

## Jurnal Ilmiah SPEKTRUM

---

SPEKTRUM an official forum for practitioners, researchers and students of Engineering Electrical to deliver scientific papers published periodically by the Department of Electrical Engineering, Udayana University.



Google scholar



---

## Editorial Team

---

### Editor-in-Chief

[Dr. Ir. Agus Dharma](#), [SCOPUS ID: 55810411800, h-index: 1] Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana  
Indonesia

### Deputy Editor/Managing Editor

[Dr. Nyoman Gunantara ST., MT.](#), [Scopus ID: 55672988900, h-index: 2] Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas  
Udayana Indonesia

### Editorial Board

[Dr. IWG Ariastina](#), [SCOPUS ID: 6507932528, h-index: 1] Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana  
Indonesia

[Nyoman Putra Sastra](#), Universitas Udayana, Indonesia

[IGAP Raka Agung](#), Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana Indonesia

## Table of Contents

### Articles

<a href="#">REDUKSI PEAK TO AVERAGE POWER RATIO (PAPR) PADA DFT-OFDM MENGGUNAKAN TEKNIK CLIPPING FILTERING</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>IBGD. Dhyaksa, NMAED. Wirastuti, IMO. Widyantara</i>	1-5
<a href="#">KONSUMSI ENERGI PADA TRANSMISI JARINGAN HSDPA</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>Ridho Yurham, Linawati Linawati, Gede Sukadarmika</i>	6-9
<a href="#">Augmented Reality Berbasis Android Sebagai Media Promosi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>I Made Bayu Bakti Kusuma Negara, Putu Wira Buana, Ida Bagus Alit Swamardika</i>	10-16
<a href="#">Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Program Studi Di Perguruan Tinggi Menggunakan Metode Elimination Et Choix Tranduist La Realite (ELECTRE)</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>Irwansyah Cahya Adha L, A.A. KOMPIANG Oka Sudana, Made Sudarma</i>	17-23
<a href="#">TEKNIK ESTIMASI GERAK PENCARIAN PENUH DENGAN AKURASI SETENGAH PIKSEL UNTUK FRAME RATE UP CONVERSION VIDEO</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>P. A. Satya Prabhawa, I M. O. Widyantara, G. Sukadarmika</i>	24-29
<a href="#">PEMANFAATAN NORMALIZED FRAME DIFFERENCE SEBAGAI UKURAN AKTIVITAS GERAK PADA VIDEO DIGITAL</a>	<a href="#">PDF</a>

