

GREEN ENERGY PADA JARINGAN SELULER

Heru Wijanarko*

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro
Jl. Ahmad Yani, Batam Center, Batam, Kepulauan Riau 29461, Indonesia
E-mail: wijanarko@polibatam.ac.id

Abstrak

Penggunaan energi global meningkat secara signifikan seiring dengan meningkatnya taraf hidup manusia dan pertumbuhan populasi di dunia. Hal tersebut butuh mendapat perhatian dan akan memunculkan banyak permasalahan. Pada sektor jaringan seluler atau jaringan telekomunikasi, isu tentang konsumsi energi telah menjadi perhatian. Suplai energi merupakan aspek penting dalam jaringan telekomunikasi dan merupakan pengeluaran yang besar dari pengoperasian jaringan secara keseluruhan, lebih dari 60%. Kesadaran akan penggunaan energi yang efisien pada jaringan seluler menjadi pemicu munculnya teknologi baru untuk merancang *green cellular networks*. Penghematan energi pada BTS menjadi sebuah tantangan dan peluang bagi peneliti atau operator telekomunikasi untuk ambil bagian. Jurnal ini lebih fokus membahas tentang penghematan energi pada *base station*, dimana terbagi dalam tiga bagian: Meminimalisasi konsumsi energi pada BTS; *Energy-aware* secara koperatif antar BTS; dan Penggunaan sumber energi terbarukan.

Kata kunci: *Green energy*, jaringan seluler, *Base Transceiver Station* (BTS), energi terbarukan

Abstract

Global energy consumption is rising dramatically due to our need for higher living standards and an increasing world population. These consequences are serious and will eventually bring enormous trouble in the world. In cellular network sector, energy consumption issue has been taking into account. Energy supply is an important aspect of telecom network operations and energy represent as high as more than 60% of the total network operational expenditure. More aware about energy efficient, cellular network has trigger for new technologies in designing green cellular networks. Saving energy in base station become a challenge and opportunities for researcher or mobile networks operator to take a part. This paper studies more focus to cover on energy savings in base station, which are divided into three part: Minimizing BS energy consumption; Energy-aware cooperative BSs; and Using renewable energy resources.

Keywords: Green energy, cellular network, Base Transceiver Station (BTS), renewable energy

1. Pendahuluan

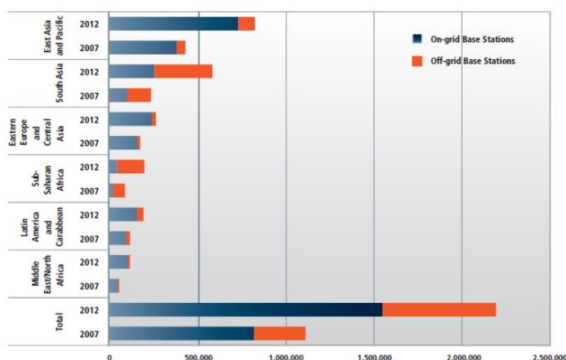
Perubahan iklim sedang terjadi, sebagai bukti, peningkatan suhu secara global diikuti perubahan cuaca dan musim secara ekstrim. Es di kutub mulai mencair dan level air laut terus meningkat, yang artinya lautan di bumi dan gletser sedang mengalami perubahan besar. Tidak hanya lautan, tetapi bumi secara keseluruhan mengalami peningkatan suhu. Hal tersebut menyebabkan kekeringan pada daerah tropis di sekitar zona khatulistiwa, meningkatnya intensitas angin topan, tornado dan banjir, serta penyebaran penyakit. Dalam dekade berikutnya, perubahan ini menjadi lebih terlihat dan kemungkinan akan menjadi tantangan untuk lingkungan dan masyarakat.

Penyebab pemanasan global adalah berasal dari pembakaran energi yang berasal dari bahan bakar fosil dan deforestasi, yang kita ketahui hutan merupakan paru-paru dunia. Konsumsi energi meningkat secara signifikan seiring dengan meningkatnya taraf hidup manusia dan pertumbuhan populasi di dunia. Hal tersebut butuh mendapat perhatian dan akan memunculkan banyak permasalahan.

