

Sistem Pendukung Keputusan Untuk Penentuan Lokasi BTS PT. Smartfren Menggunakan Metode *Fuzzy-AHP*

Putu Roy Nurbhawa¹, I Ketut Gede Darma Putra², Nyoman Gunantara³

Abstract— The method of determining BTS location in PT. Smartfren use assessment by experts. The weakness of this method is time to make decisions that can't be determined and experts are not available at any time. To determine where to place the new BTS, there are several criteria and sub criteria that must be considered. Based on that consideration, a decision-support system application to determine BTS location is created using *Fuzzy AHP* method with VB and MySQL applications. The outcome of this application is a list of area, in several regencies, from the highest to the lowest score of BTS location based on the selected criteria and sub-criteria. The advantages of system is quick in decision-making and dynamic, where the criteria and sub-criteria can be changed as the user desires. System can produce same BTS position together with experts calculations.

Index Term-- *Fuzzy AHP, BTS, Criteria, Sub criteria, Decision Support System.*

Intisari—metode penentuan lokasi BTS pada PT. Smartfren menggunakan penilaian oleh pakar. Kelemahan dengan menggunakan metode ini adalah waktu pengambilan keputusan yang kurang bisa ditentukan dan pakar yang tidak setiap saat tersedia. Untuk menentukan lokasi BTS baru, ada beberapa kriteria dan subkriteria yang harus diperhatikan. Dari pertimbangan inilah, disusun sebuah aplikasi sistem pengambilan keputusan untuk penentuan lokasi BTS menggunakan metode *Fuzzy AHP* dengan aplikasi VB dan MySQL. Hasil keluaran dari aplikasi ini adalah urutan nama daerah, di beberapa kabupaten di Bali, dengan nilai tertinggi ke terendah untuk penempatan BTS sesuai dengan kriteria dan subkriteria yang dipilih. Kelebihan sistem adalah cepat dalam pengambilan keputusan dan bersifat dinamis, dimana kriteria dan subkriteria dapat diubah sesuai keinginan pengguna. Sistem yang dibangun dapat menghasilkan posisi BTS yang sama dengan perhitungan oleh pakar.

Kata kunci: *Fuzzy AHP, BTS, Kriteria, Subkriteria, Sistem Pengambilan Keputusan.*

¹Mahasiswa, Magister Teknik Elektro Universitas Udayana Gedung Pascasarjana Universitas Udayana Jl. PB Sudirman Denpasar-Bali 80232 (telp/fax: 0361-239599; e-mail: puturoynurbhawa@gmail.com)

²Dosen, Jurusan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Udayana, Gedung Teknologi Informasi Jl. Kampus Unud Bukit Jimbaran Badung-Bali 80361 (telp: 085102853533; e-mail: ikgdarmaputra@unud.ac.id;

³Dosen, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jl. Kampus Unud Bukit Jimbaran Badung-Bali 80361 (telp/fax: 0361-703315; e-mail: gunantara@unud.ac.id)

I. PENDAHULUAN

Perkembangan telekomunikasi saat ini semakin pesat. Hampir setiap orang membutuhkan media telekomunikasi

untuk berhubungan dengan orang-orang di sekitarnya. Hal ini mendorong operator telekomunikasi untuk selalu berkreasi dengan menciptakan teknologi baru dan metode pemasaran terbaik untuk layanan kepada konsumen dan menjadi pionir dalam perkembangan teknologi telekomunikasi. Operator telekomunikasi saling berlomba untuk menjadi yang terdepan dalam memberikan layanan kepada konsumennya.

PT Smartfren merupakan salah satu operator telekomunikasi yang sedang berkembang cukup pesat saat ini. Untuk meningkatkan kualitas layanan, maka dibutuhkan ketersediaan BTS (*Base Transceiver System*) sebagai sistem yang memancarkan sinyal untuk melayani pelanggan atau masyarakat. BTS harus berada di posisi yang tepat untuk dapat melayani pelanggan secara efektif dan efisien.

Dalam menentukan lokasi penempatan BTS, PT. Smartfren masih menggunakan sistem yang umum yaitu penilaian pakar. Kelemahan pakar adalah waktu pengambilan keputusan yang kurang bisa ditentukan dan pakar tidak setiap tersedia, sehingga menghambat proses pengambilan keputusan. Sehingga dibutuhkan sebuah sistem lain yang dapat menghasilkan keputusan untuk penentuan lokasi BTS dengan lebih cepat dan efektif.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Ada beberapa metode yang telah digunakan dalam sistem pengambilan keputusan untuk penentuan BTS. Nanang Ismail, Maharoni, dan Innel Lindra [1] menggunakan faktor kelengkapan bumi dan daerah Fresnel untuk perencanaan pembangunan BTS di regional proyek Sumatera bagian selatan. Lucyana Angel Christine dan Ahmad Mauludiyanto [2] menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) untuk penempatan menara baru telekomunikasi dengan menggunakan 18 alternatif kecamatan di wilayah Kabupaten Sidoarjo, dan menggunakan 3 kriteria yaitu kepadatan penduduk, jumlah BTS *existing*, dan rencana tata ruang Kabupaten Sidoarjo.