<i>L.D. Purnamasari, N. Indra Erawan, I M.O. Widyantara</i>	30-33
<a href="#">STUDI KUALITAS PELAYANAN TERHADAP KEPUASAN PELANGGAN LISTRIK PRABAYAR PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI AREA BALI SELATAN</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>Nyoman Oka Arwata, I Wayan Rinas, A.A Gede Maharta Pemayun</i>	34-39
<a href="#">APLIKASI PEMBELAJARAN GERAKAN DASAR TARIAN BALI DENGAN SIMULASI MODEL 3D BERBASIS ANDROID</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>I Gusti Agung Gede Mega Perbawa, Made Sudarma, I Made Arsa Suyadnya</i>	40-45
<a href="#">STUDI PERBANDINGAN KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV MENGGUNAKAN METODE SECTION TECHNIQUE DAN RNEA PADA PENYULANG RENON</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>I. N. Partawan, I. G. Dyana Arjana, A. I. Weking</i>	46-52
<a href="#">ANALISIS PENGARUH SOFT HANDOVER PADA MOBILE STATION TERHADAP KUALITAS LAYANAN VOIP DI JARINGAN UMTS</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>Putu Fadly Nugraha, IGAK Diafari Djuni H, Pande Ketut Sudiarta</i>	53-58
<a href="#">STUDI PENGARUH UPDATING SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV TERHADAP SETTING RELE JARAK ANTARA GI KAPAL – GI PADANG SAMBIAN – GI PESANGGARAN</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>S.K. Supriana, I.G. Dyana Arjana, A.A.N. Amrita</i>	59-64
<a href="#">RANCANG BANGUN APLIKASI PENDATAAN WARGA BANJAR BERBASIS ANDROID</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>Anak Agung Kurnia Aditama, I G.A.K. Diafari Djuni H., N.M.A.E.D. Wirastuti</i>	65-71
<a href="#">ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN CODEC TERHADAP QUALITY OF SERVICE VOIP PADA JARINGAN UMTS</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>Mahendra Adi Winatha, I G.A.K. Diafari Djuni H., Pande Ketut Sudiarta</i>	72-78
<a href="#">ANALISIS PENGARUH RSVP TERHADAP QUALITY OF SERVICE VOIP PADA JARINGAN UMTS</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>I Made Suwartama, I Gst A. Komang Diafari Djuni H., Pande Ketut Sudiarta</i>	79-84
<a href="#">SETTING RELE JARAK PADA SISTEM SUTT 150 KV GI KAPAL – GI PADANG SAMBIAN MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>M. Nordiansyah, I.G.D Arjana, W. Setiawan</i>	85-90
<a href="#">RANCANG BANGUN APLIKASI FRONT OFFICE RESTORAN BERBASIS ANDROID DAN WEB SERVICE</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>Ida Bagus Darma Putra, NMAED Wirastuti, I Made Arsa Suyadnya</i>	91-97
<a href="#">DESIGN POWER SYSTEM STABILIZER MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>Ivo Salvador Soares Miranda, I Made Mataram, I Nyoman Setiawan</i>	98-104
<a href="#">ANALISIS KEANDALAN DAN SUSUT DAYA PADA PENYULANG VI DI KOTA DILI TIMOR LESTE</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>Miguel Nazario, Rukmi Sari Hartati, I.W. Sukerayasa</i>	105-110
<a href="#">SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PEMETAAN TEMPAT HIBURAN MALAM DI KUTA BERBASIS WEB</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>Ni Putu Eka Wirayanti Lestari, Putu Wira Buana, Made Sukarsa</i>	111-117
<a href="#">STUDI TERHADAP UNJUK KERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 1,9 KW DI UNIVERSITAS UDAYANA BUKIT JIMBARAN</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>I.W.G.A Anggara, I.N.S. Kumara, I.A.D Giriantari</i>	118-122
<a href="#">RANCANG BANGUN APLIKASI PENDAFTARAN AKTA PPT BERBASIS WEB DENGAN TEKNOLOGI QR CODE</a>	<a href="#">PDF</a>
<i>T. Angrriawan, IGAK Diafari Djuni H, N.M.A.E.D Wirastuti</i>	123-129

# KONSUMSI ENERGI PADA TRANSMISI JARINGAN HSDPA

Ridho Yurham<sup>1)</sup>, Linawati<sup>2)</sup>, Gede Sukadarmika<sup>3)</sup>

<sup>1, 2, 3)</sup> Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: ridho.yurham@gmail.com<sup>1</sup>, linawati@unud.ac.id<sup>2</sup>, sukadarmika@ee.unud.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Kebutuhan layanan telekomunikasi khususnya seluler meningkat dari tahun ke tahun. Perkembangan teknologi seluler sangat pesat di negara berkembang akibat keterbatasan dari ketersediaan jaringan kabel yang eksisting. Hal ini berdampak pada peningkatan kebutuhan energi.

Pada makalah ini membahas beberapa penelitian sebelumnya serta parameter yang digunakan. Jaringan yang telah diuji coba pada penelitian sebelumnya menawarkan konsep *sleep mode* dan pengaturan daya transmisi pada base station. Dalam uji coba dengan *cell deployment* yang homogen didapat penurunan rasio *green metric* yang besar pada kondisi trafik rendah. Selain itu metode SPAM yang ditawarkan mampu mengurangi konsumsi energi hingga 17%. Penelitian lainnya menjelaskan bahwa dalam pengaplikasian *sleep mode* ada dua kemungkinan yang dilakukan dalam perencanaan *cell deployment* yaitu membangun *cell-cell* kecil lebih banyak sehingga mampu mempertahankan coverage.

