Timur yaitu 56,5%. Teledensitas pengguna seluler menurut wilayah dapat dilihat pada Gambar 3.7[15]

Trafik total yang dibangkitkan pengguna seluler di wilayah Kabupaten Jombang adalah kapasitas trafik yang harus dilayani oleh semua BTS di wilayah tersebut. Jumlah pelanggan seluler dan kapasitas trafik per pelanggan merupakan faktor dari kapasitas trafik tersebut.



Gambar 3.7 Pengguna Seluler Menurut Wilayah Tahun 2010

Sementara jumlah pelanggan tersebut dipengaruhi oleh jumlah penduduk di Kabupaten Jombang yang akan dilayani. Dan kapasitas trafik per pelanggan dipengaruhi oleh rata-rata panggilan yang dilakukan setiap hari.

3.2.2.4 Data Penduduk Kabupaten Jombang

Kabupaten Jombang merupakan daerah yang strategis di Jawa Timur karena dilintasi Jalan Arteri Primer Surabaya-Madiun dan Jalan Kolektor Primer Malang-Babat. Dan daerah Jombang merupakan daerah yang mempunyai sekolah pendidikan Agama Islam yang bagus. Akibatnya, Kabupaten Jombang mengalami peningkatan sebesar 0,64% pada akhir tahun 2012. Parameter jumlah penduduk ini berpengaruh pada proses penentuan jumlah pengguna seluler dan kapasitas trafik yang akan dilayani di Kabupaten Jombang. Data Jumlah Penduduk Kabupaten Jombang didapat dari Jombang Dalam Angka tahun 2013.

Perhitungan jumlah pertumbuhan penduduk dapat dihitung menggunakan rumus:

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (3.1)$$

Dimana:

P_t = Jumlah penduduk pada tahun ke-t

P_0 = Jumlah penduduk pada awal tahun

t = Jangka waktu

r = Laju pertumbuhan penduduk

Berikut ini adalah contoh perhitungan pertumbuhan penduduk di Kecamatan Bandar Kedung Mulyo:

$$P_0 = 43737$$

$$P_t = 44216$$

$$t = 2013 - 2012 = 1$$

$$r = \left(\frac{44216}{43737}\right)^{\frac{1}{1}} - 1$$

$$r = (1,010195183)^1 - 1$$

$$r = 0,10195183 = 1,10\%$$

Tabel 3.1 Laju Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Jombang

Nama Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)		LP (%)
	2012	2013	
Bandar Kedung Mulyo	43737	44216	1.10
Perak	51479	52080	1.17
Gudo	51138	51666	1.03
Diwek	102146	103362	1.19
Ngoro	69683	70494	1.16
Mojowarno	86587	87648	1.23
Bareng	50058	50641	1.16
Wonosalam	30957	31335	1.22
Mojoagung	73858	74743	1.20
Sumobito	77964	78864	1.15
Jogoroto	63584	64434	1.34
Peterongan	64542	65294	1.17

Nama Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)		LP (%)
	2012	2013	
Jombang	139006	140481	1.06
Megaluh	37028	37371	0.93
Tembelang	50055	50540	0.97
Kesamben	60808	61410	0.99
Kudu	28661	28907	0.86
Ngusikan	21229	21423	0.91
Ploso	39320	39711	0.99
Kabuh	39735	40024	0.73
Plandaan	35975	36246	0.75
Total	1217550	1230890	1.06

Keterangan:

*) = Jumlah total penduduk Jombang

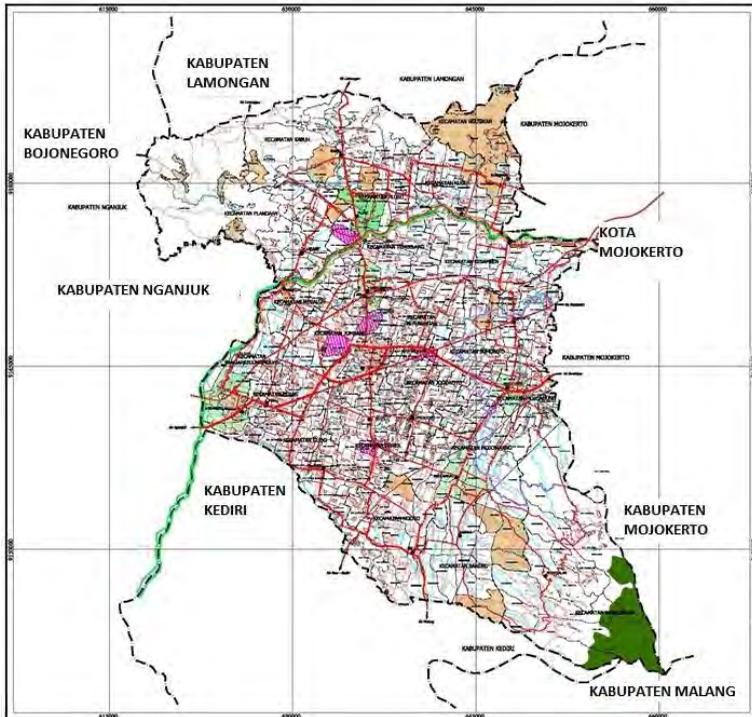
***) = Rata-rata pertumbuhan Penduduk

3.2.2.5 Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jombang

Perencanaan tata ruang adalah proses dalam menentukan struktur ruang dan pola ruang yang didalamnya terdiri dari penyusunan dan penetapan rencana tata ruang baik itu dari kawasan strategisnya maupun dari penataan kota atau kabupaten tersebut seperti pemusatan aktivitas penduduk dalam hal ini pasar, rumah sakit, ataupun sekolah. Penentuan rencana tata ruang wilayah harus mengacu kepada Peraturan Daerah Kabupaten Jombang Nomor 21 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah. RTRW berlaku selama 20 tahun dan akan ditinjau ulang setiap 5 tahun sekali.

Berdasarkan RTRW Kabupaten Jombang tahun 2009-2029 dapat diketahui tentang rencana pembangunan dan pusat keramaian di Kabupaten Jombang. Daerah Kecamatan Jombang, Mojoagung, Ploso dan Bandar Kedungmulyo akan dijadikan wilayah pengembangan baru dengan pusat perkotaan di kecamatan tersebut. Pusat kegiatan perdagangan berupa pasar akan dipusatkan pada Kecamatan Jombang dan Kecamatan Mojoagung. Dan akan dikembangkan rencana jalan lingkar luar wilayah Kabupaten Jombang meliputi Kecamatan Mojoagung, Kecamatan Mojowarno, dan Kecamatan Bandar Kedungmulyo. Kecamatan yang disebutkan diatas merupakan

Kecamatan yang berpotensi akan keramaian penduduk dan diperlukan pembangunan menara telekomunikasi yang berfungsi sebagai penunjang aktivitas penduduk baik itu aktivitas industri ataupun tempat tinggal dari penduduk tersebut. Oleh karena itu, diprioritaskan pembangunan menara telekomunikasi baru di wilayah tersebut.



Gambar 3.8 Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jombang



Gambar 3.9 Keterangan Warna RTRW Kabupaten Jombang

3.2.2.6 Zona Menara Eksisting

Zona menara eksisting merupakan zona yang masih memiliki level daya tinggi dari cakupan BTS. Dalam *MapInfo* zona menara eksisting digambarkan sebagai lingkaran merah dan titik merah di tengah-tengah lingkaran. Zona merah merupakan zona yang menerima layanan dari operator dalam menara tersebut. Daya pancar pada BTS menurut ETSI TR 143 030 versi 11 adalah bernilai 36 dBm. Tinggi antenna BTS dapat diasumsikan sebagai tinggi dari menara tersebut. Sementara antenna penerima diasumsikan adalah 1 meter. Daya terima dan penguatan dari *mobile station* didapat dari *field tester*, sehingga dapat ditentukan bahwa level daya terima adalah -52,9 dBm.

Jari-jari zona menara eksisting dihitung menggunakan rumus 2.3. Dimisalkan ketinggian antenna adalah 50 meter:

$$\text{Daya output BTS} = 36 \text{ dBm} = 4000 \text{ mWatt} = 4 \text{ Watt}$$

$$\text{Daya terima MS} = -53 \text{ dBm} = 10^{-5} \text{ mWatt} = 10^{-8} \text{ Watt}$$

Sebagai contoh perhitungan coverage untuk zona menara eksisting dengan tinggi antenna sebesar 50 meter dapat dilihat di bawah ini:

$$d^4 = \frac{4 \times 50^2 \times 1^2}{10^{-8}} = 1 \times 10^{12} \text{ meter}$$

$$d = 1000 \text{ meter}$$

Hasil keseluruhan perhitungan coverage untuk zona menara eksisting dapat dilihat di Tabel 3.2.

Keterangan :

1. Daya terima MS = -53 dBm (Pr) = 10^{-8} Watt
2. Tinggi antenna penerima (Hm) = 1 meter
3. Daya output BTS untuk 2G (Pt) = 36 dBm = 4 Watt
4. Daya output BTS untuk 3G (Pt) = 28 dBm = 0,63 Watt

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Coverage Zona Menara Eksisting

No.	h_b (m)	Diameter 2G (m)
1.	10	447,213
2.	22	663,324
3.	30	774,596
4.	35	836,66
5.	40	894,427
6.	42	916,515
7.	45	948,683
8.	50	1000
9.	51	1009,95
10.	52	1019,80
11.	54	1039,23
12.	55	1048,80
13.	62	1113,55
14.	65	1140,17
15.	70	1183,22
16.	71	1191,64
17.	72	1200

Dalam menentukan lokasi zona menara telekomunikasi baru perlu diperhatikan beberapa kriteria seperti persebaran penduduk dan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Langkah-langkah untuk membuat lokasi zona menara telekomunikasi baru adalah :

- a. Memperhatikan zona menara eksisting.
- b. Menentukan persebaran penduduk dan mobolitas potensi pelanggan seluler.
- c. Memperhatikan plotting dan morfologi area di peta digital.
- d. Memperhatikan lokasi lokasi yang akan menjadi tempat aktifitas ekonomi melalui peta RTRW.

3.2.2.7 Zona Menara Baru

Zona menara baru didirikan ketika zona menara eksisting tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan penduduk akan layanan telekomunikasi di suatu wilayah. Dalam peta MapInfo, zona menara biru di gambarkan sebagai lingkaran biru tidak titik yang terdapat dalam lingkaran biru karena pembangunan menara baru agar dapat disesuaikan dengan kondisi lahan yang akan dibangun. Jika kondisi lahan tidak memungkinkan untuk melakukan pembangunan maka titik koordinat dapat digeser asal tetap didalam area lingkaran biru.