Perencanaan jumlah dan lokasi menara BTS baru di Kabupaten Lumajang oleh Widyatmoko, dan Ahmad Mauludiyanto [3] menggunakan metode AHP-Topsis, dengan menempatkan beberapa menara di Kabupaten Lumajang untuk kemudian dilakukan pembobotan dan zona dengan peringkat terbaik dianggap sebagai titik strategis dibangun BTS 4G LTE. Ariyasti Ulfa, Yuli Fitriasia, dan Yohana Dewi [4] menggunakan metode *Promethee* untuk penentuan lokasi BTS. Namun penelitian ini memiliki kelemahan, karena kriterianya terbatas hanya 4, dan hasil dari sistem belum diuji kebenarannya dengan membandingkan metode lain atau kondisi yang sebenarnya.

M.A. Fermanta, Suyadnya, dan Wirastuti [5] meneliti tentang rancang bangun sistem pendukung keputusan seleksi



tenaga kerja berbasis web menggunakan metode *Simple Additive Weighting* pada PT. Solusi Lintas Data cabang Bali, sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang penyedia layanan internet.

Penelitian sebelumnya oleh Ariasih [6] membahas tentang penyusunan SPK untuk pemilihan lokasi TPA sampah menggunakan metode *Min_Max Inference Fuzzy*. Hasil dari penelitian ini dapat menghasilkan keputusan yang layak, cukup layak, dan tidak layak sebuah lokasi dipilih.

Penelitian oleh Virgunzena [7] adalah membahas aplikasi pemetaan *coverage area* berbasis *web responsive* untuk alat simulasi perencanaan pembangunan BTS. Aplikasi ini dapat digunakan pada berbagai perangkat (multi platform). Hasil penelitian juga sudah dibandingkan dengan aplikasi *Net Act Planner* dan data hasil *drive test*.

Metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* menggunakan pembobotan *additive* dikembangkan oleh Thomas L.Saaty (1990) [8]. Pembobotan *additive* adalah operasi aritmatika untuk mendapatkan bobot total melalui penjumlahan. Penerapan AHP untuk mengambil keputusan dengan banyak iteria yang bersifat subjektif. Seringkali seorang pengambil keputusan dihadapkan pada suatu permasalahan yang sulit dalam penentuan bobot setiap kriteria. Metode AHP ternyata memiliki beberapa kelemahan, antara lain penilaian yang subyektif, rasio perbandingan yang tidak seimbang, sehingga sulit menentukan keputusan, dan kurang sesuai standar pendekatan prioritas *eigen value*.

Cara untuk mengatasi kelemahan AHP tersebut adalah pemakaian metode pembobotan yang merupakan pendekatan *fuzzy* yang diperluas dan diintegrasikan dengan AHP yang disebut *Fuzzy AHP*. Pada *Fuzzy AHP* yang dikembangkan oleh Chang (1996) [9], menyebutkan penilaian (preferensi) pengambil keputusan yang mengandung sifat tidak pasti atau *uncertainty* ini dimodelkan dengan menggunakan logika *fuzzy*. Skala dalam bentuk variabel linguistik dalam AHP konvensional yang dilakukan oleh Saaty (1991) bernilai 1-9, dikonversikan ke dalam bentuk *fuzzy* menggunakan *Triangular Fuzzy Number (TFN)* atau fungsi keanggotaan segitiga. Dalam penentuan bobot elemen - elemen digunakan operasi aritmetik untuk TFN atau dapat pula menggunakan *Trapezoidal Fuzzy Number*.

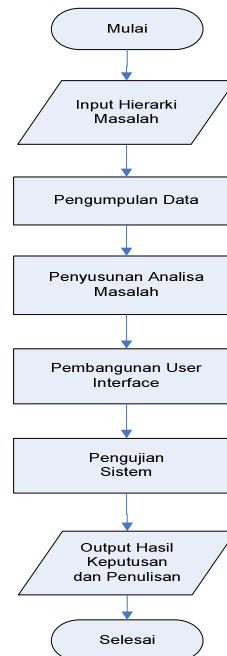
Dari tinjauan beberapa tulisan diatas, maka diputuskan metode yang digunakan pada penelitian sistem pendukung keputusan untuk penentuan lokasi BTS PT. Smartfren ini menggunakan metode *Fuzzy AHP*.

Tujuan penelitian ini adalah membangun sistem pendukung keputusan untuk penentuan lokasi BTS dengan menggunakan metode *Fuzzy AHP* dengan kriteria dan subkriteria tertentu, sehingga dapat diperoleh lokasi penempatan BTS yang terbaik pada desa atau kelurahan di Kabupaten Badung, Denpasar, Gianyar, dan Tabanan.

Hasil perhitungan untuk penentuan lokasi BTS menggunakan *Fuzzy AHP* akan dibandingkan dengan wawancara pakar yaitu tim RFE dan *project* Smartfren. Dari perbandingan hasil, diperoleh hasil yang sesuai dalam hal penentuan kriteria, dan 3 daerah dengan peringkat yang tertinggi untuk lokasi BTS, serta layak untuk dibangun BTS di daerah tersebut. Sehingga hasil perhitungan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya di lapangan.

III. METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy AHP* dan *interface* menggunakan Visual Basic dan MySQL. Dan langkah – langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Proses Penelitian

Tahap pengumpulan data menggunakan beberapa proses, yaitu:

1. Survey / Observasi

Dengan mencari informasi tentang sebuah proses dalam penentuan lokasi BTS pada operator telekomunikasi terutama di Indonesia dan kriteria - kriteria yang umum digunakan dalam pengambilan keputusan.