**Kata Kunci:** Konsumsi Energi, *Sleep Mode*, *Green Metrics*, Efisiensi Energi, Jaringan Seluler

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan layanan telekomunikasi khususnya seluler meningkat dari tahun ke tahun. Beban trafik seluler diperkirakan mencapai 6,3 exabyte perbulan pada tahun 2015, meningkat 26 kali lebih banyak dari beban trafik perbulan pada tahun 2010. [1]

Negara-negara berkembang menjadi tempat berkembangnya teknologi seluler tercepat daripada negara maju karena kurangnya fasilitas jaringan telekomunikasi kabel. Hal ini mengakibatkan negara-negara ini meningkatkan pemasangan Base Stations (BS) dan berdampak pada kebutuhan energi yang meningkat. Kalangan industri, pemerintah dan akademisi memberikan perhatian pada studi *green mobile network*, yang bertujuan mengurangi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca dengan desain jaringan, dan teknik transmisi yang efisien dalam penggunaan energi.

Penelitian telah dilakukan oleh Simone Morosi yang membahas strategi penghematan energi yang ditawarkan berupa *sleep mode* dan *maximum power transmission* pada sisi *base station*. Hasil simulasi dari penelitian ini menunjukkan perbedaan rasio konsumsi energi yang besar pada saat trafik rendah (*off peak*). [2]

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Yu Peng, yang menawarkan algoritma *Self-Organizing Pilot-Power Adjustment Mechanism* (SPAM). Hasil dari penelitian ini mampu mengurangi konsumsi energi sebesar 17% dari konsumsi energi regional namun dengan *cell deployment* yang homogen. [3]

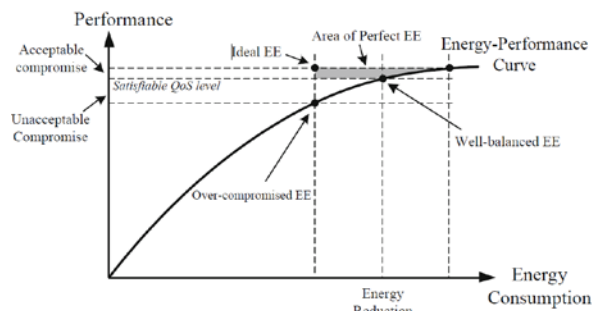
## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Green Cellular Network

Kebutuhan akan infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang meningkat dan berkembang pesat mengakibatkan kebutuhan energi untuk operasional infrastruktur tersebut meningkat dan berakibat langsung pada krisis energi dan bertambahnya emisi gas rumah kaca yang dapat memicu *global warming* dan bahaya lingkungan lainnya.

Oleh karena itu kalangan industri, pemerintah dan akademisi melakukan riset bersama untuk menghasilkan teknik serta strategi untuk membangun infrastruktur TIK yang ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan energi (*Green Technology*). Teknik dan strategi ini berkaitan erat dengan adanya *trade-off* antara konsumsi energi dan performa, seperti QoS, *throughput*, skalabilitas dan lainnya.

Selain mengurangi konsumsi energi, *green cellular network* bagi operator seluler secara ekonomi dapat mengurangi pembiayaan listrik untuk BS. [4]



Gambar 2.1 kurva energi-performa pada komunikasi bergerak [5]

## 2.2. Green Metrics

*Green metrics* adalah *metrics* yang mengevaluasi efisiensi energi dari sistem komunikasi bergerak. *Green metrics* dapat dibedakan menjadi 2 jenis, *metrics* tingkat *equipment*, dan *metrics* tingkat *facility*. [5]

*Metrics* tingkat *Equipment* mengevaluasi masing-masing perangkat pada jaringan yang berada pada konsumsi tingkat rendah. Contoh *metrics* ini adalah *Energy Consumption Rating* (ECR), *Consumer Consumption Rating* (CCR) yang dibuat oleh IXIA dan Juniper. *Telecommunication Energy Efficiency Rating* (TEER) yang ditawarkan oleh ATIS dan masih banyak lagi. Untuk tingkat *facility* merupakan *metrics* untuk mengevaluasi konsumsi energi tingkat tinggi pada sebuah sistem dalam sudut pandang makro. Contoh *metrics* ini adalah *Power Usage Effectiveness* (PUE), *Data Center Infrastructure Efficiency* (DCiE) dan *Data Center Productivity* (DCP) yang ditawarkan oleh *Green Grid*.

