

OPTIMASI JANGKAUAN JARINGAN 4G MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Garsinia Ely Riani ¹⁾, Wayan Firdaus Mahmudy ²⁾

Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia
Email: ¹Garsiniaeriani@gmail.com, ²wayanfm@ub.ac.id

Abstrak

Kemampuan dan jangkauan 4G yang lebih luas daripada teknologi generasi sebelumnya perlu dimaksimalkan. Hal ini mengingat antusiasme pengguna layanan selular dalam menyambut kehadiran teknologi internet cepat ini. Optimasi yang dilakukan memperhatikan luas area, kepadatan pengguna internet dan posisi *Base Transceiver Station* (BTS). Penelitian ini mengusulkan algoritma genetika sebagai algoritma optimasi yang sering digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan kompleks. Optimasi dilakukan untuk memaksimalkan jangkauan 4G secara efektif dan efisien dari sisi penyedia (*provider*). Serangkaian uji coba menunjukkan bahwa algoritma genetika mampu memberikan solusi yang cukup baik untuk penentuan posisi BTS dalam permasalahan jangkauan pelanggan.

Kata kunci: 4G LTE, Optimasi, Algoritma genetika

Abstract

4G capabilities that reach wider areas than previous technology should be optimized. This is considering the mobile service user enthusiasm in welcoming the presence of this internet technology quickly. Optimization is done by paying attention to the coverage area, the density of Internet users and the position of Base Transceiver Station (BTS). This study proposes a genetic algorithm as optimization algorithms that are often used to solve a variety of complex issues. Optimization is done to maximize the 4G coverage effectively and efficiently from the provider side. A set of numerical experiment shows that the genetic algorithm is able to give a good solution for positioning of BTS for customer coverage.

Keywords: 4G LTE, Optimization, Genetic Algorithms

1. PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi di era ini sangat terasa dampaknya dalam kegiatan sehari-hari. Trend yang sedang terjadi di Indonesia saat ini adalah kebutuhan akan komunikasi paket data. Perkembangan dimulai dari generasi kedua, yakni era GPRS, konsumen mulai dikenalkan dengan komunikasi paket data. mulai dari EDGE, UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+, dimana akan terjadi perubahan kebutuhan konsumen dari komunikasi suara menjadi komunikasi data dengan kecepatan transfer yang semakin tinggi (Suyuti, dkk. 2011). Perkembangan Teknologi telekomunikasi telah menuju ke arah teknologi Broadband Wireless Access (BWA) dan dituntut untuk memenuhi komunikasi dengan transfer data yang tinggi, mobilitas yang tinggi, kapasitas yang besar, area akses yang semakin luas, dilihat dari sisi kebutuhan pelanggan. Sedangkan bagi penyedia jaringan diperlukan desain jaringan yang lebih sederhana namun dapat bekerja dengan seoptimal mungkin.

Long Term Evolution (LTE) menjawab permasalahan tersebut. Teknologi LTE diklaim dirancang untuk menyediakan efisiensi spektrum yang lebih baik, peningkatan kapasitas radio, latency, dan biaya operasional yang rendah bagi operator serta layanan mobile broadband kualitas tinggi untuk para pengguna (ariyanti, S. 2014). Teknologi LTE merupakan hasil evolusi teknologi GSM memiliki data rate lebih tinggi dibanding teknologi 3G, mencapai 100 Mbps untuk downlink dan 50 Mbps untuk uplink. Kemampuan LTE disambut baik di Indonesia dengan banyaknya pengguna selular yang mengganti perangkat selular dengan perangkat selular yang mendukung teknologi ini. Untuk dilakukan pengoptimalan jangkauan 4G LTE demi menjangkau pengguna selular secara merata. Permasalahan ini merupakan salah satu permasalahan kompleks yang membutuhkan algoritma yang sesuai untuk mendapatkan solusi optimal penentuan posisi BTS yang tepat.

Pemilihan algoritma genetika untuk menyelesaikan masalah optimasi jaringan 4G ini didasari oleh penelitian sebelumnya yang memberikan hasil yang baik pada permasalahan

optimasi kompleks (Mahmudy dkk., 2013). Referensi penelitian sebelumnya yang berkaitan dilakukan oleh Gao, Chen, Ming, Yunfeim, dan Shinong (2015). Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma genetika terbukti memberikan solusi yang baik untuk masalah jangkauan *wireless sensor network* lebih efisien. Penelitian selanjutnya adalah penelitian tentang optimasi penyebaran LTE menggunakan algoritma genetika oleh Jaloun, Guennoun, Elasri (2011) yang membandingkan dua algoritma heuristik yaitu algoritma genetika dan *simulated annealing*, sekalipun keduanya memberikan hasil yang hampir sama namun algoritma genetika dapat meningkatkan nilai fitnessnya lima kali lebih baik dari pada *simulated annealing*.