Pada sektor jaringan seluler atau jaringan telekomunikasi, isu tentang konsumsi energi telah menjadi perhatian. Suplai energi merupakan aspek penting dalam jaringan telekomunikasi dan merupakan pengeluaran yang besar dari

pengoperasian jaringan secara keseluruhan, lebih dari 60%. Dengan kebutuhan sekitar 99,95% waktu operasional, jaringan telekomunikasi harus selalu dalam kondisi menyala selama 24 jam, 7 hari dalam seminggu sepanjang tahun. Sebagai konsekuensinya, suplai tenaga listrik dan infrastruktur jaringan listrik memegang peran yang sangat penting untuk pengoperasian harian perangkat seluler operator [1]. Saat ini, kebutuhan jaringan seluler meningkat sangat pesat. Perangkat Android dan iPhone juga turut memicu pertumbuhan tersebut. Banyak aplikasi menarik yang ditawarkan seperti Facebook, Twitter, YouTube atau media sosial lainnya, yang mengakibatkan besarnya kebutuhan pertukaran data seluler pada beberapa tahun belakangan.

Tidak terhindarkan, sebagai konsekuensinya operator seluler harus memenuhi kebutuhan yang baru ini pada jaringan seluler nirkabel, di saat mereka harus tetap menjaga biaya operasional tetap minimum. Pertumbuhan pada industri seluler yang tidak biasa ini memaksa untuk pembatasan konsumsi energi pada jaringan nirkabel. Saat ini lebih dari 4 juta *Base Transceiver Station* (BTS) melayani pengguna seluler, yang masing-masing BTS membutuhkan rata-rata 25MWh pertahun [2]. Jumlah BTS di negara berkembang diprediksi hampir dua kali lipat pada tahun 2012 seperti terlihat pada Gambar 1 [3]. Teknologi Informasi dan Komunikasi telah menghasilkan emisi gas karbon sekitar 2% dari total keseluruhan (jaringan seluler 0,2%), dan diprediksi akan meningkat setiap tahunnya [4].



Gambar 1. Pertumbuhan BTS pada kawasan berkembang 2007-2012 (GSMA research) [3]

Di sisi operator, apabila mereka dapat mengurangi konsumsi energi, hal itu dapat membuat biaya pengeluaran untuk operasional lebih rendah. Mengurangi emisi karbon dan mengurangi biaya operasional untuk jaringan seluler nirkabel merupakan dua alasan utama dibalik program pengembangan yang dinamakan Mobile VCE Green Radio. Sebagai contoh, operator milik Inggris Raya, Orange dan Vodafone, keduanya menginisialisasi program pengurangan signifikan emisi CO2 hingga 10 tahun kedepan [5].

Kesadaran akan penggunaan energi yang efisien pada jaringan seluler menjadi pemicu munculnya teknologi baru untuk merancang *green cellular networks*. BTS merupakan pengguna atau penyerap energi terbesar pada jaringan seluler. Karena hal itu, fokus utama *green cellular networks* adalah penghematan daya pada BTS. Penghematan energi pada BTS menjadi sebuah tantangan dan peluang bagi peneliti atau operator telekomunikasi untuk ambil bagian. Mereka dituntut agar dapat mengurangi konsumsi energi, sementara itu harus tetap menjaga kualitas pelayanan dan memastikan jangkauan sinyal atau jaringan bagi pelanggan tetap stabil, serta mencoba melakukan evolusi BTS.