ECR merupakan perbandingan jumlah daya yang digunakan tiap bit informasi yang diproses, secara matematis dapat berikan persamaan seperti berikut:

$$ECR = \frac{P_{max}}{C_{max}} [Watt/bps] \quad (3.1)$$

*Area Power Consumption* (APC) merupakan *metrics* yang digunakan untuk mengukur daya yang digunakan (P) per luasan area (S). Persamaan APC adalah sebagai berikut:

$$APC = \frac{P}{S} [Watt/km^2] \quad (3.2)$$

Dari persamaan ECR dan APC dapat diturunkan *metrics* baru, Dengan  $C_{req}$  adalah kapasitas data yang dibutuhkan pada area tersebut. *Metrics* ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja dari teknik adaptif. [2]

$$Y = \frac{P}{C_{req}S} [Watt \cdot bps^{-1} \cdot km^{-2}] \quad (3.3)$$

## 2.3. Power Model

Power Model adalah antarmuka antara komponen dan tingkat sistem, yang memungkinkan mengukur bagaimana penghematan energi pada komponen tertentu meningkatkan efisiensi energi pada tingkat *node* dan jaringan.[8] Power model untuk beban trafik variabel dapat dimodelkan secara linier sebagai berikut:

$$P_{in} = N_{TRX} \cdot (P_0 + \Delta_p P_{out}) \quad (2.4)$$

$$0 \leq P_{out} \leq P_{max}$$

$P_{max}$  merupakan nilai maksimum *output* daya RF pada beban maksimum,  $P_0$  adalah minimum *output* daya,  $P_{max}$  merupakan daya pancar maksimum dari antenna BS, dan  $\Delta_p$  adalah selisih (*slope*) dari konsumsi daya yang bergantung pada beban.

Tabel 4.1 Parameter Power Model

Type BS	$N_{TRX}$	$P_{max}$ (W)	$P_0$ (W)	$\Delta_p$
Macro	6	40	118,7	2,66
Micro	2	6,3	53	3,1
Pico	2	0,13	6,8	4
Femto	2	0,05	4,8	7,5

## 3. METODOLOGI

Makalah ini merupakan salah satu studi literatur yang dilakukan penulis untuk melakukan penelitian berikutnya. Pada makalah ini menjelaskan mengenai beberapa penelitian sebelumnya mengenai konsumsi energi dan *green project* yang ada di bidang telekomunikasi.

## 4. PEMBAHASAN

Beberapa proyek telah dilakukan untuk meneliti dan mengimplementasikan teknik ramah lingkungan dalam jaringan seluler dan IT. *Green projects*, adalah istilah yang digunakan untuk proyek riset ini. Dalam proyek ini berbagai pihak ikut andil antara lain operator seluler, pemerintah, akademisi serta *vendor* jaringan.

Penggagas pertama *green project* adalah *Framework Programme 7* oleh *European Commission* yang menjalankan *EARTH Project*. *EARTH* merupakan proyek yang memiliki ambisi tinggi dan unik dalam menginvestigasi efisiensi energi dalam sistem komunikasi bergerak. Tujuan proyek ini adalah menawarkan mekanisme yang efektif dalam mengurangi konsumsi energi dari sistem komunikasi bergerak *broadband*, tanpa mengurangi QoS untuk mengguna dan kapasitas sistem tersebut. Target utama dari proyek ini adalah sistem LTE dan *LTE-Advance*, namun juga termasuk standarisasi 3GPP lainnya (UMTS/HSDPA) sebagai dampak langsung.

Di Asia, pemerintah Jepang mulai tertarik dengan *green networking* dan memulai proyek *Green IT*. Proyek ini diharapkan mampu mencapai pengurangan konsumsi energi dalam seluruh jaringan termasuk *data center* hingga *user equipment*. Beberapa proyek serupa mulai bermunculan di seluruh dunia dengan misi yang sama yaitu mengurangi konsumsi energi yang berdampak juga dengan pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dan *Carbon Footprint*.