2. Wawancara

Melakukan wawancara terhadap pihak yang terkait dalam kebijakan penentuan lokasi BTS.

Pada kasus penentuan lokasi BTS di PT Smartfren ini menggunakan kriteria (a) *received signal*, (b) *neighborlist*, (c) *tower availability*, (d) *sales request*, (e) *BTS other operator*.

Kriteria (a) *received signal* menggunakan data signal Smartfren di suatu daerah yang diperoleh dari hasil *Drive test* team RFE Smartfren. Kriteria ini menggunakan subkriteria sinyal EVDO, LTE, dan juga tingkat stabilitas sinyalnya.

Kriteria (b) *neighborlist* menggunakan data BTS Smartfren yang sudah ada di suatu daerah untuk dibandingkan dengan menggunakan subkriteria jumlah BTS tetangga, jarak antar BTS, dan luas daerah.

Kriteria (c) *tower availability* menunjukkan data titik-titik tower provider yang ada di suatu daerah. Subkriteria yang digunakan adalah pemilik dari tower tersebut yaitu PT. BTS, PT. IBS, dan Protelindo.

Kriteria (d) *sales request* menggunakan data *sales* PT. Smartfren dan menggunakan subkriteria *market demand*, *sales progress*, dan *access level*.

Kriteria (e) *BTS other operator* menggunakan data BTS beberapa operator telekomunikasi di suatu daerah. Kriteria ini

menggunakan subkriteria operator pemilik BTS tersebut yaitu Telkomsel, Three, dan XL.

Langkah – langkah proses perhitungan *Fuzzy AHP* adalah :

1. Pembobotan kriteria. Dalam proses pembobotan kriteria ini diatur bobot antar kriteria di mana terdapat lima kriteria yang digunakan yang ditunjukkan Tabel I. K1 menunjukkan kriteria 1, dan seterusnya. Nilai bobot yang digunakan mengacu pada skala nilai fuzzy segitiga.

TABEL I
PEMBOBOTAN KRITERIA

	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	3	3	3	5
K2	3	1	3	5	4
K3	3	3	1	4	3
K4	3	5	4	1	5
K5	5	4	3	5	1

2. Perbandingan maktriks berpasangan kriteria F-AHP dan perhitungan jumlah baris setiap kolom ditunjukkan pada Tabel II. Nilai *l, m, u* diperoleh dari nilai fuzzy segitiga Chang (TFN dan kebalikannya).

TABEL II
PERBANDINGAN MATRIKS BERPASANGAN (1)

	K1			K2			K3			K4			K5			
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	
K1	1	1	1	½	2/3	1	1	1	3/2	2	1	3/2	2	1/3	2/5	1/2
K2	1	3/2	2	1	1	1	1	3/2	2	2	5/2	3	2/5	1/2	2/3	
K3	1/2	2/3	1	1/2	2/3	1	1	1	1	3/2	2	5/2	1/2	2/3	1	
K4	1/2	2/3	1	1/3	2/5	½	2/5	1/2	2/3	1	1	1	1/3	2/5	1/2	
K5	2	5/2	3	3/2	2	5/2	1	3/2	2	2	5/2	3	1	1	1	

Tabel III menunjukkan jumlah baris dan kolom dari masing-masing nilai fuzzy segitiga yaitu *l, m, u*.

TABEL III
PERBANDINGAN MATRIKS BERPASANGAN (2)
Jumlah Baris

	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K1	3,83	5,07	6,50
K2	5,40	7,00	8,67
K3	4,00	5,00	6,50
K4	2,57	2,97	3,67
K5	7,50	9,50	11,50
Jumlah Kolom	23,30	29,53	36,83

3. Menentukan Nilai sintesis *Fuzzy (Si)* prioritas.

$$Si = \sum_{j=1}^m M_i^j \times \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana

$$\sum_{j=1}^m M_i^j = \sum_{j=1}^m lj, \sum_{j=1}^m mj, \sum_{j=1}^m uj \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n ui, \sum_{j=1}^m mi, M_i^j uj} \dots \dots \dots (3)$$

$$SK1 = (3.83, 5.07, 6.50) \times (\frac{1}{36,83}, \frac{1}{29,53}, \frac{1}{23.30}) = (0.104, 0.172, 0.279)$$

$$SK2 = (5.40, 7, 8.67) \times (\frac{1}{36,83}, \frac{1}{29,53}, \frac{1}{23.30}) = (0.147, 0.237, 0.372)$$

$$SK3 = (4, 5, 6.50) \times (\frac{1}{36,83}, \frac{1}{29,53}, \frac{1}{23.30}) = (0.109, 0.169, 0.279)$$

$$SK4 = (2.57, 2.97, 3.67) \times (\frac{1}{36,83}, \frac{1}{29,53}, \frac{1}{23.30}) = (0.070, 0.100, 0.157)$$

$$SK5 = (7.50, 9.50, 11.50) \times (\frac{1}{36,83}, \frac{1}{29,53}, \frac{1}{23.30}) = (0.204, 0.322, 0.494)$$

Sehingga diperoleh nilai vektor (VSK_{*i*}) kriteria seperti pada Tabel IV berikut:

TABEL IV
DAFTAR PENELITIAN

	Si		
	<i>l</i>	<i>M</i>	<i>u</i>
VSK1	0,104	0,172	0,279
VSK2	0,147	0,237	0,372
VSK3	0,109	0,169	0,279
VSK4	0,070	0,100	0,157
VSK5	0,204	0,322	0,494

4. Menentukan nilai *vector (V)*, Nilai Ordinat Defuzzifikasi (*d'*), dan Nilai Bobot Vektor (*W'*).

Proses ini menerapkan pendekatan *fuzzy* yaitu fungsi implikasi minimum (*min fuzzy*). Setelah dilakukan perbandingan nilai sintesis *fuzzy*, akan diperoleh nilai ordinat defuzzifikasi (*d'*) yaitu nilai *d'* minimum.

