

Pengaruh Neighbouring Cell terhadap Pengambilan Keputusan Handover Berdasarkan Fuzzy pada Jaringan WCDMA

Akbar Nur¹, Aisah², Mochammad Junus³

^{1,2,3}Jaringan Telekomunikasi Digital, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Email : akbarnur96@gmail.com¹

Abstrak

Pada pengalihan kanal (*handover*) dari suatu *Base Station* satu ke *Base Station* yang lain. Tujuan, dari tugas akhir ini, menganalisis mengenai pengaruh *neighbouring cell* terhadap keputusan *handover* pada jaringan WCDMA berdasarkan *fuzzy*, pada proses *handover* ini, keputusan *handover* menggunakan beberapa parameter yang terkait dengan *handover* serta didukung dengan logika *fuzzy*. Sedangkan WCDMA (*Wideband Coded Division Multiple Access*) adalah suatu teknik *multiple access* yang menggunakan spektrum tersebar yang digunakan sebagai *air interface* pada UMTS (*universal mobile telecommunication service* *Mobilitas pengguna yang relatif tinggi*). *Mobilitas* pengguna yang relatif tinggi menuntut adanya jaminan sampai dengan penggunaan layanan berakhir, dampak dari *mobilitas* pengguna tersebut berakibat output yang dianalisa keputusan *handover* ini dapat membantu memberikan pertimbangan akan keputusan *handover* yang optimal Metode yang digunakan yakni logika fuzzy Tsukamoto, untuk pengambilan keputusan, Sedangkan metode pengukuran dilapangan dilakukan dengan metode *drive test* yaitu dengan melakukan pengukuran level sinyal disekitar area *base station*, serta membandingkan hasil dari kedua metode tersebut. Perbandingan keputusan *handover* antara hasil logika fuzzy dan pengukuran, sebagai contoh unuk hasil no proper pada logika *fuzzy*, menghasilkan nilai rate pada pengukuran 0% untuk *soft handover* dan 100% untuk *hard handover*, dan untuk hasil proper pada logika fuzzy, menghasilkan nilai *rate* pada pengukuran 95.22% untuk *soft/softer handover* dan 4.72% untuk *hard handover*.

Kata kunci : WCDMA, Handover, neighbouring cell, Fuzzy, Drive Test.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wideband coded division multiple access (WCDMA) adalah suatu teknik *multiple access* yang menggunakan spektrum tersebar yang digunakan sebagai *air interface* pada *universal mobile telecommunication service* (UMTS), teknologi komunikasi seluler yang berkembang sangat pesat berdampak pada layanan yang dapat dilayani tidak hanya layanan suara (*voice*), tetapi juga untuk layanan video dan data dengan tingkat *mobilitas* yang tinggi.

Mobilitas pengguna yang relatif tinggi menuntut adanya jaminan sampai dengan penggunaan layanan berakhir, dampak dari *mobilitas* pengguna tersebut berakibat pada pengalihan kanal (*handover*) dari suatu *base station* satu ke *base station* yang lain.

Tepat atau tidaknya mekanisme suatu *handover* menjadi permasalahan pada perubahan kualitas daya terima jaringan seluler yang dinamis, keragaman pergerakan *user* menjadi bahan pertimbangan perlunya perancangan jaringan yang menunjang *mobilitas* yang tinggi, baik dengan menentukan parameter *handover* maupun parameter *neighbouring cell* agar tidak terjadi *Handover Failure* yang dapat berakibat kegagalan dalam berkomunikasi.

Oleh karena itu pada tugas akhir ini disimulasikan dan dianalisis mengenai pengaruh *neighbouring* sel terhadap keputusan *handover* pada jaringan wcdma berdasarkan *fuzzy*, mengapa *fuzzy*, bila dibandingkan dengan logika konvensional, kelebihan logika fuzzy adalah kemampuannya dalam proses penalaran secara bahasa sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan

matematik yang rumit, serta mudah dimengerti, dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman – pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. [T.Sutujo,dkk:2011:212] pada proses *handover* ini, keputusan *handover* menggunakan beberapa parameter yang terkait dengan *handover* serta didukung dengan logika fuzzy. Sedangkan *output* yang dianalisa adalah keputusan *handover* menggunakan fuzzy dibandingkan dengan pengukuran secara real, diharapkan dengan adanya analisis terhadap keputusan *handover* ini dapat membantu memberikan pertimbangan akan keputusan *handover* yang optimal

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengidentifikasi pengambilan keputusan *handover* pada setiap node b menggunakan metode *fuzzy tsukamoto*.
2. Bagaimana hasil pengujian parameter-parameter sel serving dan sel tetangga untuk proses *handover*.
3. Bagaimana performa nilai threshold sel serving dan sel tetangga untuk melakukan *handover*.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian adalah:

1. Mengetahui cara mengidentifikasi pengambilan keputusan *handover* pada setiap node b menggunakan metode fuzzy.
2. Menganalisa dan memproses data parameter sel serving dan sel tetangga untuk proses *handover*.