Beberapa diantaranya adalah *Green-Touch* yang merupakan konsorsium dari beberapa pelaku industri IT, akademisi yang berdedikasi mengurangi *carbon footprint* pada sektor komunikasi termasuk internet mulai dari perangkat, platform dan jaringan. Tujuan dari proyek ini pada tahun 2015 mampu memberikan arsitektur, spesifikasi dan teknologi yang dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi energi dengan faktor kelipatan 1000 dibandingkan tahun 2010.

Proyek *OPERA-Net* dan *GREEN-T* dikelola oleh CELTIC di kawasan Eropa. Kedua proyek ini ditujukan untuk melakukan pendekatan untuk optimalisasi efisiensi daya pada jaringan *boardband* yang heterogen. *GreenRadio*, adalah proyek yang diprakarsai oleh *Mobile Virtual Center of Excellence (MVCE)* yang berfokus dalam membangun arsitektur hijau dan pengurangan konsumsi energi pada setiap BS dan *handheld*.

*Cool Silicon* merupakan proyek yang diikuti oleh lebih dari 60 perusahaan IT dan institusi di seluruh dunia. Proyek ini berfokus pada tiga area, *computing*, komunikasi bergerak dan jaringan sensor mengurangi energi yang digunakan per bit data yang ditransmisikan dan/atau diproses dalam faktor 10. Proyek *Green Grid* berfokus pada *data center* dan telah melakukan standarisasi dua *energy efficiency metrics* yaitu *Power Usage Effectiveness (PUE)* dan *Data Center Infrastructure Efficiency (DCiE)*.

*GSM Association (GSMA)* mengeluarkan layanan *benchmarking* untuk operator jaringan seluler yang diberi nama *Mobile Energy Efficiency (MEE)*. MME memantau dan mengukur efisiensi relatif dan mengidentifikasi jaringan yang sedang berjalan agar dapat mengetahui kemungkinan efisiensi energi yang dapat dilakukan, biasanya sekitar 10% hingga 25% berdasarkan portofolio operator. (GSMA, diakses 19 April 2014). Selain GSMA, Virginia Tech juga melakukan *benchmarking* dalam efisiensi energi, namun pada super komputer. *Green500* begitu proyek ini disebut, memberikan data peringkat super komputer paling cepat dan

efisien energi di seluruh dunia untuk meningkatkan kesadaran kepada *stakeholder* super komputer untuk tidak membuat perubahan iklim. *Cool IT* yang digagas oleh *GreenPeace* juga memberikan data peringkat pada perusahaan IT yang memiliki usaha yang besar untuk ikut ambil bagian dalam menggerakkan perubahan konsumsi dalam sektor energi dan mampu mempengaruhi aturan pemerintah dalam menggunakan energi bersih melalui proses advokasi dengan pemerintah setempat. Pada April 2013 *GreenPeace* merilis peringkat *Cool IT* versi ke-6 dengan posisi tiga besar berturut-turut dipegang oleh Cisco, Google dan Ericsson.

Selain beberapa *green project* di atas beberapa penelitian memfokuskan pada jaringan seluler. Penelitian [1] menawarkan strategi penghematan energi yang ditawarkan berupa *sleep mode* dan *maximum power transmission* pada sisi *base station*. Penulis menggunakan model propagasi yang diturunkan dari model Okumura-Hata dengan tipe kepadatan penduduk urban. Penulis menggunakan simulasi pada *Matlab* dengan *palayground* sebesar 5x5 km. *Green metrics* yang digunakan merupakan turunan dari *metrics Energy Consumption Ratio (ECR)* dan *metrics APC* yang digunakan untuk menghitung rasio konsumsi energi pada area uji. Hasil simulasi dari penelitian ini menunjukkan perbedaan rasio konsumsi energi yang besar pada saat *traffic* rendah (*off peak*).

Penelitian [2] menawarkan algoritma *Self-Organizing Pilot-Power Adjustment Mechanism (SPAM)*. Penulis memfokuskan pada layanan suara dengan model *pathloss COST231-HATA* dengan kepadatan urban. Hasil dari penelitian ini mampu mengurangi konsumsi energi sebesar 17% dari konsumsi energi regional *namun* dengan *cell deployment* yang homogen.