2. Green Power

2.1. Apa itu Green Power?

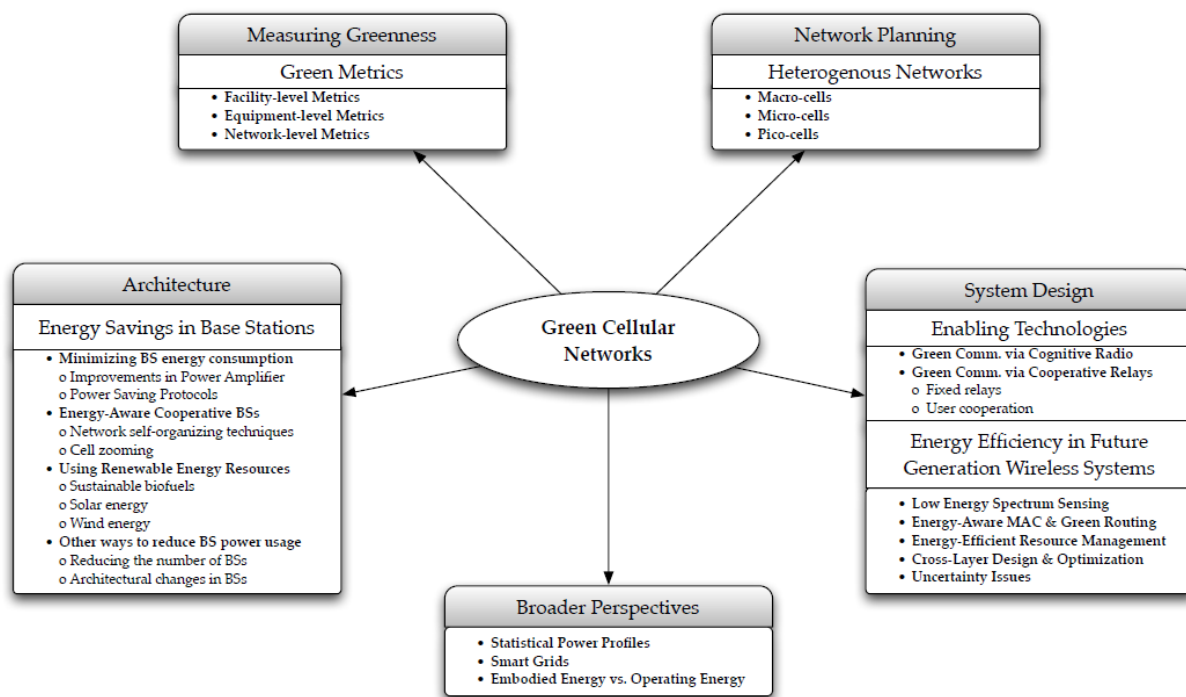
Pertanyaan mendasar yang selalu muncul adalah, apakah yang dimaksud dengan *Green Power*? *Green Power* merupakan energi listrik yang dihasilkan dari sumber yang ramah lingkungan, dapat diperbarui dan sangat kecil efek negatifnya terhadap sumber daya alam, udara, dan air. Pada industri seluler, teknologi *green power* secara sederhana adalah menggunakan sumber energi terbarukan untuk menyuplai dan membangkitkan daya pada BTS. Sebagai contoh, sel surya, hidrogen atau metanol, tenaga angin, biogas, pembangkit mikro dan piko hidro dapat digunakan sebagai sumber *green power*.

Definisi dari *green power* mengalami perkembangan, di mana tidak hanya 100% diadopsi dari sumber energi yang terbarukan, tetapi secara luas konsepnya diadopsi melalui pendekatan pengoptimalan sistem daya, dengan mengurangi kebutuhan daya artinya juga mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil; usaha untuk melakukan efisiensi; ramah lingkungan dan terbarukan juga merupakan cara untuk membangkitkan BTS. Oleh karena itu, efisiensi energi merupakan aspek penting untuk strategi *green power* bagi operator telekomunikasi [1].

2.2. Teknologi Green Power

Melihat beberapa kemungkinan menjadi cara yang baik dalam riset telekomunikasi berbasis *green*, yang dapat meningkatkan energi efisiensi sehingga dapat menghemat sumbernya tanpa mengenyampingkan kualitas pelayanan (QoS). Keuntungan teknologi *green* pada dunia telekomunikasi tidak hanya untuk lingkungan secara global, tetapi juga dapat memicu komersialisasi memiliki rasa untuk mendukung keberlanjutan dan keuntungan bisnis bagi operator telekomunikasi.