- Mengetahui apakah nilai threshold sel serving dan sel tetangga sudah mencapai nilai optimum untuk melakukan handover.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Handover

Handover adalah proses pengalihan kanal trafik secara otomatis pada MS yang sedang digunakan untuk berkomunikasi tanpa terjadinya pemutusan hubungan, hal ini menjelaskan bahwa handover pada dasarnya adalah sebuah koneksi yang bergerak dari satu sel ke sel lainnya. Proses ini memerlukan alat pendeteksi untuk mengubah status *dedicated node* (persiapan *handover*) dan alat untuk menswitch komunikasi yang sedang berlangsung dari suatu kanal pada sel tertentu ke kanal yang lain pada sel yang lain. Keputusan untuk sebuah *handover* dibuat oleh BSC, yaitu dengan mengevaluasi secara permanent pengukuran yang diambil oleh BTS dan MS. Pengukuran rata-rata oleh BSC dibandingkan dengan nilai-nilai ambang batas (*threshold*); jika P_x melebihi nilai *threshold* maka dimulai proses *handover* dengan mencari sebuah sel target yang sesuai.

2.2. Neighbour cell

Neighbour cell adalah *list cell* BTS yang menjadi tetangga dari suatu *cell* BTS tertentu dan menjadi target proses *handover*. *Neighbour list* dikirimkan melalui BCCCH ke Mobile Station, dimana diinformasikan list-list *cell* BTS apa saja yang menjadi neighbournya. Apakah yang terjadi apabila neighbour ini tidak ada, maka *Mobile Station* tidak akan bisa melakukan perpindahan (*Mobility*) dari satu *cell* BTS ke *cell* BTS yang lain dan akhirnya akan mengakibatkan *Drop Call* (Panggilan terputus). Karena pentingnya fungsi neighbour ini maka perlu dilakukan audit neighbour secara periodik terutama apabila banyak penambahan BTS baru, karena besar kemungkinan terjadi missing *neighbour* [akhmad:2007].

2.3 Logika Fuzzy Tsukamoto

Logika Fuzzy Tsukamoto adalah peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Saat logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran. Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk *linguistik*, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Logika ini berhubungan dengan set fuzzy dan teori kemungkinan.

Secara umum bentuk model fuzzy Tsukamoto adalah $If (X \text{ IS } A) \text{ and } (Y \text{ IS } B) \text{ Then } (Z \text{ IS } C)$, dalam inferensinya, metode Tsukamoto menggunakan tahapan berikut, yakni, fuzzifikasi, pembentukan rule, menggunakan fungsi implikasi MIN pada tiap – tiap

rule dan untuk defuzzifikasi menggunakan metode rata – rata (*average*). [T.Sutojo:2011]

$$Z = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (2.1)$$

2.4 Intensitas Trafik

Intensitas Trafik adalah kemampuan yang diberikan oleh suatu teknologi atau suatu BTS untuk menerima trafik komunikasi yang terjadi, sedangkan kepadatan trafik yaitu tingkat kesibukan suatu komunikasi yang terjadi dengan nilai yang bervariasi, tergantung lingkungannya, intensitas trafik dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A = \frac{V}{T} \quad (2.2)$$

keterangan :

- A : Besarnya intensitas trafik (Erlang)
- V : Volume trafik (menit)
- T : Periode pengamatan(menit)

2.5 Kemampuan Node B

Perhitungan kemampuan *node* b untuk melayani jumlah pelanggan, dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kemampuan Node B} = \frac{\text{Kapasitas 1 Node B}}{\text{Trafik per Pelanggan}} \quad (2.3)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Variabel dan Definisi Operasional