Menurut Peraturan Bersama Menteri Nomor 18,07/PRT/M/2009, Nomor 19/PER /M.KOMINFO/ 03 /2009 dan Nomor 3/P/2009 Tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Bersama Menara Telekomunikasi, terdapat beberapa ketentuan untuk menentukan zona menara baru:

- a. Lokasi pembangunan menara wajib mengikuti Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten atau Kota, dan khusus untuk DKI Jakarta wajib mengikuti Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi.
- b. Pemerintah daerah kabupaten atau kota menetapkan zona-zona yang dilarang bagi pembangunan menara di wilayahnya berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah yang berlaku.

Menurut Peraturan Daerah Kabupaten Jombang Nomor 2 Tahun 2013 Tentang Pedoman Pembangunan dan Penataan Menara Telekomunikasi, kita dapat melihat beberapa ketentuan mengenai penentuan zona menara baru:

- a. Zona Penempatan Lokasi Menara adalah titik-titik lokasi menara yang telah ditentukan untuk pembangunan menara bersama dengan memperhatikan aspek-aspek kaidah perencanaan jaringan seluler yaitu ketersediaan coverage area pada area potensi generated traffic dan ketersediaan capacity traffic telekomunikasi seluler.
- b. Penempatan lokasi menara dibagi dalam wilayah dengan memperhatikan potensi ruang wilayah yang tersedia dan kepadatan pemakaian jasa telekomunikasi dengan mempertimbangkan kaidah penataan ruang, tata bangunan, struktur perwilayahan, estetika dan keamanan lingkungan serta kebutuhan telekomunikasi pada umumnya termasuk kebutuhan luasan area menara.

Daerah yang sebaiknya terdapat zona menara adalah daerah yang termasuk dalam daerah keramaian menurut Rencana Tata Ruang Wilayah. Daerah tersebut seperti kawasan kota baru, kawasan pusat

perdagangan dan jasa, kawasan industri, kawasan pemukiman perkotaan dan jalan arteri primer. Kawasan tersebut harus bisa mendapat prioritas terlebih dahulu jika kawasan tersebut belum ada zona menara eksisting.

3.2.2.8 Zona Bebas Menara

Zona bebas menara adalah zona yang tidak diperbolehkan pembangunan menara di atas permukaan tanah ataupun di atas bangunan dengan ketinggian menara rooftop lebih dari 6 meter karena dapat menyebabkan dampak negatif terkait aspek lingkungan, sosial-budaya, keselamatan, dan estetika ruang khususnya pada kawasan yang menjadi focal point kabupaten/kota atau kawasan yang mendukung citra dari kawasan tersebut. Pada zona menara bebas ini dapat didirikan menara dengan menempatkan antenna tersembunyi.[8]

Pembangunan Menara baru di kawasan tertentu harus mempertimbangkan hasil kajian dari Pemerintah Daerah serta bentuk serta desain dari menara tersebut harus tidak berbentuk menara dan mendukung dari arsitektur setempat. Kawasan tertentu adalah kawasan yang sifat dan fungsinya memiliki karakteristik tertentu yaitu:

- a. Kawasan bandar udara atau pelabuhan.
- b. Kawasan cagar budaya.
- c. Kawasan pariwisata.
- d. Kawasan yang karena fungsinya memiliki atau memerlukan tingkat keamanan dan kerahasiaan yang tinggi.
- e. Kawasan pengendalian ketat lainnya.[16]

3.2.3 Perhitungan Data

Perhitungan terhadap kebutuhan BTS di daerah Kabupaten Jombang adalah perhitungan untuk jangka waktu lima tahun ke depan yaitu hingga tahun 2020. Untuk menyediakan trafik yang dapat meng-cover wilayah potensial dari Kabupaten Jombang yang sebanding dengan pelanggan yang potensial, maka digunakan parameter jumlah penduduk di setiap kecamatan dan menentukan teledensitas penggunaan layanan seluler.

Parameter yang dapat digunakan dalam perhitungan perencanaan kebutuhan jumlah BTS Kabupaten Jombang antara lain:

- a. Wilayah Kabupaten Jombang dapat dikategorikan sebagai wilayah suburban dan rural. Daerah yang dapat dikategorikan suburban adalah kota Jombang itu sendiri dengan ciri-ciri bangunan yang mulai padat serta penduduk yang mulai banyak kemudian sisanya adalahnya rural karena kepadatan penduduk masih rendah. Rata-rata panggilan pengguna seluler di wilayah suburban adalah 60

menit dan rural adalah 45 menit per hari. Offered traffic atau pelanggan dapat dihitung dengan persamaan (2.1)[9]

$$A = \frac{45}{24 \times 60} = 31,25 \text{ Erlang}$$

$$A = \frac{60}{24 \times 60} = 41,67 \text{ Erlang}$$

- b. Intensitas trafik merupakan jumlah pendudukan per satuan waktu dibagi dengan periode waktu pengantrian. Perhitungan intensitas trafik mengacu pada rumus (2.1).
- c. Grade of Service (GOS) dapat diasumsikan sebesar 2%
- d. Kapasitas BTS yang digunakan memiliki konfigurasi:
 1. Menggunakan 3 antena sektoral dengan konfigurasi 3/3/3
 1 sektor terdiri dari 3 TRx
 1 TRx terdiri dari 8 timeslot
 3 TRx = 8 x 3 = 24 timeslot
 2. Tiap sektor membutuhkan 1 kanal SDCCCH (Standalone Dedicated Control Channel) dan 1 kanal BCCH (Broadcast Control Channel) yang berfungsi sebagai broadcast sinyal serta mengatur panggilan tiap pelanggan jadi, 1 sektor yang dari 3 TRx dapat melayani 24-2= 22 Kanal.
 3. Tiap BTS terdiri dari 3 antena sektoral yang tiap sektor terdiri dari 3 TRx/ antena sektoral jadi jumlah kanal tiap BTS adalah 22 x 3 = 66 kanal.
 4. Kapasitas 1 BTS yang terdiri dari 3 antena sektoral dan tiap antena sektoral terdiri dari 3 TRx serta asumsi GOS sebesar 2%= 55,33 Erlang (Merujuk pada Tabel Erlang B).[17]
- e. Dengan jumlah penduduk yang telah diperoleh, maka dapat dilakukan prediksi jumlah penduduk pada tahun 2020 dengan menggunakan rumus pertumbuhan penduduk secara geometrik mengacu pada rumus (2.4)
- f. Prediksi jumlah pelanggan seluler dapat dihitung dengan rumus:

$$P = g\% \times Pt \quad (3.2)$$

P = Jumlah Pelanggan Seluler
 g% = Teledensitas pengguna seluler (%)
 Pt = Jumlah penduduk pada tahun ke-t
- g. Jika asumsi tiap pelanggan dapat membangkitkan trafik sebesar α Erlang, maka total trafik yang dapat dibangkitkan oleh semua pelanggan adalah:

$$T = R \times A \quad (3.3)$$

T = Trafik total yang dibangkitkan semua pelanggan (Erlang)

R = Jumlah pelanggan

A = Intensitas trafik yang dibangkitkan setiap pelanggan (Erlang)

- h. Perhitungan jumlah BTS yang dibutuhkan untuk dapat melayani jumlah pelanggan seluler di suatu daerah adalah:

$$B = \frac{T}{E} \quad (3.4)$$

B = Jumlah kebutuhan BTS

T = Total trafik yang dibangkitkan oleh semua pelanggan (Erlang)

E = Kapasitas satu BTS (Erlang)

- i. Perhitungan jumlah kebutuhan menara telekomunikasi bersama dapat dihitung dengan rumus:

$$M_t = \frac{S_t - S_0}{4} + M_0 \quad (3.6)$$

M_t = Jumlah menara telekomunikasi pada tahun t

M_0 = Jumlah menara eksisting pada tahun awal

S_t = jumlah kebutuhan BTS pada tahun t

S_0 = jumlah BTS eksisting pada tahun awal

4 = 1 menara bersama dapat menampung 4 BTS

- j. Perhitungan jumlah zona menara baru untuk menara bersama dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah Zona} = \frac{\text{Jumlah BTS}_{2020} - \text{Jumlah BTS}_{2015}}{4} \quad (3.7)$$

4 = 1 menara telekomunikasi bersama dapat menampung 4 BTS

- k. Luas tiap zona menara baru dapat dihitung dengan menggunakan rumus luar lingkaran yaitu:

$$\text{Luas per Zona} = \pi r^2 \quad (3.8)$$

$\pi = 3.14$

r = Jari-jari atau radius (meter)

Luas per Zona = Luas per zona menara baru (m^2)

- l. Luas seluruh zona menara baru di Kabupaten Jombang dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

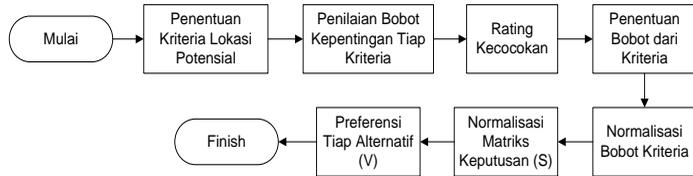
$$L_{total} = \text{Luas per Zona} \times \text{Jumlah Zona} \quad (3.9)$$

L_{total} = Luas seluruh zona menara baru

Luas per Zona = Luas per zona menara baru

Jumlah Zona = jumlah zona menara baru

3.3 Implementasi *Weighted Product Method (WPM)*



Gambar 3.10 Blok Diagram Implementasi *Weighted Product Method*

Metode *Weighted Product* merupakan metode dengan menggunakan perkalian untuk menghubungkan rating atribut, dimana rating setiap atribut harus dipangkatkan dengan bobot atribut yang bersangkutan. Proses ini sama halnya dengan proses normalisasi.

Metode *Weighted Product* dapat membantu dalam mengambil keputusan untuk menentukan lokasi menara BTS baru. Perhitungan dengan menggunakan metode ini lebih efisien karena waktu yang dibutuhkan dalam perhitungan lebih singkat.

3.3.1 Penentuan Kriteria Lokasi Potensial

Penentuan kriteria untuk mengidentifikasi masalah pemilihan tower. Dalam tugas akhir ini kriteria yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi dalam pemilihan tower adalah kepadatan penduduk, jumlah BTS eksisting, dan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jombang. Masing-masing kriteria disimbolkan dengan C_1 , C_2 , dan C_3 .