Pada [2], penulis mengidentifikasi tantangan untuk meningkatkan efisiensi daya untuk jaringan nirkabel masa depan dan tetap menjaga profit atau keuntungan, hal tersebut sangat penting untuk memperhitungkan berbagai perubahan paradigma teknologi, seperti



Gambar 2. Roadmap Teknis untuk Jaringan Seluler Green: Grafik Taksonomi [2]

efisiensi energi pada arsitektur dan protokol jaringan nirkabel, mendesain ulang BTS untuk efisiensi, *smart grids*, *opportunistic network access or cognitive radio*, pengembangan berbasis pada sel/zona yang lebih kecil dengan *cooperative relaying* dan jaringan heterogen.

Sebuah survey kecil-kecilan dilakukan pada beberapa pekerjaan dilakukan di [2], mereka berusaha untuk mencapai efisiensi daya pada jaringan seluler. Penulis juga menggaris bawahi pada teknik kognitif dan kooperatif, dengan tujuan lebih memperhatikan manfaat sistem seluler melalui teknik tersebut, serta menganggap penting proses riset dalam membuat teknik *green* tersebut. Pada riset tersebut, diidentifikasi empat aspek penting dalam sebuah jaringan yang *green* dimana fokus pada: mendefinisikan matriks *green*; perubahan arsitek pada BTS; desain jaringan; dan desain sistem yang efisien. Sebagai tambahan, beberapa perspektif yang lebih luas perlu diperhatikan. Sebagai hasilnya, grafik taksonomi pada riset tersebut dengan pendekatan jaringan seluler yang *green* ditunjukkan pada Gambar 2.

3. Penghematan Energi di BTS

Telah dijelaskan sebelumnya, konsumsi daya pada BTS merupakan isu terbesar yang menjadi perhatian di jaringan seluler. Penghematan energi pada BTS merupakan sebuah tantangan dan peluang bagi peneliti atau operator telekomunikasi untuk ambil bagian. *Roadmap* secara teknis untuk *Green Cellular Networks*: grafik taksonomi, Gambar 2,

mengidentifikasi empat aspek penting pada sebuah jaringan *green*. Pada jurnal ini lebih fokus membahas tentang penghematan energi pada BTS, dimana terbagi dalam tiga bagian.

3.1. Pengurangan Konsumsi Energi pada BTS

Sebuah tantangan untuk meminimalisir konsumsi energi pada BTS. Identy adalah mengurangi konsumsi energi dengan melakukan pengembangan pada desain BTS, tidak hanya perangkat kerasnya tetapi juga perangkat lunak dan fitur seperti performansi *load balancing*. Maka dari itu, desain BTS butuh pengembangan khususnya pada perangkat keras, efisiensi energi pada penguat daya (*Power Amplifier (PA)*) butuh perhatian khusus.

Penulis pada [6] mengenalkan bahwa ada tiga bagian penting pada BTS, yakni: radio, *baseband*, dan *feeder*. Dari ketiga bagian tersebut, radio menggunakan lebih dari 80% kebutuhan energi BTS-BTS yang ada, dimana dibutuhkan PA yang konsumsi dayanya hampir 50%. Yang mengejutkan adalah, pada PA, daya terbuang atau rugi-rugi daya menjadi panas sekitar 80-90%. Sebagai tambahan, biaya akan lebih membengkak karena penggunaan atau kebutuhan akan *air-conditioner* pada ruang PA. Efisiensi secara keseluruhan dari pengembangan terkini pada penguat, dimana rasio masukan daya AC untuk menghasilkan keluaran daya RF, yang secara umum pada rantang 5% - 20% (tergantung standar viz. GSM, UMTS, CDMA dan kondisi peralatan) [7]. Penulis pada [7] juga membahas beberapa PA yang memiliki desain spesial seperti PA berbasis *digital pre-distorted Doherty-architectures* dan GaN

(Aluminum Gallium nitride) dimana terlihat menjanjikan dengan menekan level efisiensi daya hingga lebih dari 50%. Produk tersebut juga masih memiliki potensi untuk bekerja pada keluaran daya yang tinggi karena struktur GaN dapat bekerja pada suhu dan tegangan tinggi. Sebagai tambahan, pengembangan pada efisiensi dapat dilakukan dengan mengganti penguat RF analog yang masih tradisional ke *switch-mode* PA [2] dimana diharapkan sekitar 70% efisiensi energi untuk keseluruhan komponen penghematan [7].