Tabel 3.1 Variabel dan Definisi Operasional

Jenis	Variabel	Definisi Operasional
Variabel Terikat	1. Drive Test 2. Handover 3. Keputusan Handover	1. Drive Test digunakan untuk pengukuran sel <i>servicing</i> dan sel <i>neighbor</i> 2. Handover yang akan diteliti yakni Hard Handover, Soft Handover, Softer handover 3. Keputusan Handover terjadi berdasarkan pemrosesan dan penganalisaan logika fuzzy serta <i>drive test</i>
Variabel Bebas	1. Parameter Drive Test 2. SHO Event Success Rate 3. Logika Fuzzy	1. Parameter yang digunakan dalam penelitian yakni, WCDMA Serving/Active Set + Neighbors, SHO Event Success Rate 2. Tingkat keberhasilan Soft Handover yang mengindikasikan jenis handover yang berhasil diterapkan. 3. Logika Fuzzy yang akan diteliti yaitu logika fuzzy Tsukamoto

3.2 Tahapan Penelitian

4.2.1 Hasil Pengukuran Rata – Rata Sel Serving dan Sel Neighbour

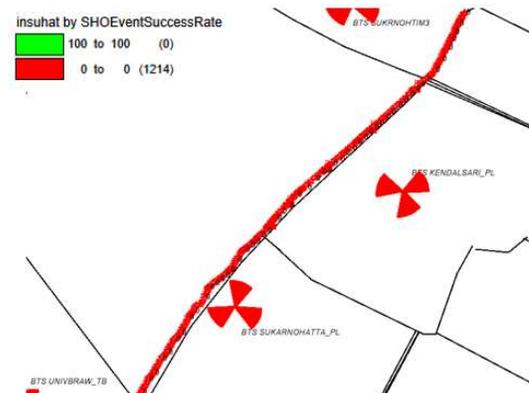
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Sel *Serving* dan Sel *Neighbour*

Nama Site	Serving		Neighbour	
	RSCP (dB)	Ec/No (dB)	RSCP (dB)	Ec/No (dB)
SUKARNOHATTA_PL	-70.02	-8.90	-71.89	-10.32
SUKRNOHTIM3	-74.19	-10.57	-74.38	-10.39
KENDALSARI_PL	-61.22	-7.20	-67.72	-10.50
KALPATARMLG	-68.37	-8.57	-76.15	-11.65
STIEMALAN	-72.73	-10.20	-79.93	-12.97
VINOLIA_MT	-63.08	-7.43	-68.20	-10.88
WELIRANG_TB	-67.30	-11.19	-64.23	-12.84
JOYOGRANDNR_ST	-69.68	-13.28	-72.49	-13.29
UNIVBRAW_TB	-70.42	-13.01	-73.52	-12.62
TNJNGSEKAR	-71.71	-11.76	-71.30	-10.21

Pada tabel 4.2 menjelaskan tentang hasil pengukuran sel *-serving* dan sel *neighbor* berdasarkan drive test nilai tersebut diambil dari nilai rata – rata pada saat dimulai pengukuran sampai pada akhir pengukuran, dimana nilai pada tabel 4.2 menjadi acuan nilai input parameter RSCP dan Ec/No pada proses logika fuzzy. Dari hasil pengukuran, pada tabel tersebut nilai rata – rata *-serving* RSCP dan Ec/No, pada setiap node B mempunyai kecenderungan nilai yang intervalnya tidak terlalu lebar, untuk RSCP nilai yang didapat antara -74 dB sampai dengan -61 dB, untuk Ec/No nilai yang didapat antara -7 dB sampai dengan -13 dB, untuk sel *neighbor* nilai interval RSCP antara -64 dB sampai dengan -79 dB, dan untuk nilai interval Ec/No antara -10 dB sampai dengan -13 dB. Sedangkan pada setiap node B, nilai RSCP tertinggi yakni pada node B KENDALSARI_PL, dengan nilai RSCP -61.22 dB, untuk nilai Ec/No -7.20 dB, dan nilai rata – rata *neighbor* RSCP tertinggi yakni pada *neighbor* node B WELIRANG_TB, dengan nilai RSCP -64.23 dB, untuk nilai rata – rata *neighbor* Ec/No tertinggi yakni pada *neighbor* node B TNJNGSEKAR, dengan nilai Ec/No -10.21 dB.