Keterangan:

C_1 = Kepadatan Penduduk

C_2 = Jumlah BTS Eksisting

C_3 = Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Jombang

Untuk kriteria penilaian dari RTRW adalah sebagai berikut:

a. Baik

Definisi penilaian baik adalah melalui pendasaran daerah yang termasuk dalam program utama RTRW Kabupaten Jombang. Definisi baik dalam RTRW terdapat pada kecamatan Jombang, Mojoagung, Ploso, Bandar Kedung Mulyo, Mojowarno, Perak, dan Tembelang

b. Cukup

Definisi penilaian cukup adalah melalui pendasaran daerah yang termasuk dalam program RTRW Kabupaten Jombang tetapi tidak termasuk dalam program utama. Definisi cukup dalam RTRW terdapat pada kecamatan Kabuh, Peterongan, Jogoroto, Sumobito, Megaluh, dan Kesamben.

c. Kurang

Definisi penilaian kurang adalah melalui pendasaran daerah yang tidak termasuk dalam program RTRW Kabupaten Jombang. Definisi kurang dalam RTRW Kabupaten Jombang terdapat pada kecamatan Gudo, Diwek, Ngoro, Bareng, Wonosalam, Kudu, Ngusikan, dan Plandaan.

Tabel 3.3 Inisiasi Kriteria pada Tiap Alternatif

No.	Nama Kecamatan	Kriteria		
		C ₁	C ₂	C ₃
1	Bandar Kedung Mulyo	1390	12	Baik
2	Perak	1835	19	Baik
3	Gudo	1534	15	Kurang
4	Diwek	2219	26	Kurang
5	Ngoro	1447	19	Kurang
6	Mojowarno	1142	19	Baik
7	Bareng	550	9	Kurang
8	Wonosalam	264	13	Kurang
9	Mojoagung	1272	28	Baik
10	Sumobito	1694	16	Cukup
11	Jogoroto	2340	13	Cukup
12	Peterongan	2268	19	Cukup
13	Jombang	3942	50	Baik
14	Megaluh	1340	9	Cukup
15	Tembelang	1564	17	Baik
16	Kesamben	1211	10	Cukup
17	Kudu	378	9	Kurang
18	Ngusikan	624	2	Kurang
19	Ploso	1560	16	Baik
20	Kabuh	417	12	Cukup
21	Plandaan	305	10	Kurang

3.3.2 Penilaian Bobot Kepentingan Tiap Kriteria.

Pembobotan pada masing-masing kriteria perlu dilakukan untuk mengetahui nilai dari tiap alternatif yang ada. Pembobotan kriteria menggunakan bilangan *Fuzzy* yang telah dikonversikan ke dalam bentuk bilangan *Crisp* (bilangan tegas). Bilangan *Crisp* merupakan bilangan yang menggambarkan suatu kondisi hitam putih pada suatu objek pembobotan. Bilangan *Crisp* bernilai antara 0 dan 1.

Pada penelitian ini bilangan *crisp* yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.4 di berikut ini:

Tabel 3.4 Bilangan *crisp* dikonversikan dari bilangan *Fuzzy*

Bilangan <i>Fuzzy</i>	Nilai
Sangat Rendah (SR)	0
Rendah (R)	0.2
Sedang (S)	0.4
Tengah (T1)	0.6
Tinggi (T2)	0.8
Sangat Tinggi (ST)	1

Setelah menentukan bilangan *crisp* yang akan digunakan, langkah selanjutnya adalah memberikan bobot pada setiap kriteria.

1. Pada kriteria kepadatan penduduk terdiri dari lima bilangan fuzzy yaitu Rendah (R), Sedang (S), Tengah (T1), Tinggi (T2) dan Sangat Tinggi (ST). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Pembobotan Kepadatan Penduduk (C_1)

Bilangan <i>Fuzzy</i>	Nilai	Range (C_1)
Rendah (R)	0.2	0 - 1050
Sedang (S)	0.4	1051 - 1755
Tengah (T1)	0.6	1756 - 3000
Tinggi (T2)	0.8	3001 - 10000
Sangat Tinggi (ST)	1	>10000

2. Untuk kriteria jumlah BTS eksisting pada tiap kecamatan terdiri dari lima bobot yaitu Rendah (R), Sedang (S), Tengah (T1), Tinggi (T2) dan Sangat Tinggi (ST). Pembobotan kriteria ini dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Pembobotan Jumlah BTS Eksisting

Bilangan Fuzzy	Nilai	Range (C ₂)
Rendah (R)	0.2	0 - 25
Sedang (S)	0.4	26 - 50
Tengah (T1)	0.6	51 - 75
Tinggi (T2)	0.8	76 - 100
Sangat Tinggi (ST)	1	> 100

3. Pada kriteria Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jombang setelah dikelompokkan menjadi lima bagian dengan mengacu pada Peraturan Daerah Kabupaten Jombang Nomor 21 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jombang, maka pembobotan nilai yang diberikan dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Pembobotan Rencana Tata Ruang Wilayah

Bilangan Fuzzy	Nilai	Range (C ₃)
Rendah (R)	0.2	Kurang
Sedang (S)	0.4	Cukup
Tengah (T1)	0.6	Baik

3.3.3 Rating Kecocokan

Dalam penentuan rating kecocokan maka nilai dari masing-masing kriteria di atas dimasukkan ke dalam tabel rating kecocokan yang telah disesuaikan dengan nilai dari tabel kriteria. Tabel kecocokan dapat dilihat di tabel 3.8.

Tabel 3.8 Rating Kecocokan

No.	Nama Kecamatan	Kriteria		
		C ₁	C ₂	C ₃
1.	Bandar Kedung Mulyo	0.4	0.2	0.6
2.	Perak	0.6	0.2	0.6
3.	Gudo	0.4	0.2	0.2
4.	Diwek	0.6	0.4	0.2
5.	Ngoro	0.4	0.2	0.2

No.	Nama Kecamatan	Kriteria		
		C ₁	C ₂	C ₃
6.	Mojowarno	0.4	0.2	0.6
7.	Bareng	0.2	0.2	0.2
8.	Wonosalam	0.2	0.2	0.2
9.	Mojoagung	0.4	0.4	0.6
10.	Sumobito	0.4	0.2	0.4
11.	Jogoroto	0.6	0.2	0.4
12.	Peterongan	0.6	0.2	0.4
13.	Jombang	0.8	0.4	0.6
14.	Megaluh	0.4	0.2	0.4
15.	Tembelang	0.4	0.2	0.6
16.	Kesamben	0.4	0.2	0.4
17.	Kudu	0.2	0.2	0.2
18.	Ngusikan	0.2	0.2	0.2
19.	Ploso	0.4	0.2	0.6
20.	Kabuh	0.2	0.2	0.4
21.	Plandaan	0.2	0.2	0.2

3.3.4 Penentuan Bobot dari Kriteria

Dalam menentukan nilai transformasi ke dalam matriks X merupakan nilai dari hasil tabel rating kecocokan diatas dibuat menjadi matriks seperti dibawah ini. Sedangkan dalam penentuan bobot dari kriteria sesuai dengan tingkat kepentingan dari data kriteria. Pada penelitian ini kepadatan penduduk memiliki pengaruh yang sangat penting diantara dua kriteria lainnya, sehingga kriteria ini menempati posisi Sangat Tinggi (ST) dalam menentukan pembangunan menara baru. Untuk kriteria jumlah BTS eksisting memiliki bobot kepentingan Tinggi (T). Dan untuk kriteria Rencana Tata Ruang Wilayah adalah Sedang (S). Agar lebih jelas mengenai penentuan bobot kriteria dapat dilihat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Penentuan Bobot dari Kriteria

No.	Nama Kecamatan	Kriteria
C ₁	Sangat Tinggi (T)	1
C ₂	Tinggi (T)	0.8

No.	Nama Kecamatan	Kriteria
C ₃	Sedang (S)	0.4

Maka diperoleh nilai bobot dari kriteria dengan data:

$$W = 1 \quad 0.8 \quad 0.4$$

3.3.5 Normalisasi Bobot Kriteria (W_j)

Setelah diperoleh nilai bobot awal, langkah yang selanjutnya dilakukan pada metode *Weighted Product* adalah proses normalisasi bobot kriteria dengan cara memperbaiki nilai bobot dengan menggunakan rumus 2.5 yaitu:

$$W_1 = \frac{1}{1 + 0.8 + 0.4} = 0.454545455$$

$$W_2 = \frac{0.8}{1 + 0.8 + 0.4} = 0.363636364$$

$$W_3 = \frac{0.4}{1 + 0.8 + 0.4} = 0.181818182$$

Hasil dari normalisasi bobot kriteria dapat dilihat pada tabel 3.10:

Tabel 3.10 Normalisasi Bobot Kriteria

Bobot Preferensi	Nilai
W_1	0.454545455
W_2	0.363636364
W_3	0.181818182

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Dalam penelitian ini dibutuhkan data-data penunjang agar mendapatkan hasil perhitungan yang maksimal dan dapat dianalisa. Data-data tersebut diperoleh melalui Pemerintah Daerah dan Badan Pusat Statistik. Untuk lebih jauhnya akan dijelaskan pada sub bab di bawah ini.

4.1.1 Prediksi Jumlah Penduduk

Menurut data jumlah penduduk dari Jombang Dalam Angka tahun 2013 dan 2014, diperoleh informasi tentang jumlah penduduk tiap kecamatan dan data pertumbuhan penduduk tiap kecamatan di Kabupaten Jombang pada tahun 2012 dan 2013. Dengan menggunakan rumus geometric tentang pertumbuhan penduduk, maka dapat dihitung prediksi jumlah penduduk untuk tahun 2020 di Kabupaten Jombang. Contoh permasalahannya adalah perhitungan prediksi jumlah penduduk di kecamatan Bandar Kedung Mulyo untuk tahun 2020 dengan acuan pada rumus 2.4:

$$P_{2020} = P_{2019}(1 + x)^t$$

$$P_{2020} = 47202(1 + 0,0110)^1$$

$$P_{2020} = 47719 \text{ jiwa}$$

Data prediksi jumlah penduduk Kabupaten Jombang untuk tahun 2014 hingga 2020 dapat dilihat pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1 Prediksi Jumlah Penduduk Kabupaten Jombang Tahun 2020

Nama Kecamatan	LP (%)	Prediksi Jumlah Penduduk (Jiwa)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bandar Kedung Mulyo	1.10	44700	45190	45685	46185	46691	47202	47719
Perak	1.17	52688	53303	53925	54555	55192	55836	56488
Gudo	1.03	52199	52738	53283	53833	54389	54950	55518
Diwek	1.19	104592	105838	107098	108372	109663	110968	112289
Ngoro	1.16	71314	72144	72984	73833	74693	75562	76442
Mojowarno	1.23	88722	89809	90910	92024	93151	94293	95448
Bareng	1.16	51231	51827	52431	53042	53659	54284	54917
Wonosalam	1.22	31718	32105	32497	32894	33295	33702	34113