Jika hasil yang diperoleh pada setiap matrik *fuzzy* adalah

$$M_2 \geq M_1 (M_2 = l_2 m_2 u_2) \text{ dan } M_1 = (l_1 m_1 u_1) \dots (4)$$

maka nilai vektor dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup[\min(\mu_{M1}(x), \min(\mu_{M2}(y)))] \dots (5)$$

Atau sama dengan rumus berikut ini:

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \dots \dots \dots (6) \end{cases}$$

Kriteria 1 (K1), nilai vektornya adalah VSK1 ≥ (VSK2, VSK3, VSK4, VSK5), artinya nilai vektor K1 dibandingkan dengan Vektor K2, K3, K4, dan K5.

VSK1 ≥ VSK2 = 1, karena *m2 ≥ m1*

VSK1 ≥ VSK3 = 0.983

Perhitungannya sebagai berikut:

Karena nilai *m1 ≥ m2* dan nilai *u2 ≥ l1*, maka nilai VSK1 ≥ VSK3 adalah:

$$V = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}$$



$$= \frac{0.104-0.279}{(0.169-0.279)-(0.172-0.104) - 0.175} = \frac{-0.175}{(-0.11)-(0.068) - 0.178} = 0.983$$

VSK1 ≥ VSK4 = 0,424

$$V = \frac{l1-u2}{(m2-u2)-(m1-l1)} = \frac{0.104-0.157}{(0.100-0.157)-(0.172-0.104) - 0.053} = \frac{-0.053}{(-0.057)-(0.068) - 0.125} = 0.424$$

VSK1 ≥ VSK5 = 1

Sehingga diperoleh nilai ordinat, d'

d'(VSK1) = min (1, 0.983, 0.424, 1) = **0.424**

Dan nilai d'(VSKi) yang lain, dengan perhitungan terpisah yang tidak ditampilkan dalam jurnal ini diperoleh:

d'(VSK2) = min (0.670, 0.660, 0.068, 1) = **0.068**

d'(VSK3) = min (1, 1, 0.410, 1) = **0.410**

d'(VSK4) = min (1, 1, 1, 1) = **1**

d'(VSK5) = min (0.333, 0.664, 0.329, 0) = **0**

Berdasarkan nilai ordinat K1, K2, K3, K4, dan K5, maka nilai bobot vektor dapat ditentukan sebagai berikut:

W' = (0.424, 0.068, 0.410, 1, 0)

5. Normalisasi bobot vektor *fuzzy* (W), ditunjukkan pada Tabel V.

TABEL V
NORMALISASI BOBOT VEKTOR FUZZY

	W'	Total W'	W lokal
K1	0,424		0,223
K2	0,068		0,036
K3	0,410	1,902	0,216
K4	1,000		0,526
K5	0		0

$$\sum W_{lokal} = 1 \dots\dots\dots (7)$$

Sehingga bobot kriteria (lokal) yang diperoleh

W_{lokal} = (0.223, 0.036, 0.216, 0.526, 0)

6. Perangkingan alternatif dan hasil keputusan. Setelah diperoleh bobot vektor (W), maka akan dibandingkan atau dikalikan dengan nilai data pendukung yang sudah disiapkan, sehingga diperoleh perangkingan lokasi BTS dari peringkat tertinggi ke terendah.

TABEL VI
RENTANG NILAI DATA PENDUKUNG DAN BOBOTNYA

Rentang Nilai	Bobot
≤ 64	1
65 – 69	2
70 – 74	3
75 – 79	4
80 – 84	5
85 – 89	6
90 – 94	7
95 – 99	8
100	9

Data pendukung atau nilai BTS yang sudah disiapkan, dikelompokkan dengan range nilai tertentu, dan ditunjukkan dengan Tabel VI dan Tabel VII. Dimana K1 merupakan kriteria 1 yaitu *sales request*, K2 adalah *tower availability*, K3 adalah *BTS other operator*, K4 adalah *neighbor list*, dan K5 adalah *received signal*.