4.2.2 Pengujian Sel *Serving* dan *Neighbor* Menggunakan Drive Test

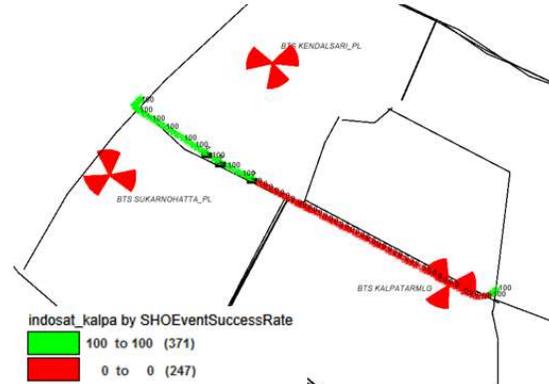
a. SUKARNOHATTA PL



Gambar 4.1 Hasil SHO Successful Rate SUKARNOHATTA_PL

Pada gambar 4.1 menjelaskan tentang SHO *Successful Rate*, berdasarkan pengukuran didapatkan hasil pada node B SUKARNOHATTA_PL dan *neighbor*-nya, yakni node B KENDALSARI_PL dan node B SUKRNHTIM3, dari awal hingga akhir pengukuran mendapatkan hasil 0 % untuk prosentase SHO, yang mengartikan bahwa, node B tidak dapat melakukan *soft handover*.

b. KALPATARMLG



Gambar 4.2 Hasil SHO Successful Rate KALPATARMLG

Pada gambar 5.21 menjelaskan tentang SHO *Successful Rate*, berdasarkan pengukuran didapatkan hasil pada node BKALPATARMLG dan *neighbor*-nya, yakni node B KENDALSARI_PL dan node B SUKARNOHATTA_PL, berdasarkan hasil pengujian mendapatkan hasil 60.03 % untuk prosentase keberhasilan SHO dan untuk prosentase sebesar 39.94 %, yakni prosentase *hard handover*, yang mengartikan bahwa, node B dapat melakukan *soft handover* sebesar 60.03 % dan *hard handover* sebesar 39.94 %.

4.2.3 Hasil Rate Pengujian RSCP dan Ec/No Secara Keseluruhan

Tabel 4.3 Rate RSCP dan Ec/No Secara Keseluruhan

Nama Site	Rate RSCP (%)			Rate Ec/No (%)		
	Baik	Sedang	Buruk	Baik	Sedang	Buruk
SUKARNOHATTA_PL	9.64	90.3	0	47.92	31.3	20.7
SUKRNOHTIM3	4.42	57.9	37.6	16.6	53.4	30
KENDALSARI_PL	40.2	51.1	8.71	42.59	43.8	13.5
KALPATARMLG	35.3	57.1	7.6	50.25	25.8	23.9
STIEMALAN	14.2	68.9	16.5	26.05	57.3	16.6
VINOLIA_MT	35.8	64.2	0	35.1	36.6	28.2
WELIRANG_TB	49.9	39.6	10.4	17.48	74.4	8.14
JOYOGRANDNR_ST	7.47	87.3	5.18	6.21	47.7	46.0
UNIVBRAW_TB	18.53	62.6	18.9	43.96	47.4	8.65

TNNGSEK AR	42.68	43.7	13.6	42.76	45.7	11.5
Rata - Rata	25.81	62.3	11.9	32.89	46.3	20.7

4.2.4 Hasil Rate Pengujian Handover Secara Keseluruhan

Tabel 4.4 Rate Handover Secara Keseluruhan

Nama Site	Rate Handover (%)	
	Soft / Softer	Hard
SUKARNOHATTA_PL	0	100
SUKRNOHTIM3	0	100
KENDALSARI_PL	76.93	23.06
KALPATARMLG	60.03	39.94
STIEMALAN	42.32	57.58
VINOLIA_MT	0	100
WELIRANG_TB	83.36	16.64
JOYOGRANDNR_ST	61.57	38.43
UNIVBRAW_TB	84.98	15.02
TNNGSEKAR	95.22	4.78
Rata - Rata	50.44	49.56

Pada tabel 4.4 menjelaskan tentang hasil rate pengujian *handover* secara keseluruhan pada 10 *node* B, dimana hasil yang didapatkan *rate* tertinggi *soft / softer handover* diperoleh oleh *node* B TNNGSEKAR 95.22%, UNIVBRAW_TB 84.98 % dan WELIRANG_TB 83.36%, untuk *hard handover*, hasil yang didapatkan *rate* tertinggi diperoleh oleh *node* B SUKARNOHATTA_PL, SUKARNOHTIM3, VINOLIA_MT yang mendapatkan *rate* 100%, berdasarkan hasil pada tabel 5.24, untuk rata – rata pengambilan keputusan antara *soft/softer* mendapatkan *rate* 50.44 %, sedangkan untuk keputusan *hard handover* 49.56%