Nama Kecamatan	LP (%)	Prediksi Jumlah Penduduk (Jiwa)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mojoaung	1.20	75639	76545	77462	78390	79330	80280	81242
Sumobito	1.15	79774	80695	81627	82569	83522	84486	85462
Jogoroto	1.34	65295	66168	67053	67949	68858	69778	70711
Peterongan	1.17	66055	66824	67603	68391	69187	69994	70809
Jombang	1.06	141972	143478	145001	146539	148094	149666	151254
Megaluh	0.93	37717	38067	38419	38775	39134	39497	39863
Tembelang	0.97	51030	51524	52023	52527	53036	53550	54069
Kesamben	0.99	62018	62632	63252	63878	64511	65149	65794
Kudu	0.86	29155	29405	29658	29912	30169	30428	30689
Ngusikan	0.91	21619	21816	22016	22217	22420	22625	22832
Ploso	0.99	40106	40505	40907	41314	41725	42140	42559
Kabuh	0.73	40315	40608	40904	41201	41501	41803	42107
Plandaan	0.75	36519	36794	37071	37351	37632	37915	38201
Total	1.06	1244379	1258017	1271808	1285752	1299852	1314109	1328525

Keterangan:

*) = Jumlah total penduduk Jombang

***) = Rata-rata pertumbuhan penduduk

4.1.2 Perhitungan Pengguna Seluler 5 Tahun Mendatang

Perhitungan pengguna seluler untuk 5 tahun mendatang di wilayah Kabupaten Jombang dapat dihitung menggunakan pengguna seluler untuk daerah Jawa Timur, Bali, dan Nusa Tenggara yaitu sebesar 56.5%. perhitungan pengguna seluler untuk 5 tahun mendatang di Kabupaten Jombang dapat dihitung dengan mengalikan jumlah penduduk dengan 56.5%. Berikut ini adalah contoh perhitungan jumlah pengguna seluler di wilayah Bandar Kedung Mulyo dengan menggunakan persamaan 3.2:

$$P = g\% \times P_t$$

$$P = 56.5\% \times 47.719$$

$$P = 26.961 \text{ user}$$

Perhitungan prediksi jumlah pengguna seluler di Kabupaten Jombang pada tahun 2020 dapat dilihat pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Prediksi Jumlah *User* Kabupaten Jombang Tahun 2020

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk 2020 (jiwa)	Jumlah <i>User</i> 2020 (jiwa)
1.	Bandar Kedung Mulyo	47719	26961
2.	Perak	56488	31916
3.	Gudo	55518	31368
4.	Diwek	112289	63443
5.	Ngoro	76442	43189
6.	Mojowarno	95448	53928
7.	Bareng	54917	31028
8.	Wonosalam	34113	19274
9.	Mojoagung	81242	45902
10.	Sumobito	85462	48286
11.	Jogoroto	70711	39952
12.	Peterongan	70809	40007
13.	Jombang	151254	85458
14.	Megaluh	39863	22522
15.	Tembelang	54069	30549
16.	Kesamben	65794	37174
17.	Kudu	30689	17339
18.	Ngusikan	22832	12900
19.	Ploso	42559	24046
20.	Kabuh	42107	23790
21.	Plandaan	38201	21584
	Total	1328525	750617

4.2 Perhitungan Data Kebutuhan BTS

4.2.1 Data Menara Telekomunikasi Eksisting

Data mengenai menara telekomunikasi eksisting di wilayah Kabupaten Jombang dapat dilakukan dengan melakukan survei lapangan langsung ke wilayah Kabupaten Jombang. Survei lapangan dapat melihat pada Kwh Panel ataupun perangkat terkait untuk mengetahui operator apa saja yang beroperasi di dalam menara telekomunikasi tersebut. Jumlah menara di wilayah Kabupaten Jombang yang memiliki luas 1.159,50 Km² dengan 21 kecamatan adalah 204 menara dengan jumlah BTS sebanyak 343 dengan rincian 277 adalah BTS 2G sementara 66 adalah BTS 3G yang dioperasikan oleh 8 operator. 8 operator tersebut adalah Telkomsel, Indosat, XL, NTS, HCPT, Smart, Esia, dan Flexy.

Menurut jumlah BTS dan menara telekomunikasi di wilayah Kabupaten Jombang dapat disimpulkan bahwa terdapat satu menara yang terdiri lebih dari 1 BTS dan lebih dari 1 Operator. Untuk rincian lebih jelas tentang jumlah Menara telekomunikasi serta BTS di tiap kecamatan di wilayah Kabupaten Jombang dapat dilihat pada Tabel 4.3 sementara untuk jumlah BTS di tiap operator yang beroperasi di wilayah Kabupaten Jombang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Jumlah BTS dan Menara di Jombang Tahun 2015

Kecamatan	Jumlah Menara	Jumlah BTS 2G	Jumlah BTS 3G	Total BTS
Bandar Kedung Mulyo	7	11	1	12
Perak	11	14	5	19
Gudo	9	11	4	15
Diwek	15	18	8	26
Ngoro	15	15	4	19
Mojowarno	10	15	4	19
Bareng	5	8	1	9
Wonosalam	10	12	1	13
Mojoagung	10	22	6	28
Sumobito	10	10	6	16
Jogoroto	7	10	3	13
Peterongan	8	13	6	19
Jombang	34	44	6	50
Megaluh	6	8	1	9
Tembelang	9	13	4	17
Kesamben	9	10	0	10
Kudu	8	9	0	9
Ngusikan	2	2	0	2
Ploso	8	13	3	16
Kabuh	7	12	0	12
Plandaan	4	7	3	10
Total	204	277	66	343

Tabel 4.4 Jumlah BTS Tiap Operator di Kabupaten Jombang Tahun 2015

No.	Operator Telekomunikasi	Nama Singkat	Jumlah BTS 2G	Jumlah BTS 3G	Total Jumlah BTS
1	PT. Bakrie Telecom	Esia	8	1	9
2	PT. Telekomunikasi Indonesia	Flexi	38	2	40
3	PT. Hutchinson C.P. Telecommunication	HCPT	40	8	48
4	PT. Indonesia Satellite Corporation	Indosat	62	30	92
5	PT. Natrindo Telepon Selular	NTS/Axis	19	3	22
6	PT. Smart Telecom	Smart	16	2	18
7	PT. Telekomunikasi Selular	Tsel	60	10	70
8	PT. XL Axiata	XL	34	10	44
	Total BTS Eksisting		277	66	343

4.2.2 Total Trafik Pengguna untuk 5 Tahun Mendatang

Wilayah Kabupaten Jombang dapat dikategorikan sebagai wilayah suburban dan rural. Daerah yang dapat dikategorikan suburban itu adalah Kecamatan Jombang yang memiliki ciri-ciri bangunan yang mulai padat serta penduduk yang mulai banyak. Sisanya adalah daerah rural karena kepadatan penduduknya masih rendah. Menurut RTRW Kabupaten Jombang akan terdapat 5 wilayah perkotaan hingga tahun 2029. Diasumsikan trafik tiap pengguna seluler untuk daerah suburban adalah 41.67 mErlang dan rural adalah 31.25 mErlang. Contoh perhitungan total trafik pelanggan seluler untuk tahun 2020 di Kecamatan Bandar Kedung Mulyo dengan menggunakan persamaan 3.3.

$$T = R \times A$$

$$T = 26.961 \times 31.25$$

$$T = 843 \text{ Erlang}$$

Perhitungan prediksi total trafik pengguna seluler di Kabupaten Jombang pada tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Prediksi Total Trafik User di Kabupaten Jombang Tahun 2020

Nama Kecamatan	Jumlah User 2020 (jiwa)	Morfologi Area	Intensitas Trafik (mErlang)	Total Trafik 2020 (Erlang)
Bandar Kedung Mulyo	26961	Rural	31.25	843
Perak	31916	Rural	31.25	997
Gudo	31368	Rural	31.25	980
Diwek	63443	Rural	31.25	1983
Ngoro	43189	Rural	31.25	1350
Mojowarno	53928	Rural	31.25	1685
Bareng	31028	Rural	31.25	970
Wonosalam	19274	Rural	31.25	602
Mojoagung	45902	Rural	31.25	1434
Sumobito	48286	Rural	31.25	1509
Jogoroto	39952	Rural	31.25	1248
Peterongan	40007	Rural	31.25	1250
Jombang	85458	Sub-Urban	41.67	3561
Megaluh	22522	Rural	31.25	704
Tembelang	30549	Rural	31.25	955
Kesamben	37174	Rural	31.25	1162
Kudu	17339	Rural	31.25	542
Ngusikan	12900	Rural	31.25	403
Ploso	24046	Rural	31.25	751
Kabuh	23790	Rural	31.25	743
Plandaans	21584	Rural	31.25	674
Total	750617			24347

4.2.3 Penentuan Jumlah BTS untuk 5 Tahun Mendatang

Untuk menghitung kapasitas suatu BTS dalam melayani pelanggan, maka harus diperhatikan berapa jumlah TRx (Transmitter dan Receiver) yang digunakan dalam setiap sektornya. Perhitungan ini adalah perhitungan secara teoritis karena kondisi di lapangan akan

sangat tergantung dengan kondisi jaringan dan perilaku pelanggan. Dengan asumsi tiap BTS menggunakan 3 antena sektoral, setiap TRx yang digunakan akan mampu handle 8 timeslot atau kanal, masing-masing kanal ini akan diduduki oleh satu panggilan atau pembicaraan dari pelanggan. Diasumsikan operator menggunakan konfigurasi 3/3/3, maka setiap sector diisi dengan 3 TRx sehingga perhitungan bisa dilakukan sebagai berikut:

1 sektor terdiri dari 3 TRx

1 TRx terdiri dari 8 timeslot

Maka 3 TRx = $8 \times 3 = 24$ timeslot

Setiap sector membutuhkan 1 kanal BCCH (*Broadcast Control Channel*) yang digunakan dalam *broadcast* sinyal dan 1 kanal SDCCH (*Standalone Dedicated Control Channel*) yang digunakan untuk mengatur panggilan setiap pelanggan. Jadi 1 sektor yang terdiri atas 3 TRx mampu melayani $24 - 2 = 22$ panggilan secara teoritis.

Maksud dari istilah kapasitas secara teoritis adalah kapasitas suatu BTS tanpa memperhatikan factor interference, blocking, congestion, dan sebagainya. Konfigurasi 3/3/3 adalah konfigurasi yang paling sering dipakai, karena konfigurasi ini cukup handal untuk aplikasi di daerah rural maupun urban. Sehingga kapasitas 1 BTS yang terdiri atas 3 antena sektoral dan didukung 3 TRx per sector adalah $22 \times 3 = 66$ kanal pembicaraan.

Berdasarkan tabel Erlang B, 66 kanal pembicaraan sama dengan 55,33 Erlang dengan asumsi GOS (Grade of Service) sama dengan 2%. Artinya satu BTS bisa handle trafik sebesar 55,33 Erlang. Untuk meningkatkan kapasitas suatu BTS adalah dengan menggunakan pita frekuensi 3G, walaupun penambahan ini masih sangat tergantung dengan kapasitas handset pelanggan.