TABEL VII
NILAI DATA PENDUKUNG

No	Posisi BTS	K1	K2	K3	K4	K5
1	Kerobokan	80	75	70	75	70
2	Dalung	85	80	75	70	70
3	Jimbaran	85	85	85	65	65
4	Pecatu	80	85	75	75	70
5	Tanjung Benoa	85	80	75	70	70
6	Sidakarya	80	70	75	80	75
7	Darmasaba	75	70	70	80	75
8	Abiansemal	70	70	70	80	80
9	Padangsambian Kaja	85	75	75	75	65
10	Penatih	80	65	70	75	70

Dari proses perhitungan *Fuzzy* AHP kriteria, telah diperoleh bobot lokal (W_{lokal}) yang akan dikalikan dengan bobot nilai data pendukung setiap kriteria atau alternatif. Hasil perhitungan dan perangkingan ditampilkan pada Tabel VIII berikut ini:

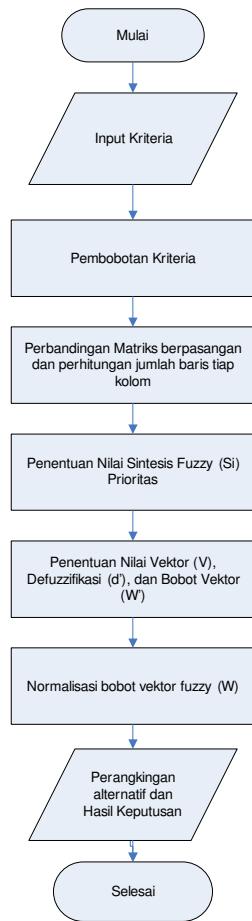
TABEL VIII
HASIL PERHITUNGAN DAN PERANGKINGAN

No	Nama Daerah	K1	K2	K3	K4	K5	Total
		0.223	0.036	0.216	0.526	0	
1	Kerobokan	1.115	0.144	0.648	2.104	0.000	4.011
2	Dalung	1.338	0.180	0.864	1.578	0.000	3.960
3	Jimbaran	1.338	0.216	1.296	1.052	0.000	3.902
4	Pecatu	1.115	0.216	0.864	2.104	0.000	4.299
5	Tanjung Benoa	1.338	0.180	0.648	1.578	0.000	3.744
6	Sidakarya	1.115	0.108	1.080	2.630	0.000	4.933
7	Darmasaba	0.892	0.108	1.080	2.630	0.000	4.710
8	Abiansemal	0.669	0.108	1.080	2.630	0.000	4.487
9	Padangsambian Kaja	1.338	0.144	0.864	2.104	0.000	4.450
10	Penatih	1.115	0.072	0.864	2.104	0.000	4.155

Untuk gambar *flowchart* dari proses perhitungan *fuzzy* AHP ditunjukkan pada Gambar 2.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perhitungan penentuan lokasi BTS dengan menggunakan metode *Fuzzy* AHP, adalah diperoleh urutan peringkat lokasi terbaik untuk pembangunan BTS baru PT. Smartfren. Adapun hasilnya adalah urutan peringkat nama daerah atau desa di 4 kabupaten Badung, Denpasar, Gianyar, dan Tabanan.



Gambar 2: Proses Perhitungan Fuzzy AHP

Tahap-tahap dalam pembahasan hasil penentuan lokasi BTS PT. Smartfren menggunakan metode Fuzzy AHP adalah:

- Analisa hasil pengujian sistem fuzzy AHP
- Analisa hasil pengujian sistem dibandingkan dengan penilaian atau wawancara pakar
- Analisa hasil pengujian sistem secara keseluruhan.

1. Analisa Hasil Pengujian Sistem Fuzzy AHP.

Pada proses pengujian ini, ada 3 tahap utama yang harus dilalui, yaitu:

- a. Login dan pengaturan sistem.
- b. Input nilai data pendukung dan simulasi sistem.
- c. Hasil urutan peringkat nama daerah pada setiap kabupaten.

Penjelasan dari masing-masing tahap adalah:

a. Login dan pengaturan sistem.

Untuk dapat menjalankan sistem, pengguna harus login terlebih dahulu. Ada 2 tipe login yang disediakan yaitu :

- Admin (*administrator*)
User ini dapat melakukan proses-proses sebagai berikut:
 - Menambah atau menghapus user admin.

- Menambah atau mengurangi nama kabupaten dan nama lokasi atau desa.
- Mengubah atau menetapkan nilai linguistik untuk perhitungan bobot menggunakan metode Fuzzy AHP.
- Menentukan dan mengatur jumlah kriteria dan subkriteria.

- Pegawai User ini dapat melakukan proses-proses sebagai berikut:

- Menambah atau menghapus user dengan tipe pegawai.
- Memasukkan atau mengubah bobot nilai dari masing-masing subkriteria.
- Menampilkan proses dan hasil perhitungan bobot atau nilai terbaik untuk penentuan lokasi BTS dari masing-masing kabupaten dengan metode Fuzzy AHP.

b. Input nilai data pendukung dan simulasi sistem.

Untuk pemberian bobot pada masing-masing subkriteria, sudah disiapkan nilai data pendukung. Nilai ini diperoleh dari skala nilai yang sebenarnya dari subkriteria tersebut. Contoh data pendukung adalah ditunjukkan pada Tabel IX.

TABEL IX
DATA PENDUKUNG KEKUATAN SINYAL

Daerah	Rx Power EVDO	Value	Rx Power 4G LTE	Value	Stability	Value
Dangin Puri	-51.25	5	-53.25	5	Very Good	4
Sidakarya	-66.91	6	-61.58	6	Good	5
Sanur	-62.91	6	-72.25	7	Good	5
Pemogan	-63.58	6	-67.58	6	Good	5
Pemecutan Kelod	-62.91	6	-60.25	6	Good	5
Padang Sambian	-73.25	7	-78.25	7	Good	5
Renon	-70.91	7	-74.25	7	Good	5
Sumerta	-60.25	6	-63.91	6	Good	5
Kesiman Kertalangu	-58.25	5	-61.25	6	Average	6
Tonja	-67.58	6	-70.25	7	Good	5

Nilai bobot diberikan untuk nilai Rx Power adalah:

- Very good → Nilai Rx ≥ 50 dBm → Bobotnya adalah 4.
- Good → 50 > Nilai Rx ≥ 60 dBm → Bobotnya adalah 5.
- Medium → 60 > Nilai Rx ≥ 70 dBm → Bobotnya adalah 6.
- Poor → 70 > Nilai Rx ≥ 80 dBm → Bobotnya adalah 7.