4.2.5. Hasil Pengujian Rate Radius Cell Node B Secara Keseluruhan

Tabel 4.5 Rate Handover Secara Keseluruhan

Area Site	Rate Radius Cell Real Terhadap Perhitungan (%)
SUKARNOHATTA_PL	50.13
SUKRNOHTIM3	57.50
KENDALSARI_PL	52.74
KALPATARMLG	53.09
STIEMALAN	71.83
VINOLIA_MT	45.71
WELIRANG_TB	99.08
JOYOGRANDNR_ST	50.28
UNIVBRAW_TB	51.37
TNNGSEKAR	98.94
Rata - Rata	63.07

4.2 Pembahasan Performa Nilai Threshold

Nilai *threshold* RSCP dan Ec/No untuk *servicing* dan *neighbour*, menurut Heikki Kaaranen (2005:115), *threshold* terbagi atas 2 jenis, yakni *upper threshold* dan *lower threshold*.

Tabel 4.6 Performa Nilai Threshold

Nama Site	Nilai Threshold RSCP (dB)		Nilai Threshold Ec/No (dB)	
	Upper Thresh old	Lower Thresh old	Upper Thresh old	Lower Thresh old
SUKARNOHATTA_PL	-60	-77	-5	-9.5
SUKRNOHTIM3	-53	-78	-4	-13
KENDALSARI_PL	-54	-84	-2	-14
KALPATARMLG	-50	-80	-4	-13
STIEMALAN	-51	-87	-5	-16
VINOLIA_MT	-58	-78	-2	-8.5
WELIRANG_TB	-52	-80	-4	-15.5
JOYOGRANDNR_ST	-60	-80	-6	-15
UNIVBRAW_TB	-54	-87	-4	-15
TNNGSEKAR	-54	-88	-6	-14
Rata - Rata	-54.6	-81.9	-4.2	-13.3

Pada tabel 4.5 menjelaskan tentang, dimana untuk untuk ambang batas atas RSCP terendah diperoleh *node* B SUKARNOHATTA_PL dan JOYOGRANDNR_ST, untuk ambang batas bawah RSCP tertinggi diperoleh *node* B SUKARNOHATTA_PL, SUKARNOHTIM3 dan VINOLIA_MT, untuk ambang batas atas Ec/No tertinggi diperoleh *node* B SUKARNOHATTA_PL dan VINOLIA_MT, untuk ambang batas atas Ec/No tertinggi diperoleh *node* B KENDALSARI_PL, dan VINOLIA_MT, untuk ambang batas bawah Ec/No tertinggi diperoleh *node* B SUKARNOHATTA_PL dan VINOLIA_MT, dengan nilai rata – rata *upper threshold* RSCP mencapai -54.6 dB, rata – rata *lower threshold* RSCP mencapai -81.9 dB, sedangkan nilai rata – rata *upper threshold* Ec/No mencapai -4.2 dB, rata – rata *lower threshold* Ec/No mencapai -13.3 dB

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- Berdasarkan hasil proses pengambilan keputusan *handover* menggunakan logika *fuzzy* Tsukamoto, didapatkan keputusan *handover* pada 3 *node* B yang tidak *handover / no proper* yakni *node* B SUKARNOHATTA_PL, SUKARNOHTIM3 dan VINOLIA_MT, serta 7 *node* B yang *handover / proper*, KENDALSARI_PL, KALPATARMLG, STIEMALAN, WELIRANG_TB, JOYOGRANDNR_ST, UNIVBRAW_TB, TNNGSEKAR