Perhitungan prediksi jumlah BTS di wilayah Kabupaten Jombang pada tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Prediksi Jumlah BTS di Kabupaten Jombang Tahun 2020

Nama Kecamatan	Total Trafik 2020 (Erlang)	Jumlah BTS 2015	Jumlah BTS 2020
Bandar Kedung Mulyo	843	12	16
Perak	997	19	19
Gudo	980	15	18
Diwek	1983	26	36

Nama Kecamatan	Total Trafik 2020 (Erlang)	Jumlah BTS 2015	Jumlah BTS 2020
Mojowarno	1685	19	31
Bareng	970	9	18
Wonosalam	602	13	13
Mojoagung	1434	28	28
Sumobito	1509	16	28
Jogoroto	1248	13	23
Peterongan	1250	19	23
Jombang	3561	50	65
Megaluh	704	9	13
Tembelang	955	17	18
Kesamben	1162	10	21
Kudu	542	9	10
Ngusikan	403	2	8
Ploso	751	16	16
Kabuh	743	12	14
Plandaan	674	10	13
Total	24347	343	456

4.2.4 Penentuan Jumlah Menara Telekomunikasi Seluler untuk 5 Tahun Mendatang

Menara telekomunikasi berfungsi sebagai peletakan BTS untuk dapat memberi coverage dalam pelayanan kepada pengguna seluler. Menara telekomunikasi minimal terdiri dari 1 BTS. sementara mengacu pada Peraturan Daerah Kabupaten Jombang Nomor 21 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jombang untuk menara telekomunikasi bersama minimal terdiri dari 4 BTS dan di wilayah Kabupaten Jombang diprioritaskan untuk menara telekomunikasi bersama. Dan mengacu pada Peraturan Daerah Kabupaten Jombang Nomor 21 Tahun 2009 maka disarankan tiap menara adalah menara telekomunikasi bersama. Jumlah menara telekomunikasi bersama di wilayah Kabupaten Jombang dapat dihitung

dengan persamaan 3.6 dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Prediksi Jumlah Menara di Jombang Tahun 2020

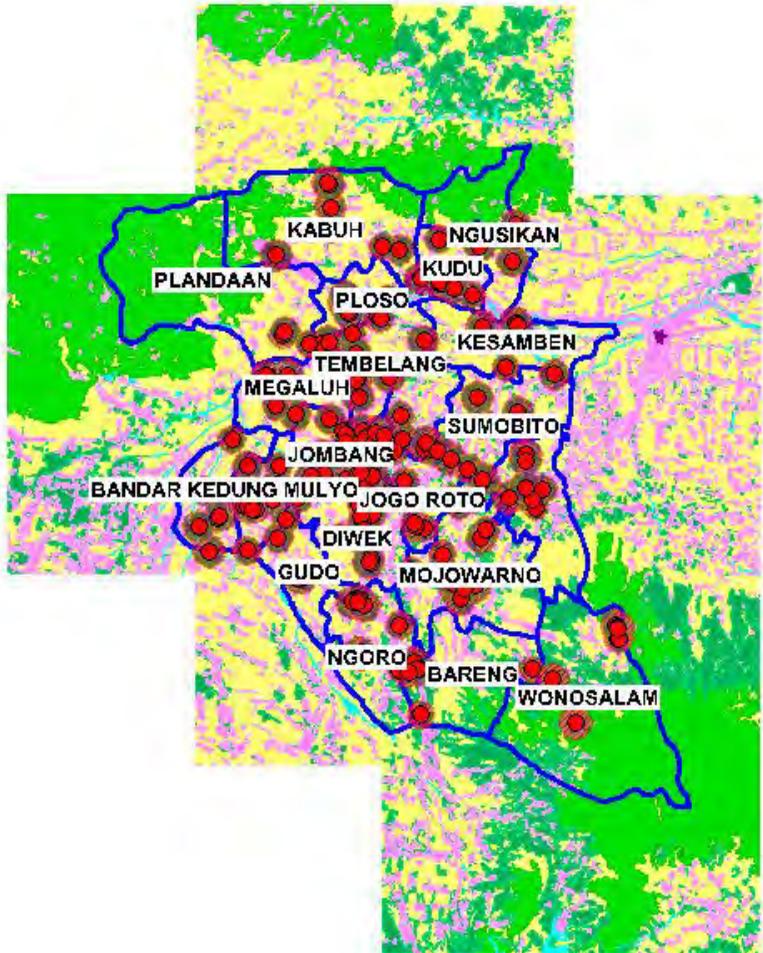
Nama Kecamatan	Total BTS 2015	Total BTS 2020	Jumlah Menara 2015	Jumlah Menara 2020
Bandar Kedung Mulyo	12	16	7	8
Perak	19	19	11	11
Gudo	15	18	9	10
Diwek	26	36	15	18
Ngoro	19	25	15	17
Mojowarno	19	31	10	13
Bareng	9	18	5	8
Wonosalam	13	13	10	10
Mojoagung	28	28	10	10
Sumobito	16	28	10	13
Jogoroto	13	23	7	10
Peterongan	19	23	8	9
Jombang	50	65	34	38
Megaluh	9	13	6	7
Tembelang	17	18	9	10
Kesamben	10	21	9	12
Kudu	9	10	8	9
Ngusikan	2	8	2	4
Ploso	16	16	8	8
Kabuh	12	14	7	8
Plandaan	10	13	4	5
Total	343	456	204	238

4.3 Penempatan Zona Menara Menggunakan *MapInfo*

4.3.1 Penempatan Zona Menara Eksisting

Zona menara eksisting di wilayah Kabupaten Jombang dalam MapInfo dapat digambarkan dengan zona merah. Di Kabupaten

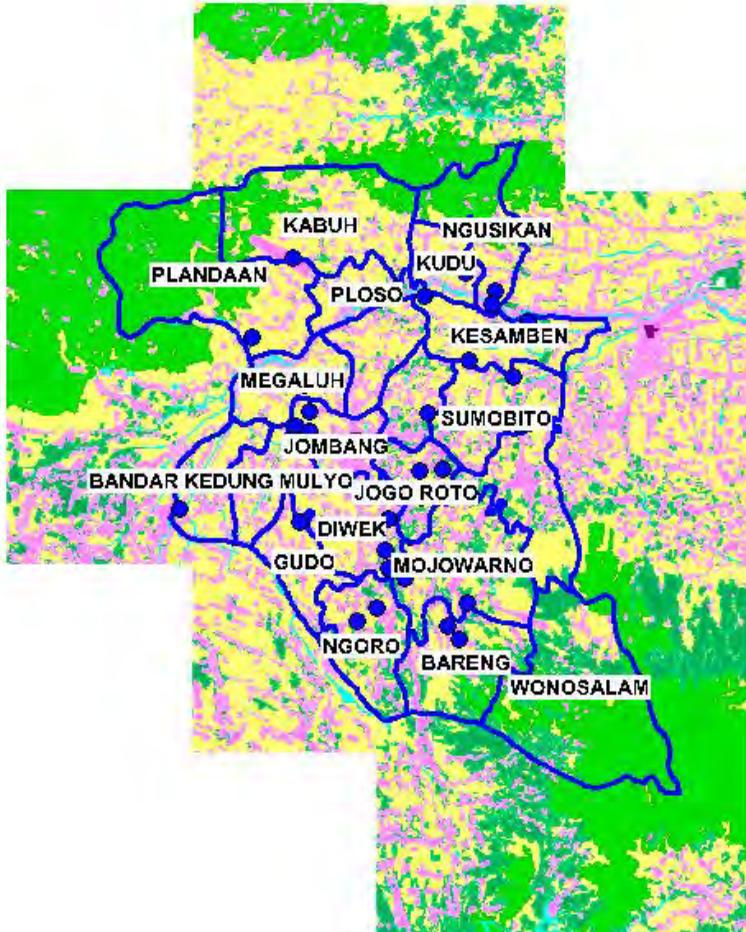
Jombang sendiri terdapat 204 zona menara eksisting. Zona merah merupakan coverage dari menara BTS yang berada di tengah zona merah tersebut. Perhitungan coverage dari zona menara eksisting dapat dihitung dengan persamaan 2.3. Perhitungan zona menara tersebut juga didasarkan pada tinggi dari menara telekomunikasi tersebut. Hasil zona eksisting untuk 2G di wilayah Kabupaten Jombang dalam MapInfo dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Persebaran Zona Menara Eksisting di Jombang

4.3.2 Penempatan Zona Menara Baru

Zona Menara baru di dalam MapInfo digambarkan dengan zona biru. Zona biru tersebut merupakan coverage dari menara baru. Dalam penempatan zona harus dengan mempertimbangkan 3 aspek yaitu kepadatan penduduk, jumlah BTS eksisting, serta RTRW. Hasil penentuan lokasi zona biru menurut parameter yang telah disebutkan diatas dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Penempatan Zona Menara Baru di Kabupaten Jombang

4.3.3 Luas Zona Menara Baru

Luas zona biru adalah luas wilayah yang disarankan untuk dapat membangun zona menara baru. Karena di Kabupaten Jombang memiliki peraturan khusus mengenai pembangunan menara telekomunikasi baru maka diasumsikan jari-jari zona biru sebesar 0,5 km yang mengacu pada peraturan daerah-daerah yang ada di Jawa Timur yang rata-rata mempunyai jari-jari sebesar 0,3 – 0,5 km. Maka luas zona menara baru dapat dihitung dengan persamaan (3.8) yaitu:

$$\text{Jari-jari zona} = 0.5 \text{ km}$$

$$\text{Luas per Zona} = \pi r^2$$

$$\text{Luas per Zona} = 3.14 \times 0.5^2 = 0.785 \text{ km}^2$$

Sementara total zona biru yang ada sesuai dengan perhitungan jumlah zona biru yaitu 32 zona. Maka luas total zona biru dapat dihitung dengan persamaan (3.9):

$$L_{total} = \text{Luas per Zona} \times \text{Jumlah Zona}$$

$$L_{total} = 0.785 \text{ km}^2 \times 34 = 26,69 \text{ km}^2$$

4.4 Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Lokasi Menara dengan *Weighted Product Method* (WPM)

Menurut kriteria penentuan zona biru maka dapat memberikan penilaian tiap zona biru yang ada dengan *Weighted Product Method* (WPM). Kriteria yang dimaksud adalah Kepadatan Penduduk, Jumlah BTS Eksisting, dan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jombang. Berdasarkan implementasi metode *Weighted Product* pada Bab III sebelumnya, dapat diperoleh nilai Vektor V pada masing-masing alternatif yang diberikan dengan melakukan proses normalisasi matriks keputusan (Vektor S) terlebih dahulu.