Membahas aspek lainnya, protokol penghematan daya, saat ini untuk BTS yang ada hal tersebut belum dipertimbangkan pada standar nirkabel. Variasi yang sangat tinggi untuk pertukaran data per jam pada sebuah sel pada siang hari, tetapi pada malam hari secara umum dalam kondisi beban yang rendah. Penulis pada [8] memberi saran untuk menggunakan skema *downlink* DTX untuk BTS yang ada dengan menghidupkan *micro-sleep modes* (pada orde milidetik) dan *deep-sleep modes* (untuk waktu *idle* yang lama). Mematikan atau menonaktifkan perangkat pada BTS pada saat *sleep modes* berpotensi untuk menghemat banyak daya, terutama pada saat kondisi beban pertukaran data yang rendah. Sehingga, standar nirkabel kedepannya, potensi penghematan energi pada BTS harus terus digali dengan melakukan desain protokol untuk mengaktifkan *sleep modes* pada BTS yang ada.

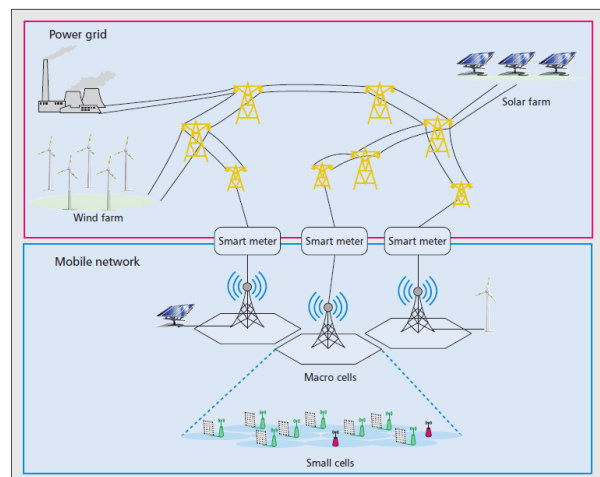
3.2. Energy-aware secara koperatif antar BTS

Perubahan yang signifikan pada ruang dan waktu merupakan karakter dari beban pertukaran data pada jaringan seluler karena pengaruh beberapa faktor, sebagai contoh, perilaku dan mobilitas pengguna. Pada siang hari, beban trafik secara umum sangat tinggi pada area perkantoran dibandingkan dengan area perumahan dan sebaliknya pada saat malam hari. Sebagai hasilnya, beberapa sel atau zona akan selalu dalam kondisi beban yang rendah tetapi dikawasan lain akan berada pada status atau kondisi beban trafik yang tinggi. Sebagai solusi, konsep fleksibel yang disebut “*Cell Zooming*” diperkenalkan pada [9]. *Cell Zooming* adalah sebuah teknik dimana BTS dapat menyesuaikan ukuran sel atau zona menurut kondisi trafik dan jaringan, yang bertujuan untuk membuat beban trafik atau pertukaran data jadi seimbang, sehingga mengurangi konsumsi energi. Pada saat sebuah sel dengan jumlah pengguna di dalamnya meningkat dan terjadi kepadatan, sel tersebut mampu memperbesar ukuran dengan sendirinya, sedangkan sel tetangganya dengan trafik yang lebih kecil akan memperkecil ukuran untuk mendukung atau menutupi kekurangan sel tadi agar

tetap melakukan pelayanan pada saat terjadi lonjakan atau kepadatan pertukaran data. Untuk mengurangi konsumsi energi, sel-sel dapat memperbesar atau bahkan nonaktif, sedangkan sel tetangga dapat mengecil dan membantu melayani pengguna seluler secara koperatif.