- *Very poor* → 80 dBm > Rx Nilai → Bobotnya adalah 8.

Sedangkan nilai stabilitas sinyal (*stability*) dibagi menjadi :

- *Very good* dengan nilai bobot 4
- *Good* dengan nilai bobot 5
- *Average* dengan nilai bobot 6
- *Poor* dengan nilai bobot 7.

Data pendukung untuk kriteria yang lain yaitu BTS tetangga, ketersediaan tower, permintaan *sales* dan BTS operator lain juga sudah disiapkan, namun tidak ditampilkan dalam penulisan jurnal ini.

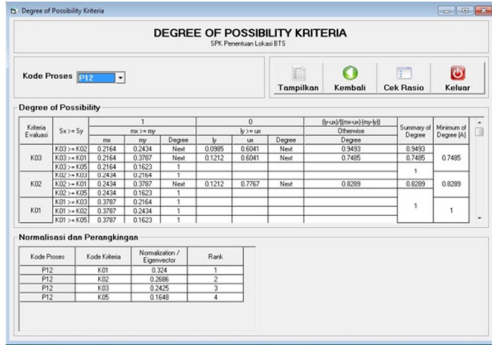
Kemudian tahap selanjutnya adalah pengujian atau simulasi sistem, dengan langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Penentuan kriteria
- Pengisian bobot dari perbandingan masing-masing kriteria dengan variabel *linguistic* yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3: Pengisian Bobot Kriteria

- Perhitungan bobot *fuzzy synthetic extent* kriteria dan *degree of possibility* kriteria, ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4: Degree of Possibility Criteria

- Pengecekan rasio konsistensi kriteria, apakah sudah konsisten atau belum (nilai ≤ 0.10), dan jika belum harus dirubah (*Revising*), yang ditunjukkan pada Gambar 5.

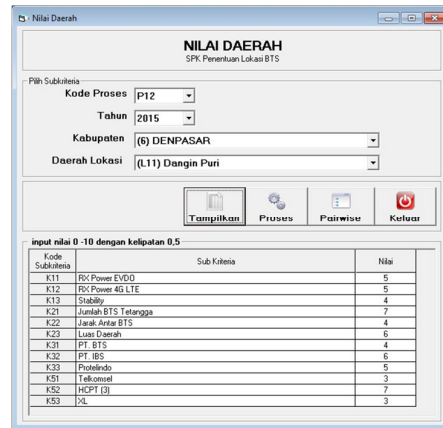


Gambar 5: Cek Rasio Konsistensi

- Dan lakukan proses dan langkah-langkah yang sama untuk perbandingan subkriteria. Sehingga diperoleh perbandingan pembobotan dari masing-masing kriteria dan subkriteria.

Setelah diperoleh bobot antar kriteria dan subkriteria, maka tahap selanjutnya adalah:

- Memasukkan nilai untuk masing-masing subkriteria dengan data pendukung yang telah disiapkan sebelumnya. Pengisian nilai adalah per nama daerah atau lokasi yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6: Input Nilai per Daerah

- Setelah nilai semua daerah dimasukkan, maka dilanjutkan dengan proses perhitungan *fuzzy Synthetic Extents*, dan *Degree of possibility* dari masing-masing subkriteria, kabupaten, tahun, dan kode proses yang digunakan, sehingga diperoleh hasil perangkaian masing-masing subkriteria pada seluruh kabupaten, yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Gambar 7: Hasil Perangkingan Kekuatan Sinyal di Denpasar

- Untuk hasil perangkingan nilai tertinggi dari masing-masing subkriteria di Denpasar, dapat dilihat pada Tabel X.

TABEL X
HASIL PERANGKINGAN SUBKRITERIA DI DENPASAR

Sub kriteria	Detail Subkriteria	Nilai	Nama Daerah
K11	Kekuatan sinyal EVDO	0.1314	Renon, Padang Sambian
K12	Kekuatan sinyal 4G LTE	0.1215	Tonja, Renon, Padang Sambian, Sanur
K13	Stabilitas Sinyal	0.1381	Kesiman Kertalangu
K21	Jumlah BTS Tetangga	0.1413	Tonja
K22	Jarak antar BTS	0.1638	Tonja
K23	Luas Daerah	0.1326	Pemecutan Kelod, Sanur
K31	Jumlah Tower PT.BTS	0.1223	Sumerta, Renon, Pemecutan Kelod, Sidakarya
K22	Jumlah Tower PT.IBS	0.1388	Sanur
K23	Jumlah Tower PT.Protelindo	0.1382	Pemecutan Kelod, Pemogan
K51	Jumlah BTS Telkomsel	0.177	Pemecutan Kelod
K52	Jumlah BTS 3	0.1317	Renon, Padang sambian, Pemecutan Kelod, Sanur, Dangin Puri
K53	Jumlah BTS XL	0.177	Pemecutan Kelod

- c. Hasil akhir perangkingan nilai daerah lokasi untuk penempatan BTS di Denpasar, ditunjukkan pada Tabel XI.