4.4.1 Proses Normalisasi (S) Matrik Keputusan

Proses selanjutnya adalah melakukan proses normalisasi (S) matrik keputusan, yaitu dengan cara mengalikan rating atribut, dimana rating atribut terlebih dahulu harus dipangkatkan dengan bobot atribut. Rumus yang digunakan adalah persamaan 2.6 dengan ketentuan:

Atribut Keuntungan: pangkat bernilai positif.

Atribut Biaya : pangkat bernilai negative

Hasil dari normalisasi matrik keputusan dapat dilihat pada tabel 3.11:

Tabel 4.8 Normalisasi Matrik Keputusan (S)

No.	Nama Kecamatan	C ₁	C ₂	C ₃	Vektor S
1.	Bandar Kedung Mulyo	1390	12	0.6	60.36721503

No.	Nama Kecamatan	C_1	C_2	C_3	Vektor S
2.	Perak	1835	19	0.6	80.93245459
3.	Gudo	1534	15	0.2	56.05665951
4.	Diwek	2219	26	0.2	80.98688092
5.	Ngoro	1447	19	0.2	59.49552036
6.	Mojowarno	1142	19	0.6	65.24821433
7.	Bareng	550	9	0.2	29.20458633
8.	Wonosalam	264	13	0.2	23.9155629
9.	Mojoagung	1272	28	0.6	78.89024178
10.	Sumobito	1694	16	0.4	68.10518623
11.	Jogoroto	2340	13	0.4	73.14060915
12.	Peterongan	2268	19	0.4	82.77530421
13.	Jombang	3942	50	0.6	162.8819987
14.	Megaluh	1340	9	0.4	49.66393181
15.	Tembelang	1564	17	0.6	72.28506173
16.	Kesamben	1211	10	0.4	49.28442534
17.	Kudu	378	9	0.2	24.63800014
18.	Ngusikan	624	2	0.2	17.89852584
19.	Ploso	1560	16	0.6	70.62859523
20.	Kabuh	417	12	0.4	32.44238398
21.	Plandaan	305	10	0.2	23.22745559

4.4.2 Proses Preferensi untuk Tiap Alternatif (V)

Nilai vektor V yang akan digunakan untuk perankingan dapat dihitung berdasarkan rumus 2.7. Hasil dari nilai vektor V dapat dilihat pada tabel 4.9:

Tabel 4.9 Hasil Preferensi untuk Tiap Alternatif

No.	Nama Kecamatan	Vektor S	Vektor V
1.	Bandar Kedung Mulyo	60.36721503	0.047831952
2.	Perak	80.93245459	0.064126816
3.	Gudo	56.05665951	0.044416484
4.	Diwek	80.98688092	0.064169941
5.	Ngoro	59.49552036	0.047141265
6.	Mojowarno	65.24821433	0.051699411

No.	Nama Kecamatan	Vektor S	Vektor V
7.	Bareng	29.20458633	0.023140249
8.	Wonosalam	23.9155629	0.018949492
9.	Mojoagung	78.89024178	0.062508669
10.	Sumobito	68.10518623	0.053963132
11.	Jogoroto	73.14060915	0.057952949
12.	Peterongan	82.77530421	0.065586998
13.	Jombang	162.8819987	0.129059523
14.	Megaluh	49.66393181	0.039351208
15.	Tembelang	72.28506173	0.057275056
16.	Kesamben	49.28442534	0.039050506
17.	Kudu	24.63800014	0.019521915
18.	Ngusikan	17.89852584	0.014181894
19.	Ploso	70.62859523	0.055962555
20.	Kabuh	32.44238398	0.025705717
21.	Plandaan	23.22745559	0.01840427

Dari hasil tersebut kemudian diurutkan berdasarkan nilai yang paling besar ke nilai yang paling kecil. Alternatif yang memiliki nilai Vektor V tertinggi adalah yang memiliki potensi paling tinggi untuk dibangun menara baru. Hasil ranking tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 Ranking Vektor V dengan Urutan dari Tertinggi ke Terendah

Ranking	Kecamatan	Kriteria			Nilai Vektor V
		C ₁	C ₂	C ₃	
1.	Jombang	0.8	0.4	0.6	0.129059523
2.	Peterongan	0.6	0.2	0.4	0.065586998
3.	Diwek	0.6	0.4	0.2	0.064169941
4.	Perak	0.4	0.2	0.2	0.064126816
5.	Mojoagung	0.4	0.4	0.6	0.062508669
6.	Jogoroto	0.6	0.2	0.4	0.057952949
7.	Tembelang	0.4	0.2	0.6	0.057275056
8.	Ploso	0.4	0.2	0.6	0.055962555
9.	Sumobito	0.4	0.2	0.4	0.053963132
10.	Mojowarno	0.4	0.2	0.6	0.051699411

Ranking	Kecamatan	Kriteria			Nilai Vektor V
		C ₁	C ₂	C ₃	
11.	Bandar Kedung Mulyo	0.4	0.2	0.6	0.047831952
12.	Ngoro	0.4	0.2	0.2	0.047141265
13.	Gudo	0.4	0.2	0.2	0.044416484
14.	Megaluh	0.4	0.2	0.4	0.039351208
15.	Kesamben	0.4	0.2	0.4	0.039050506
16.	Kabuh	0.2	0.2	0.4	0.025705717
17.	Bareng	0.2	0.2	0.2	0.023140249
18.	Kudu	0.2	0.2	0.2	0.019521915
19.	Wonosalam	0.2	0.2	0.2	0.018949492
20.	Plandaan	0.2	0.2	0.2	0.01840427
21.	Ngusikan	0.2	0.2	0.2	0.014181894

Pada tabel di atas dapat terlihat bahwa Kecamatan Jombang berada di posisi paling atas, sehingga Kecamatan Jombang merupakan wilayah yang berpotensi tinggi untuk dibangun menara baru. Dengan pengguna layanan yang tinggi dan perkembangan wilayah berdasarkan RTRW yang berlaku serta persebaran jumlah BTS eksisting. Selanjutnya adalah Kecamatan Peterongan dan Diwek yang menempati posisi kedua dan ketiga. Sedangkan untuk Kecamatan Ngusikan menjadi pilihan paling akhir untuk pendirian menara baru, namun tetap ada peluang untuk pembangunan menara di wilayah tersebut.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

KESIMPULAN

Bagian ini berisi kesimpulan dan saran dari tugas akhir yang telah diselesaikan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perencanaan kebutuhan BTS dan optimasi penempatan menara telekomunikasi bersama di Kabupaten Jombang untuk tahun 2020, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah BTS eksisting di Kabupaten Jombang pada tahun 2015 sebanyak 343 BTS dan seluruh BTS tersebut ditopang oleh 204 menara telekomunikasi yang tersebar di 21 kecamatan.
2. Pada tahun 2020, Kabupaten Jombang diprediksi mempunyai kebutuhan trafik 24347 Erlang dan terdapat 456 BTS yang ditopang oleh 238 menara telekomunikasi.
3. Mengacu pada Peraturan Daerah Kabupaten Jombang Nomor 21 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jombang untuk menara telekomunikasi bersama minimal terdiri dari 4 BTS dan di wilayah Kabupaten Jombang diprioritaskan untuk menara telekomunikasi bersama.
4. Terdapat 34 zona menara baru dengan jari-jari 0.5 km dengan luas total zona baru sebesar 26,69 km².
5. Dalam penempatan zona harus dengan mempertimbangkan 3 aspek yaitu kepadatan penduduk, jumlah BTS eksisting, serta RTRW dan masing-masing disesuaikan dengan peraturan yang berlaku di Kabupaten Jombang.
6. Berdasarkan hasil implementasi *Weighted Product Method* dengan kriteria kepadatan penduduk, jumlah BTS eksisting, dan Rencana Tata Ruang Wilayah di Kabupaten Jombang terdapat 34 zona menara baru yang diprioritaskan untuk dibangun dengan zona menara baru yang paling prioritas terdapat pada Kecamatan Jombang dengan nilai prioritas paling tinggi yaitu 0.129, diikuti dengan Kecamatan Peterongan, Diwek, Perak, dan Mojoagung.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut adalah:

1. Perlu adanya penelitian lebih akurat mengenai jumlah pengguna seluler supaya dapat ditentukan jumlah BTS baru dengan lebih akurat.
2. Perlu adanya kesesuaian data peta kondisi wilayah pada *MapInfo* dengan kondisi asli Kabupaten Jombang.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang metode *Weighted Product* dalam penentuan lokasi BTS baru di Kabupaten Jombang dengan kriteria yang berbeda dengan kriteria yang telah dibahas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Samsulbahri. “Konsep Dasar Telekomunikasi Seluler”, (2009)
- [2] Rizky, Aditya. Mengenal Jaringan GSM, *Global System for Mobile Communication*, (2012)
- [3] Blog Unikom. Teknologi CDMA.
- [4] Suwadi. “Diktat Trafik”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. (2012)
- [5] Gupta, V.K, “*Grade of Service in End-To-End Service Quality of Service Broadband Network*”, (2012)
- [6] Ahmil. “Proses Panggilan dalam Telepon”, (2011)
- [7] Daryani, Sri. “Sistem Komunikasi Bergerak”. (2008)
- [8] Direktur Jenderal Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum, “Petunjuk Teknis Kriteria Lokasi Menara Telekomunikasi”, (2011)
- [9] Tacoli, Cecilia, “*Rural-urban interactions: a guide to the literature*”, (1998)
- [10] BPS 2010, Statistik Indonesia
- [11] Kusumadewi, Sri., Hartati, S., Harjoko, A., dan Wardoyo, R., “*Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM)*”. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu. (2006)
- [12] Anam, Titi S., “Pengenalan *MapInfo*”, (2009)
- [13] Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang. “Jombang Dalam Angka Tahun 2014”, (2014)
- [14] Pranata, Yoga Dwi. “Perencanaan Jumlah dan Lokasi Menara Base Transceiver Station (BTS) Baru pada Sistem Telekomunikasi Seluler di Jombang Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* dan Pendekatan Sistem Informasi Geografis”, 2014
- [15] Kementerian Komunikasi dan Informatika, “Indikator TIK Indonesia”, (2011)
- [16] Peraturan Bersama Menteri Dalam Negeri, Menteri Pekerjaan Umum, Menteri Komunikasi dan Informatika, dan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal, ”Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara Bersama Telekomunikasi”, (2009)
- [17] Kementerian Komunikasi dan Informatika, ”Indikator TIK Indonesia”, (2011)