2. Berdasarkan hasil pengujian parameter sel *-serving* dan sel *neighbour*, nilai rata – rata *-serving* RSCP dan E_c/N_o , pada setiap *node* B mempunyai kecenderungan nilai yang intervalnya tidak terlalu lebar, untuk RSCP nilai yang didapat antara -74 dB hingga -61 dB, untuk E_c/N_o nilai yang didapat antara -7 dB hingga -13 dB, untuk sel *neighbour* nilai interval RSCP antara -64 dB hingga -79 dB, dan untuk nilai interval E_c/N_o antara -10 dB hingga -13 dB
3. Berdasarkan hasil pengujian parameter sel *-serving* dan sel *neighbour*, untuk *rate* pengujian RSCP dan E_c/N_o secara keseluruhan pada 10 *node* B, untuk rata – rata *rate* RSCP baik diperoleh 25.81%, sedang diperoleh 62.29%, buruk diperoleh 11.89%, untuk rata – rata *rate* E_c/N_o baik diperoleh 32.89%, sedang diperoleh 46.36%, buruk diperoleh 20.75%.
4. Berdasarkan hasil pengujian parameter sel *-serving* dan sel *neighbour*, untuk radius dibandingkan antara hasil perhitungan dan hasil pengukuran secara real, yakni berada di sekitar *rate* 50% terhadap hasil perhitungan, hanya pada *node* B STIEMALAN, *node* B WELIRANG_TB, *node* B TNJNGSEKAR yang berada pada *rate* diatas 60%, masing – masing mendapatkan *rate* 71.83%, 99.09%, dan 98.94%.
5. Berdasarkan hasil pengujian parameter sel *-serving* dan sel *neighbour*, pada sisi SHO Event Success Rate, didapatkan untuk *rate soft/softer handover* pada 3 *node* B didapatkan 0% yakni pada *node* B SUKARNOHATTA_PL, SUKARNOHTIM3 dan VINOLIA_MT, untuk *rate soft/softer handover* tertinggi diperoleh *node* B, TNJNGSEKAR, UNIVBRAW_TB dan WELIRANG_TB, yang mencapai *rate* lebih dari 80%
6. Berdasarkan hasil pengujian performa nilai *threshold-serving* dan *neighbour* didapatkan nilai rata – rata *upper threshold* RSCP mencapai -54.6 dB, rata – rata *lower threshold* RSCP mencapai -81.9 dB, sedangkan nilai rata – rata *upper threshold* E_c/N_o mencapai -4.2 dB, rata – rata *lower threshold* E_c/N_o mencapai -13.3 dB

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengambilan keputusan *handover* dengan metode kecerdasan buatan ataupun metode – metode pendukung yang berbeda.
2. Dapat dilakukan perencanaan di wilayah lain dengan nilai parameter masukan pada Fuzzy yang berbeda, tidak hanya menggunakan nilai Daya, Jarak dan Trafik user, dapat ditambahkan dengan parameter yang lain atau

dapat juga diganti dengan parameter yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Afterina Wahyu P. (2014), Peramalan Kebutuhan Bandwidth Iub Jaringan UMTS dan HSDPA Menggunakan Fuzzy Inference System dan Time Series. Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang
- Bachtiar, Yudha. (2012), Evaluasi Kinerja Tahapan Handover Pada Pengguna Tunggal Layanan FTP Jaringan Mobile Wimax (IEEE 802.16E). Tugas Akhir Strata I. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang.
- Chevallier, C. (2006). WCDMA UMTS Deployment Handook :Planning and Optimization Aspects. England : JohnWiley and Sons, Ltd.
- Dani Indra Kumara. (2015), Analisa Efek Inter-System Handover (ISHO) Sistem Selular GSM Ke WCDMA. Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung.
- Dianita D.P, Rifqy R.I, Widdia L, Ni Made S, Artika R. (2014) "Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto Untuk Menentukan Kelayakan Calon Penjaga Gawang",
- Eraldo Damosso, (1999) "COST Action 231 Digital Mobile Radio Towards Future Generation Systems", European Commision.
- Ervin Tri Sasongko, (2014), Perencanaan dan Penataan Menara Telekomunikasi Seluler Bersama di Kabupaten Sidoarjo Menggunakan Mapinfo. Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.3
- Holma, H. and Toskala, A (2004). WCDMA for UMTS Radio Access for Third Generation Mobile Communications. Finland : JohnWiley and Sons, Ltd.
- Kevin Grant and Chris Haseman, (2014), "Beginning Android Programming: Develop and Design.
- Laiho, J. and Wacker, A Novosad, T. (2006). Radio Network Planning and Optimisation for UMTS (second edition). Finland,USA : JohnWiley and Sons
- Lucyana, A.C. (2015). Sistem Pendukung Keputusan Perencanaan Penempatan Lokasi Potensial Menara Baru Bersama Telekomunikasi Seluler di Daerah Sidoarjo Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW). Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Prashant Panigrahi (2011). Soft & Softer Handover In UMTS System
- Priyanta F, "Pemograman Android Untuk Pemula", (2011), Jakarta.

Rosyana. Simulasi Analisis Intersystem Handover Pada Jaringan UMTS dan HSDPA Pada Layanan Video Streaming. (2015), Teknik

Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung.
T. Sutujo, Edy Mulyanto, dkk. (2011) "*KecerdasanBu*