Selain itu penelitian [9] menawarkan perencanaan jaringan seluler yang efisien energi. Penelitian ini menawarkan metode *sleep mode* pada *cell* yang memiliki trafik rendah serta untuk memenuhi *coverage* pengaturan *cell zooming* pada *cell* yang aktif dilakukan untuk menutupi *coverage* tersebut. Jika *cell zooming* tidak mampu memenuhi kebutuhan tersebut, maka disarankan untuk desain *cell deployment* dengan menggunakan lebih banyak *cell-cell* kecil untuk memenuhi kriteria tersebut.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pemaparan di atas terlihat bahwa jaringan yang hemat energi sudah

menjadi perhatian berbagai kalangan di dunia telekomunikasi, terutama telekomunikasi seluler. Beberapa *green project* sudah memberikan standarisasi untuk efisiensi energi untuk perangkat TIK dengan memberikan *green metric* sebagai patokan.

Pada teknologi seluler beberapa metode ditawarkan untuk menghasilkan jaringan yang efisien energi yang dapat menekan konsumsi energi yang dijelaskan dengan penurunan nilai *green metric*. Dari ketiga penelitian yang dibahas dalam makalah ini diketahui bahwa pengaturan *sleep mode* pada *cell* adalah metode yang efektif. Hasil simulasi pada penelitian [1] menunjukkan perbedaan rasio konsumsi energi yang besar pada saat *traffic* rendah (*off peak*). Pada Penelitian [2] dapat dilihat dengan metode SPAM dapat mengurangi konsumsi energi hingga 17% dengan *cell deployment* homogen. Untuk melakukan *sleep mode* juga membutuhkan *cell-cell* kecil agar *coverage* dapat dipertahankan dengan memberikan daya pancar maksimum untuk menutupi *coverage cell* yang mengalami *sleep mode*, sesuai dengan metode yang ditawarkan oleh penelitian [9].

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] CISCO. 2010. "Cisco Visual Networking index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2010 – 2015". *CISCO Technical Report*.
- [2] Morosi, Simone., Piunti, Pierpaolo, Enrico Del Re. 2013. Improving Cellular Network by Joint Management of Sleep Mode and Transmission Power. *Institute of Electrical and Eletronics Engineers (IEEE)*
- [3] Peng, Yu. Wenjing, Li. Xuesong, Qiu. 2012. Self-Organizing Energy-Saving Management Mechanism Based on Pilot Power Adjustment in cellular Network. *International Journal on Sensor Network 2012*
- [4] Oh, Eunsung., Krishnamachari, Bhaskar., Liu, Xin., Niu, Zhisheng. 2011. Toward Dynamic Energy-Efficient Operation of Cellular Network Infrastructure. *IEEE Comunication Magazine, Juni 2011*
- [5] Wang, Xiaofei., Vasikalos, Athanasios V., Chen, Min., Liu, Yunhao., Kwon, Ted Taekyoung. 2011. A Survey of Green Mobile Networks: Oppurtunity and Challenges. *Springer*.
- [6] Diah Setyarini Eka Putri, I. G. A. A. 2012. "Analisis Coverage Sistem High Speed Downlink Packet Access untuk Kawasan Denpasar Timur" (Tugas Akhir). Denpasar: Universitas Udayana
- [7] Karim, M. R., and M. Sarraf. 2002. W-CDMA and Cdma2000 for 3G Mobile Networks. *New York: McGraw-Hill*.
- [8] Auer, Gunther., Giannini, Vito., Godor, Istvan., Skillermark, Per., Olsson, Magnus., Imran, Muhammad Ali., Sabella, Dario., Gonzalez, Manuel J., Desset, Claude., Blume, Oliver. 2013. *Cellular Energy Efficiency Evaluation Framework. European Community's 7th Framework Programme FP7/2007–2013. Project EARTH*
- [9] Weng, Xiangnan., Cao, Dongxu., Niu, Zhisheng. 2011. Energy-Efficient Cellular Network Planning under Insufficient Cell Zooming. *Tsinghua National Laboratory for Information Science and Technology Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing: IEEE*