LAMPIRAN A PROPOSAL TUGAS AKHIR

Institusi Teknik Elektronika

Universitas Teknologi Indonesia - UTI

TE 141599 TUGAS AKHIR - JANSKS

Putra Maheswara
Summa Nohok
Muhlis Sholah
Fidya Tribenjak
Dosen Pembimbing
Jude - Lujus Akhir

Dipukul Imajinasi
2323106030
Tahnik Telekomunikasi dan Multimedia
Semester Ganjil 2014/2015

15 SEP 2015

Dr. Ir. Achmad Masdukiyama, MT
Perencanaan Jaringan dan Lokasi Antara Base Transceiver Station (BTS) pada sebuah Telekomunikasi Seluler di Kawasan Industri dengan Menggunakan *Weighted Product Method (WPM)* dan Perencanaan Sistem Informasi Geografis
The Weighted and Location Method About Base Transceiver Station (BTS) in the Cellular Telecommunication System in Industry Using Weighted Product Method (WPM) and Geographic Information System (GIS)

Uraian Tugas Akhir:

Weighted Product Method (WPM) adalah salah satu metode perencanaan jaringan dalam perencanaan jaringan. Metode ini merupakan sebuah alternatif terhadap kumpulan algoritma lainnya, dimana setiap algoritma tidak bergantung satu dengan yang lainnya. WPM menggunakan pemilihan untuk menghubungkan nilai seluler, dimana nilai seluler tersebut harus diperlihatkan dalam bentuk nilai yang bernilai kuantitas. Proses ini akan halnya dengan proses normalisasi. Secara singkat, proses WPM meliputi 3 tahapan, yaitu: perhitungan, normalisasi, dan pengurangan. Metode ini dapat kita dapat menentukan nilai seluler untuk setiap algoritma, kemudian dilanjutkan dengan proses perhitungan alternatif terbaik, dalam hal ini alternatif yang optimal untuk jumlah dan lokasi pembangunan antara Base Transceiver Station (BTS) yang berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditentukan. Kesimpulan *Weighted Product Method* adalah, kriteria, antara lain: *Transmisi dan Sinyal*

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Achmad Masdukiyama, MT
NIP. 1961 09 05 1959 03 1007

Mengajar,
Jurusan Teknik Elektronika FT/ITE
Kampus

Menyusun,
Hidayat Satrio Telekomunikasi
Multimedia
Kendaraan



Dr. Ir. Ariel Sutrisno, SE, MT
NIP. 1970 02 12 1954 03 004

Dr. Ir. Endrasari, B.E.A.
NIP. 1963041 197102 001

LAMPIRAN B LEMBAR MONITORING



ITS
Institut Teknologi
Sepuluh Nopember

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Kampus ITS Gedung B E C, Sumbaho Subdrat - 60119
Telp. (031) 594 7122, 5994251 and 54 466, 1304
Fax: (031) 5431212
Email: i2020@its.ac.id
Website: www.its.ac.id

MONITORING KEGIATAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa

Devy Imakim

Np 2213106008

Judul Tugas Akhir

Pencarian Jumlah dan Lokasi Menara Base Transceiver Station (BTS) Baru pada Sistem Telekomunikasi Seluler di Kabupaten Jombang Menggunakan Wilayah Product Method (WPM) dan Pendekatan Sistem Geografis

Bulan Proposal Disahkan

September 2015

Dosen Pembimbing 1

Dr. W. Achmad Mauliyanto, MT

NIP 198100031989031001

No	Tanggal	Urutan Kegiatan	Tanda Tangan		Mahasiswa	Keterangan
			Pembimbing (1)	Pembimbing (2)		
1	11 Sep 2015	Konultasi Materi TA kepada dosen				
2	11 Sep 2015	Konultasi Materi Cara Penyang				
3	26 Sep 2015	Urutan Paper Teori				
4	9 Okt 2015	Konultasi Penjabaran Data				
5	1 Okt 2015	Konultasi Metodologi				
6	15 Okt 2015	Konultasi Wilayah Product				
7	20 Okt 2015	Kejelasan Masalah Area pada				
8	2 Nov 2015	Pengplotan DTU Eksisting pada Map In-C				
9	8 Nov 2015	Pengplotan zona Menara baru Kabupaten Jombang				
10	8 Nov 2015	Analisa				
11	23 Nov 2015	Analisa				
12	30 Nov 2015	Progress Bab IV TA				
13	7 Des 2015	Progress Bab V TA				
14						
15						
16						

LAMPIRAN C
DATA MENARA EKSISTING DI KABUPATEN
JOMBANG TAHUN 2015

Tabel C.0.1 Data Menara Eksisting

Tinggi (m)	Long	Lat	Operator	Kecamatan
62	112.15856	-7.55383	Tsel	Bandar kedung mulyo
72	112.13372	-7.60995	Indosat	Bandar kedung mulyo
52	112.14877	-7.53630	Smart, NTS, Flexy	Bandar kedung mulyo
50	112.13959	-7.58851	Tsel	Bandar kedung mulyo
70	112.14135	-7.58657	Tsel, HCPT, Flexy	Bandar kedung mulyo
70	112.12689	-7.59392	HCPT	Bandar kedung mulyo
62	112.13107	-7.56992	Tsel	Bandar kedung mulyo
72	112.30784	-7.7222621	Indosat	Bareng
72	112.33118	-7.6534242	Tsel	Bareng
72	112.30372	-7.6656377	Tsel, HCPT, Flexy	Bareng
72	112.30191	-7.6752899	Indosat	Bareng
72	112.30802	-7.7264875	NTS, Indosat	Bareng
72	112.23528	-7.60051	Indosat, HCPT	Diwek
42	112.23383	-7.57937	Indosat	Diwek
50	112.26822	-7.62184	NTS	Diwek
55	112.19350	-7.57494	XL	Diwek

Tinggi (m)	Long	Lat	Operator	Kecamatan
42	112.22057	-7.59905	XL	Diwek
55	112.25391	-7.57136	Indosat	Diwek
70	112.23706	-7.59590	XL	Diwek
42	112.25578	-7.57466	Indosat	Diwek
54	112.24157	-7.58504	Indosat, HCPT	Diwek
54	112.24113	-7.61468	HCPT	Diwek
50	112.24100	-7.61735	Flexy, Smart	Diwek
62	112.23608	-7.59035	Tsel	Diwek
72	112.24038	-7.61670	Tsel	Diwek
42	112.23519	-7.58649	Flexy	Diwek
51	112.23706	-7.59590	Indosat	Diwek
70	112.19537	-7.62733	Flexy, HCPT	Gudo
45	112.23489	-7.64239	HCPT	Gudo
54	112.18517	-7.58920	XL, HCPT	Gudo
52	112.19160	-7.62649	Flexy	Gudo
62	112.18010	-7.60107	Indosat	Gudo
62	112.19286	-7.62753	Tsel	Gudo
42	112.23159	-7.64055	Tsel	Gudo
55	112.23131	-7.64235	Smart	Gudo
52	112.19020	-7.62555	XL	Gudo
52	112.26391	-7.56382	Tsel	Jogoroto
55	112.27670	-7.59417	Indosat	Jogoroto
42	112.30992	-7.57600	Indosat	Jogoroto
52	112.30028	-7.57915	Indosat	Jogoroto
62	112.27086	-7.59298	XL, HCPT, NTS	Jogoroto
42	112.29594	-7.57424	Tsel	Jogoroto
51	112.26973	-7.59140	Tsel, Flexy	Jogoroto

Tinggi (m)	Long	Lat	Operator	Kecamatan
10	112.23243	-7.54420	XL	Jombang
42	112.24386	-7.54479	Axis	Jombang
42	112.23053	-7.53600	Axis	Jombang
42	112.21872	-7.54779	NTS	Jombang
42	112.21037	-7.55921	Axis	Jombang
22	112.24361	-7.53840	Indosat	Jombang
52	112.22290	-7.53036	Indosat	Jombang
40	112.24021	-7.55536	Indosat	Jombang
40	112.20879	-7.54359	Indosat	Jombang
52	112.22464	-7.56221	Smart	Jombang
40	112.23925	-7.54834	Smart, XL	Jombang
30	112.23053	-7.53730	Tsel	Jombang
35	112.23400	-7.54884	HCPT	Jombang
45	112.25698	-7.54389	HCPT	Jombang
45	112.23760	-7.56388	HCPT	Jombang
70	112.23596	-7.53006	HCPT, XL, Esia	Jombang
30	112.23124	-7.54834	Smart, Tsel	Jombang
70	112.24488	-7.53110	Smart	Jombang
42	112.22503	-7.53297	Flexy	Jombang
30	112.24153	-7.53219	Flexy	Jombang
30	112.24440	-7.54299	Flexy	Jombang
42	112.23570	-7.5541491	Tsel	Jombang
62	112.21423	-7.52249	Tsel, Flexy	Jombang
42	112.23824	-7.53468	Tsel	Jombang
42	112.24386	-7.54523	Tsel	Jombang
72	112.23250	-7.55930	Tsel	Jombang
42	112.22137	-7.54174	Tsel, Flexy	Jombang
72	112.23320	-7.54507	Indosat	Jombang

Tinggi (m)	Long	Lat	Operator	Kecamatan
62	112.24336	-7.55999	Smart	Jombang
72	112.19119	-7.51977	Flexy, HCPT	Jombang
55	112.21655	-7.54849	Tsel, HCPT, Indosat	Jombang
52	112.24989	-7.53350	XL	Jombang
55	112.23500	-7.55782	XL	Jombang
51	112.22483	-7.53780	XL, HCPT	Jombang
70	112.21425	-7.38286	Indosat	Kabuh
70	112.21320	-7.36834	Smart, Flexy	Kabuh
70	112.21238	-7.36651	HCPT	Kabuh
72	112.21523	-7.39556	Tsel, Flexy	Kabuh
62	112.26020	-7.41067	Tsel, Flexy, HCPT	Kabuh
52	112.24924	-7.40867	Indosat	Kabuh
51	112.21508	-7.39768	XL, HCPT	Kabuh
72	112.31528	-7.46139	Tsel	Kesamben
72	112.29266	-7.4632947	Tsel	Kesamben
52	112.31528	-7.46139	Indosat	Kesamben
52	112.38844	-7.4684127	Indosat	Kesamben
72	112.33833	-7.45972	Indosat	Kesamben
52	112.33139	-7.48833	Indosat	Kesamben
72	112.33728	-7.45882	Flexy	Kesamben
72	112.39325	-7.4601679	XL	Kesamben
72	112.33827	-7.46024	XL, HCPT	Kesamben
72	112.31277	-7.40810	Tsel	Kudu
65	112.28571	-7.43248	Indosat	Kudu
70	112.27365	-7.42972	HCPT	Kudu