TABEL XI
HASIL PERANGKINGAN NAMA DAERAH DI DENPASAR

No	Daerah	Nilai Normalisasi	Rangking
1	Sanur	0.2475	1
2	Pemogan	0.2379	2
3	Sidakarya	0.2365	3
4	Renon	0.236	4
5	Padang Sambian	0.2259	5
6	Tonja	0.2102	6
7	Sumerta	0.1939	7
8	Kesiman Kertalangu	0.1794	8
9	Dangin Puri	0.1622	9
10	Pemecutan Kelod	0.1538	10

- 2. Analisa Hasil Pengujian Sistem dibandingkan dengan penilaian atau wawancara pakar

Setelah diperoleh lokasi terbaik untuk penempatan BTS dari hasil perhitungan, maka perlu juga dicek apakah hasil yang diperoleh sudah benar dan memang merupakan hasil yang terbaik. Dalam hal ini akan dibandingkan dengan hasil wawancara pakar. Pakar dalam hal penentuan lokasi BTS adalah tim *Radio Frequency Engineer (RFE)* dari Smartfren, yang memiliki tanggung jawab mengecek kualitas layanan sinyal, tim *project* yang memiliki tugas memperluas jaringan, dan tim *sales* yang bertugas memasarkan produk Smartfren. Dari ketiga tim pakar di atas, bisa mengetahui daerah mana yang baik untuk dibangun BTS, dan juga kriteria yang harus diperhatikan dalam penentuan lokasi BTS.

Dari hasil wawancara dengan tim RFE, diperoleh hasil penentuan kriteria dan lokasi daerah yang terbaik untuk penentuan BTS. Lokasi penempatan BTS berdasarkan hasil wawancara pakar dapat dilihat pada Tabel XII.

Untuk kriteria yang harus diperhatikan menurut team RFE antara lain :

- Topologi daerah
- BTS Smartfren yang sudah ada (*existing*), sehingga dapat dilihat *neighbor list* di daerah tersebut
- Penerimaan sinyal Smartfren di daerah tersebut

Untuk kriteria yang harus diperhatikan menurut tim *project* antara lain :

- BTS Smartfren yang sudah tersedia di daerah tersebut
- Tower *provider* yang tersedia di daerah tersebut
- Jumlah operator lain yang sudah ada di daerah tersebut

Untuk kriteria yang harus diperhatikan menurut tim *sales* adalah:

- Proses penjualan dan promosi Smartfren di daerah tersebut.
- Target *marketing* Smartfren pada daerah dengan *revenue* atau pendapatan yang lebih tinggi.



TABEL XII
LOKASI BTS HASIL WAWANCARA PAKAR

LOKASI DAERAH	PAKA R 1	PAKA R 2	PAKA R 3	PAKA R 4
DENPASAR				
1. Dangin Puri				
2. Sidakarya	√	√	√	√
3. Sanur	√	√	√	√
4. Pemogan				
5. Pemecutan Kelod				
6. Padang Sambian				
7. Renon	√	√	√	√
8. Sumerta		√		
9. Kesiman Kertalangu				
10. Tonja				
BADUNG				
1. Seminyak	√	√	√	√
2. Benoa		√		
3. Pecatu		√		
4. Unggasan				
5. Jimbaran	√	√	√	√
6. Mengwitani				
7. Kapal	√	√	√	√
8. Kuta		√		
9. Dalung		√		
10. Angantaka				
TABANAN				
1. Kediri	√	√	√	√
2. Abiantuwung				
3. Delod Peken		√	√	√
4. Antosari	√			
5. Antap				
6. Candi Kuning	√	√	√	√
7. Baturiti		√		
8. Penebel				
9. Belimbing				
10. Pupuan		√		
GIANYAR				
1. Gianyar				√
2. Sukawati	√	√	√	√
3. Ubud	√	√	√	
4. Kedewatan	√	√	√	√
5. Tegalalang				
6. Tampaksiring		√		
7. Sebatu				
8. Singakerta				
9. Batubulan				
10. Keramas				

Dari hasil wawancara pakar diperoleh hasil 3 lokasi terbaik untuk penempatan BTS di 4 kabupaten Denpasar, Badung, Gianyar, dan Tabanan adalah :

- Denpasar (Sidakarya, Sanur, Renon)
- Badung (Seminyak, Jimbaran, Kapal)
- Gianyar (Sukawati, Ubud, Kedewatan)
- Tabanan (Kediri, Delod Peken, Candi kuning).

Identitas pakar yang diwawancarai adalah sebagai berikut:

- Pakar 1 adalah I Wayan Semara Putra dengan jabatan sebagai *Project Engineer* Smartfren.
- Pakar 2 adalah Ni Ketut Titin Sariani dengan jabatan sebagai RNO Engineer PT GCI (subcon Smartfren).
- Pakar 3 adalah I Made Restha Juliarthana dengan jabatan sebagai RF Engineer Smartfren.
- Pakar 4 adalah Ni Luh Komang Arie Pramita dengan jabatan sebagai RF Engineer Smartfren.