3.3. Penggunaan Sumber Energi Terbarukan

Teknologi yang terus berkembang pada *green energy* adalah peningkatan efisiensi pada generator listrik menggunakan sumber energi yang terbarukan, dan pada saat yang bersamaan dapat menekan biaya pengoperasian sebuah sistem daya *green*. Penulis pada [10], digambarkan seperti pada Gambar 3, pengoptimalan penggunaan *green energy* tidak hanya pada pembangkit daya semata, tetapi juga dari sumber-sumber daya *green* diaktifkan sebagai upaya mengoptimalkan pengaturan sumber energi *green* untuk radio. Sementara itu, teknik *smart grid* dapat memfasilitasi pertukaran daya antar konsumen melalui *smart meters*. Sebagai hasilnya, perusahaan listrik, dapat memungkinkan BTS untuk berbagi daya *green*-nya satu sama lain, yang telah diperkenalkan pada insinyur bahwa energi *green* telah dapat diterapkan pada jaringan seluler.



Gambar 3. Energi Green Jaringan Telekomunikasi [10]

Selain itu, pada [1], penulis mengatakan bahwa kita harus melihat ke lapangan secara spesifik dan menjalankannya sesuai konteks dengan tujuan memilih penerapan teknologi *green* yang paling tepat secara teknis dan layak dari sisi bisnis. Penulis pada [1] juga menampilkan keuntungan dan kerugian dari penggunaan beberapa teknologi *green*, dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Teknologi *Green*: Keuntungan dan Kerugian

Teknologi	Keuntungan	Kerugian
Tenaga Surya	<ul style="list-style-type: none"> • Sumber energi tersedia di mana saja • Cocok untuk distribusi pembangkit listrik atau daya • Skala luas karena teknologinya berstandar • Tidak ada biaya pemeliharaan panel surya, kecuali untuk beberapa kebersihan • Biaya yang kompetitif dibandingkan dengan teknologi <i>green</i> lainnya • Dapat mengadopsi skala industri pada aplikasi skala kecil 	<ul style="list-style-type: none"> • Ruang yang besar dibutuhkan untuk pemasangan kapasitas besar • Investasi awal yang besar dibandingkan dengan solusi tradisional berbasis <i>diesel</i> • Pencurian dan vandalisme panel yang mengakibatkan resiko yang tinggi untuk investasi pada tenaga surya
Tenaga Angin	<ul style="list-style-type: none"> • Cocok untuk distribusi pembangkit daya skala kecil • Butuh ruang lebih kecil dibandingkan dengan tenaga surya 	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat kehandalan rendah karena kecepatan angin yang bervariasi, biaya untuk tenaga angin sangat tergantung intensitas angin • Skalabilitas rendah dan investasi yang tinggi • Membutuhkan menara yang tinggi, 20 – 40 m untuk generator pembangkit yang optimal • Keandalan produk tenaga angin yang bervariasi • Biaya perawatan rutin yang tinggi
Sel Bahan Bakar	<ul style="list-style-type: none"> • Teknologi yang handal • Sistem yang ringkas dan tidak membutuhkan ruang yang besar • Cocok untuk penggunaan di atap dan konteks perkotaan • Perawatan yang mudah • Emisi rendah dan tidak menimbulkan kebisingan • Lebih aman terhadap pencurian dan vandalisme 	<ul style="list-style-type: none"> • Investasi awal yang sangat tinggi dan biaya teknologi yang mahal sehingga secara biaya kurang cocok untuk pilihan <i>green</i> • Sangat tergantung pada ekosistem pasokan bahan bakar dan logistik • Jangkauan yang tidak begitu luas untuk distribusi pembangkit
Biomassa	<ul style="list-style-type: none"> • Potensi biomassa yang melimpah • Kapasitas pembangkit dengan jangkauan yang cukup luas • Keandalan yang tinggi dapat dicapai dengan integrasi rantai pasokan yang kuat • Teknologi yang secara luas dapat tersedia 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengoperasian yang kompleks • Sumber daya dan biaya operasional yang tinggi • Pasokan bahan biomassa yang tidak mudah dan ketergantungan pada rantai ekosistem yang sangat tinggi • Harga pakan yang fluktuatif mengakibatkan biaya operasional naik turun