Tinggi (m)	Long	Lat	Operator	Kecamatan
72	112.28925	-7.43248	Tsel	Kudu
52	112.28609	-7.40365	Tsel	Kudu
52	112.30816	-7.44074	Tsel	Kudu
62	112.29637	-7.43673	Flexy, HCPT	Kudu
51	112.28643	-7.43175	XL	Kudu
52	112.20768	-7.47297	Indosat	Megaluh
70	112.21295	-7.47132	Tsel	Megaluh
52	112.17191	-7.49362	Indosat	Megaluh
72	112.18560	-7.49375	Tsel, Flexy	Megaluh
52	112.17824	-7.51427	Indosat	Megaluh
51	112.17142	-7.49366	XL, HCPT	Megaluh
72	112.34432	-7.54583	Indosat, Tsel	Mojoagung
72	112.33320	-7.57419	Indosat, XL, HCPT, NTS	Mojoagung
42	112.34900	-7.68715	Indosat	Mojoagung
52	112.31617	-7.56312	Smart, NTS, XL, Flexy	Mojoagung
72	112.34369	-7.54934	Flexy	Mojoagung
42	112.35110	-7.58043	Flexy, Tsel	Mojoagung
52	112.35574	-7.56828	XL	Mojoagung
72	112.31650	-7.56174	Tsel	Mojoagung
62	112.34883	-7.57528	Smart, Tsel, Esia, NTS	Mojoagung
72	112.34402	-7.56752	XL, Tsel	Mojoagung
52	112.30905	-7.6304497	Smart	Mojowarno
62	112.31453	-7.60071	HC PT	Mojowarno
52	112.31787	-7.59574	Tsel	Mojowarno
52	112.31786	-7.59573	XL	Mojowarno
72	112.31067	-7.63200	Indosat, NTS	Mojowarno

Tinggi (m)	Long	Lat	Operator	Kecamatan
72	112.29641	-7.63125	Indosat	Mojowarno
72	112.31523	-7.600845	Indosat, Tsel	Mojowarno
52	112.28906	-7.61147	Flexy	Mojowarno
72	112.30135	-7.64092	HCPT, NTS, XL	Mojowarno
72	112.30376	-7.63389	Tsel, Flexy	Mojowarno
62	112.23621	-7.67875	Tsel	Ngoro
72	112.22923	-7.64345	Indosat	Ngoro
70	112.27013	-7.68281	Indosat	Ngoro
50	112.23453	-7.67634	HCPT	Ngoro
72	112.23700	-7.64557	Flexy	Ngoro
54	112.27480	-7.68735	Tsel	Ngoro
65	112.23239	-7.67681	XL	Ngoro
42	112.26099	-7.68798	NTS	Ngoro
72	112.27325	-7.68741	Indosat	Ngoro
72	112.23415	-7.67692	HCPT	Ngoro
62	112.23335	-7.64250	Tsel	Ngoro
52	112.26065	-7.65808	Indosat	Ngoro
52	112.27538	-7.71748	Esia	Ngoro
51	112.26717	-7.68986	Indosat	Ngoro
71	112.23367	-7.64230	Tsel	Ngoro
70	112.33484	-7.41797	XL	Ngusikan
62	112.33660	-7.39362	Flexy	Ngusikan
52	112.16481	-7.58213	Indosat	Perak
70	112.15682	-7.57983	Indosat, HCPT	Perak
50	112.17971	-7.55356	Tsel, Flexy	Perak
54	112.20268	-7.56121	Flexy, Smart	Perak
70	112.17613	-7.57590	Smart	Perak

Tinggi (m)	Long	Lat	Operator	Kecamatan
62	112.20132	-7.56019	Indosat	Perak
72	112.15913	-7.58014	XL	Perak
62	112.16360	-7.56992	Indosat	Perak
52	112.15924	-7.60937	Tsel	Perak
52	112.17869	-7.56535	Tsel	Perak
51	112.16344	-7.58212	NTS	Perak
72	112.26024	-7.5336478	XL, HCPT	Peterongan
52	112.26137	-7.52008	Indosat	Peterongan
52	112.27672	-7.54250	Indosat, HCPT	Peterongan
52	112.29067	-7.5121633	Smart	Peterongan
52	112.28522	-7.54255	Tsel	Peterongan
72	112.26187	-7.53524	XL, HCPT	Peterongan
72	112.28106	-7.54205	Indosat, XL, HCPT	Peterongan
72	112.27804	-7.53772	Tsel	Peterongan
72	112.17759	-7.41494	Flexy, Esia	Plandaan
50	112.18202	-7.46696	Indosat	Plandaan
62	112.18408	-7.46504	Flexy, Tsel, HCPT	Plandaan
51	112.20042	-7.47281	XL	Plandaan
72	112.24487	-7.45397	Tsel	Ploso
70	112.22444	-7.44442	Indosat	Ploso
45	112.22819	-7.44523	HCPT, NTS	Ploso
42	112.22675	-7.45311	Flexy	Ploso
72	112.22339	-7.44503	Tsel	Ploso
71	112.22404	-7.44204	Smart, Esia, Flexy	Ploso
52	112.25160	-7.44340	Indosat, Tsel, XL	Ploso

Tinggi (m)	Long	Lat	Operator	Kecamatan
71	112.22572	-7.45219	XL	Ploso
52	112.29436	-7.54875	Indosat	Sumobito
72	112.29436	-7.54870	HCPT	Sumobito
72	112.31416	-7.52453	Indosat	Sumobito
52	112.30651	-7.55508	HCPT	Sumobito
62	112.36330	-7.49286	Indosat	Sumobito
70	112.33860	-7.51793	Indosat	Sumobito
72	112.28570	-7.54332	NTS	Sumobito
72	112.31178	-7.50813	Tsel	Sumobito
72	112.34043	-7.5203701	Tsel	Sumobito
72	112.34091	-7.5203982	Indosat	Sumobito
50	112.24848	-7.45619	NTS	Tembelang
52	112.22870	-7.46587	Indosat	Tembelang
62	112.23236	-7.49619	Tsel, Flexy	Tembelang
62	112.27607	-7.47053	Tsel	Tembelang
72	112.25339	-7.49448	Indosat	Tembelang
70	112.23262	-7.50792	Indosat	Tembelang
72	112.27612	-7.47094	Flexy	Tembelang
72	112.23119	-7.47928	Flexy	Tembelang
51	112.23144	-7.49730	XL, NTS, HCPT, Esia	Tembelang
72	112.40524	-7.65828	Indosat	Wonosalam
72	112.37751	-7.72247	Indosat	Wonosalam
72	112.36332	-7.69379	Indosat	Wonosalam
52	112.40642	-7.66648	Smart	Wonosalam
52	112.40678	-7.66707	Flexy	Wonosalam
42	112.40602	-7.65954	Flexy	Wonosalam

Tinggi (m)	Long	Lat	Operator	Kecamatan
72	112.34948	- 7.7482238	Tsel	Wonosalam
72	112.37076	- 7.7095177	Tsel	Wonosalam
72	112.40564	-7.66019	Smart, Tsel	Wonosalam
72	112.37297	- 7.7132304	XL, HCPT	Wonosalam

LAMPIRAN D DATA ZONA MENARA BARU

Tabel D.0.1 Data Zona Menara Baru

Nama Kecamatan	Cell ID	Longitude	Latitude	Jari-jari (km)
Jombang	JBG-1	112.19513	-7.5325	0.5
Jombang	JBG-2	112.19236	-7.5413	0.5
Jombang	JBG-3	112.20372	-7.5359	0.5
Jombang	JBG-4	112.20318	-7.522	0.5
Peterongan	JBG-5	112.28355	-7.5234	0.5
Diwek	JBG-6	112.25694	-7.5943	0.5
Diwek	JBG-7	112.25472	-7.6149	0.5
Diwek	JBG-8	112.25663	-7.6276	0.5
Jogoroto	JBG-9	112.29297	-7.5606	0.5
Jogoroto	JBG-10	112.27745	-7.5622	0.5
Jogoroto	JBG-11	112.27922	-7.5801	0.5
Sumobito	JBG-12	112.29838	-7.5267	0.5
Sumobito	JBG-13	112.34522	-7.5315	0.5
Sumobito	JBG-14	112.3412	-7.4994	0.5
Mojowarno	JBG-15	112.26803	-7.6341	0.5
Mojowarno	JBG-16	112.27925	-7.6268	0.5
Mojowarno	JBG-17	112.31057	-7.6503	0.5
Bandar Kedung Mulyo	JBG-18	112.11614	-7.5881	0.5
Ngoro	JBG-19	112.24987	-7.6536	0.5
Ngoro	JBG-20	112.2357	-7.6627	0.5
Gudo	JBG-21	112.19735	-7.5962	0.5
Megaluh	JBG-22	112.20033	-7.5053	0.5
Kesamben	JBG-23	112.28043	-7.4445	0.5
Kesamben	JBG-24	112.31036	-7.4882	0.5
Kesamben	JBG-25	112.35041	-7.4626	0.5

Nama Kecamatan	Cell ID	Longitude	Latitude	Jari-jari (km)
Kabuh	JBG-26	112.19229	-7.4194	0.5
Bareng	JBG-27	112.29678	-7.6663	0.5
Bareng	JBG-28	112.3044	-7.6742	0.5
Kudu	JBG-29	112.30846	-7.4297	0.5
Plandaan	JBG-30	112.16429	-7.4734	0.5
Ngusikan	JBG-31	112.329	-7.4418	0.5
Ngusikan	JBG-32	112.32616	-7.4508	0.5

RIWAYAT PENULIS

Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 23 Desember 1990. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Suyatno dan Harlien. Penulis mengawali pendidikan di TK Pelita Surabaya hingga tahun 1997. Kemudian melanjutkan di SDN Sawunggaling VIII Surabaya hingga tahun 2003. Kemudian diterima di SMP Negeri 1 Surabaya hingga tahun 2006. Kemudian melanjutkan di SMA Negeri 1 Surabaya hingga tahun 2009. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan D3 jurusan Teknik Telekomunikasi di Institut Teknologi Telkom Bandung pada tahun 2009 hingga 2012. Selama masa kuliah di IT Telkom penulis aktif di kepanitiaan salah satunya di Business Fair dan Try Out SMBB Telkom Wilayah Surabaya dan sekitarnya. Selain itu penulis juga aktif di beberapa UKM, diantaranya Koperasi Mahasiswa dan UKM Djawa. Penulis juga aktif di komunitas, yaitu SSG++ Community. Setelah lulus, penulis melanjutkan pendidikan S-1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember jurusan Teknik Elektro pada tahun 2013. Pada semester kedua, penulis memilih bidang studi Telekomunikasi Multimedia dan hingga saat ini sedang mengambil Tugas Akhir di Laboratorium Antena dan Propagasi. Penulis dapat dihubungi melalui email dessyirmalianti@gmail.com.