3. Analisa Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Dari pengujian aplikasi ini, hasil secara keseluruhan dapat diperoleh lokasi atau daerah terbaik untuk penempatan BTS di 4 kabupaten yaitu Denpasar, Badung, Gianyar dan Tabanan dengan menggunakan 4 kriteria. Bahkan pengguna juga bisa melihat bobot atau nilai terbaik per subkriteria di masing-masing kabupaten. Bobot akhir tertinggi pada masing-masing kabupaten adalah Sanur untuk Kotamadya Denpasar, Kapal untuk Kabupaten Badung, Tampaksiring untuk Kabupaten Gianyar, dan Delod Peken untuk Kabupaten Tabanan.

Selain dari hasil perhitungan, untuk penentuan lokasi BTS juga sudah dibandingkan dengan wawancara pakar yaitu tim RFE, *project*, dan *sales* Smartfren. Dari perbandingan diperoleh hasil yang sesuai dalam hal penentuan kriteria, dan 3 daerah dengan peringkat yang tertinggi untuk lokasi BTS, serta layak untuk dibangun BTS di daerah tersebut.

Hasil pengujian sistem ini dapat memberikan gambaran dan membantu pengguna dalam menentukan lokasi terbaik untuk membangun BTS PT. Smartfren dengan kriteria dan subkriteria yang diinginkan. Sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan pelanggan di daerah tersebut sesuai dengan yang diharapkan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode *Fuzzy AHP* dan *interface* Visual Basic–MySQL dapat digunakan untuk membangun sebuah sistem pengambilan keputusan untuk penentuan daerah atau lokasi terbaik untuk BTS PT. Smartfren di masing-masing kabupaten dengan menggunakan kriteria *received signal*, *neighborlist*, *tower availability*, dan *BTS other operator*.

Hasil perhitungan juga sudah dibandingkan dengan hasil wawancara pakar atau *expert judgement*. Sehingga hasil yang diperoleh sudah sesuai dengan kondisi yang sebenarnya di lapangan. Diperoleh hasil untuk lokasi terbaik penempatan BTS adalah daerah Sanur untuk Kotamadya Denpasar, Seminyak untuk Kabupaten Badung, Tampaksiring untuk Kabupaten Gianyar, dan Delod Peken untuk Kabupaten Tabanan. Perhitungan dengan SPK untuk penentuan lokasi BTS menggunakan metode *Fuzzy AHP* juga memiliki

keunggulan, dimana kriteria dan subkriteria bersifat dinamis, bisa ditentukan dan diubah oleh pengguna, termasuk bobot antar kriteria dan subkriteria tanpa mengubah sistem, sehingga lebih sesuai dengan keinginan dan kepentingan dari pengguna.

REFERENSI

- [1] Ismail, Nanang, Maharoni, Innel Lindra. 2015. Analisis Perencanaan Pembangunan BTS (Base Tranceiver System) Berdasarkan Faktor Kelengkungan Bumi dan Daerah Fresnel di Regional Project Sumatera Bagian Selatan. ISSN 1979-8911
- [2] Christine, Lucyana Angel, dan Mauludiyanto, Ahmad. 2015. Sistem Pendukung Keputusan Perencanaan Penempatan Lokasi Potensial Menara Baru Bersama Telekomunikasi Seluler di Daerah Sidoarjo Menggunakan Metode *Simple Additive Weighting (SAW)*. Jurnal Teknik ITS Vol. 4, No.1. ISSN : 2337-3539.
- [3] Widyatmoko, dan Mauludiyanto, Ahmad. 2015. Perencanaan Jumlah dan Lokasi Menara Base Transceiver Station (BTS) Baru pada Telekomunikasi Seluler di Kabupaten Lumajang Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process-TOPSIS (AHP-TOPSIS). Jurnal Teknik ITS Vol. 4, No.1. ISSN : 2337-3539.
- [4] Ulfa, Ariyasti, Fitriasia, Yuli, Lulu, Yohana Dewi. Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Lokasi BTS menggunakan metode Promethee. Program Studi Teknik Informatika Multimedia, Jurusan Komputer, Politeknik Caltex Riau
- [5] Fermanta, M. A., Suyadnya, I M. A., Wirastuti, N. M. A. E. D. 2016. Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Tenaga Kerja Berbasis Web Menggunakan Metode *Simple Additive Weighting* Pada PT. Solusi Lintas Data Cabang Bali. Teknologi Elektro, Vol. 15, No. 2. Juli – Desember 2016
- [6] Ariasih, Ni Kadek, Bayupati, I P. A., Darma Putra, I K. G.. 2015. Sistem Pendukung Keputusan SPK untuk pemilihan lokasi TPA sampah menggunakan metode Min_Max Inference Fuzzy. Jurnal Teknologi Elektro. Vol. 14, No. 1. Januari – Juni 2015.
- [7] Virgunzena, B. A., Sudiarta, P. K., Suyadnya, I M. A.. 2014. Rancang Bangun Aplikasi Pemetaan *Coverage Area* Berbasis *Web Responsive* Sebagai Alat Simulasi Perencanaan Pembangunan Tower Telekomunikasi. Jurnal Teknologi Elektro. Vol. 13, No. 2. Juli – Desember 2014.
- [8] Saaty, T.L.. 1990. *How To Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process*. European Journal of Operational Research 48: 9-26.
- [9] Chang, D. Y.. 1996. *Application of the Extent Analyst Method on Fuzzy AHP*. European Journal of Operational Research 95, 649-655.