Tambah lagi, sebagai sumber energi tradisional paling bersih, *hydro power* dapat diadopsi dalam distribusi pembangkit skala kecil. Namun, itu sangat terbatas karena ketersediaan teknologi dan kelayakannya. Lokasinya harus benar-benar dekat dengan sumber badan air, jadi hal tersebut sangat sulit untuk diimplementasikan pada dunia telekomunikasi. Hampir mirip dengan kasus biogas atau biomassa, penggunaan generator daya berbasis *pico-hydro* pada telekomunikasi membutuhkan perubahan atau modifikasi yang sangat signifikan untuk model pengoperasian pada jaringan selulernya operator dan perusahaan yang menyewakan menara [1].

4. Kesimpulan

Pada jaringan seluler, konsumsi daya BTS merupakan

isu terbesar. Solusi *green* merupakan sebuah cara yang dapat diterima untuk masalah pemanasan global dan masalah lingkungan. Sebagai yang paling bertanggung jawab untuk operator jaringan, mengurangi konsumsi daya atau efisiensi energi pada sistem jaringan seluler tidak hanya mengurangi biaya operasional, tetapi juga mengurangi dampak negatif lingkungan.

Lebih dalam lagi, untuk melakukan penghematan energi pada BTS, penemuan baru pada riset teknologi penguat daya harus mendapat perhatian lebih. Tidak hanya mengurangi konsumsi daya, pengembangan dari penguat daya juga akan membuat penggunaan *air-conditioning* pada BTS berkurang. *Sleep modes* pada protokol penghemat daya juga disarankan untuk dikembangkan standar sistem jaringan seluler.

Sumber energi terbarukan mana yang akan digunakan, diperlukan pemahaman secara teknis dan

kelayakan secara komersil. Membandingkan serta melihat pada keuntungan dan kekurangan masing-masing teknologi *green* merupakan cara yang cerdas sebelum menentukan teknologi yang akan digunakan. Hal tersebut sangat penting untuk menentukan pilihan tepat sebagai parameter dalam mendapatkan desain yang optimal, solusi energi yang mana yang terbaik untuk membangkitkan daya jaringan seluler.

Daftar Pustaka

- [1] Green Power for Mobile, GSMA, "Green Power Design Approach and Feasibility Analysis," *GPM Technical Paper*, August 2014.
- [2] Z. Hasan, H. Boostanimehr and V. K. Bhargava, "Green Cellular Networks: A Survey, Some Research Issues and Challenges," *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, 2011.
- [3] Green Power for Mobile, GSMA, "Community Power Using Mobile to Extend the Grid," Available:
http://www.gsmworld.com/documents/gpfm_community_power11_white_paper_lores.pdf.
- [4] Postnote, "ICT and CO2 Emissions," *Parliamentary Office of Science & Technology*, no. 319, December 2008.
- [5] C.Han, et al., "Green Radio: Radio Techniques to Enable Energy-Efficient Wireless Networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, no. 6, p. 46–54, June 2011.
- [6] A. Amanna, "Green Communications: Annotated Review and Research Vision," *Virginia Tech.*
- [7] H. Claussen, L. T. W. Ho and F. Pivitt, "Effects of Joint Macrocell and Residential Picocell Deployment on The Network Energy Efficiency," *IEEE 19th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, pp. 1-6, 15-18, Sept. 2008.
- [8] L. M Correia, et. al, "Challenges and Enabling Technologies for Energy Aware Mobile Radio Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 48, no. 11, pp. 66-72, November 2010.
- [9] Z. Niu, Y. Wu, J. Gong and Z. Yang, "Cell Zooming for Cost-Efficient Green Cellular Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 48, no. 11, pp. 74-79, November 2010.
- [10] T. Han and N. Ansari, "Powering Mobile Networks With Green Energy," *IEEE Wireless Commun.*, vol. 21, no. 1, p. 90–96, Feb. 2014.