2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1. 4G LTE

Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi standard 3rd *Generation Partnership Project* (3GPP), evolusi dari teknologi GSM dan UMTS. Data rate LTE lebih besar dibanding teknologi yang pernah dikembangkan sebelumnya. LTE disebut sebagai teknologi 4th generation atau biasa disebut 4G setelah sebelumnya dikembangkan teknologi 3G, sebenarnya LTE belum sepenuhnya memenuhi kriteria sebagai teknologi 4G lebih tepatnya masih 3.9G. LTE memiliki kelebihan diantaranya (Ariyanti, 2013):

- Latency/delay lebih rendah
- Data rate lebih tinggi
- Meningkatkan kapasitas dan coverage
- Cost-reduction

Tahapan pemodelan rancangan jaringan LTE meliputi penentuan area layanan yaitu kota Malang, kepadatan penduduk, kepadatan kebutuhan trafik pelanggan dan kemampuan perBTS.

2.2. Penentuan area layanan

Penentuan wilayah berdasarkan pada kepadatan penduduk dan tingkat aktifitasnya area di bagi menjadi 2 yaitu urban dan suburban, dimana daerah urban memiliki penduduk dengan aktifitas tinggi dan lebih padat, sedangkan untuk suburban adalah yang memiliki kepadatan penduduk lebih sedikit.

Berdasarkan Tabel 1, kecamatan yang termasuk dalam wilayah suburban adalah Kedungkandang. Dengan kepadatan penduduk paling sedikit.

Tabel 1. Kepadatan penduduk kota Malang 2014

Kecamatan	Jumlah Penduduk	Luas Wilayah (Km ²)	Kepadatan Penduduk/km ²
Kedungkandang	183.927	39.88	4,611
Sukun	188.545	20.95	8,991
Klojen	104.590	8.83	11,845
Blimbing	176.845	17.77	9,952
Lowokwaru	192.066	22.60	8,498
Total	845.973	110.06	7,686

Sumber : (BPS Kota Malang)

2.3. Offered Bit Quantity(OBQ)

OBQ adalah perkiraan kepadatan trafik didaerah tertentu dengan beberapa parameter yang perlu diperhatikan diantaranya kepadatan pelanggan potensial, penetrasi pengguna tiap layanan, durasi panggilan efektif yang dilakukan pelanggan, *busy Hour Call Attempt* (BHCA) dan *bandwidth* dari type layanan yang disediakan yaitu IP, video, dan *Voice Over Internet Protocol* (VoIP) merupakan layanan yang melewati suara melalui paket data. Persamaan untuk mendapatkan nilai OBQ adalah (Ariyanti, 2013) :

$$\sum \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW \dots \dots (1)$$

σ = kepadatan pelanggan potensial dalam suatu daerah pengguna/km²)

p = Penetrasi Pengguna tiap layanan

d = durasi panggilan efektif (s)

$BHCA$ = *Busy Hour Call Attempt* (call/s)

BW = *Bandwidth* tiap layanan (Kbps)

2.4. Jumlah sel setiap wilayah

Perhitungan jumlah sel dilakukan untuk menentukan optimasi sel yang perlu diterapkan pada daerah target. Jumlah sel didapat menggunakan persamaan berikut (Asmungi dkk., 2015) :

$$\sum sel = \frac{L(wilayah)}{L} \dots \dots \dots (2)$$

$\sum sel$ = jumlah sel

$L(wilayah)$ = Luas wilayah

L = luas cakupan sel

2.5. Algoritma Genetika

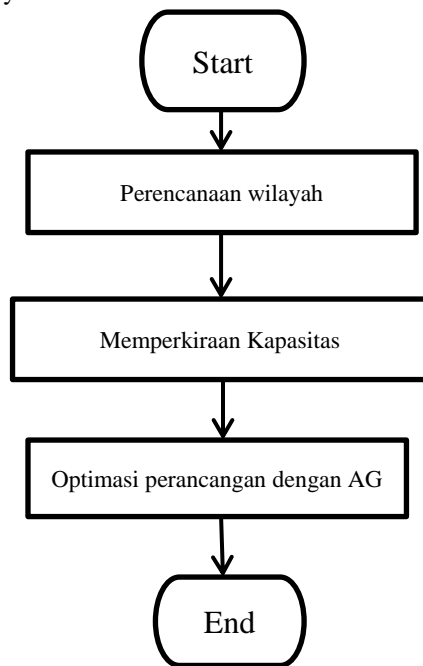
Algoritma genetika berkembang seiring dengan perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat. Kemampuan algoritma genetika adalah dapat menyelesaikan permasalahan kompleks (Mahmudy, 2014). Algoritma genetika diilhami oleh ilmu genetika, oleh karena itu istilah dalam algoritma genetika banyak diadopsi dari ilmu tersebut. Apabila dibandingkan dengan prosedur pencarian dan optimasi biasa, algoritma genetika berbeda dalam beberapa hal sebagai berikut (Mahmudy, 2013) :

- Manipulasi dilakukan terhadap kode dari himpunan parameter (biasa disebut *chromosome*), tidak secara langsung terhadap parameternya sendiri.

- Proses pencarian dilakukan dari beberapa titik dalam satu populasi, tidak dari satu titik saja.
- Proses pencarian menggunakan informasi dari fungsi tujuan.
- Pencariannya menggunakan stochastic operators yang bersifat probabilistik, tidak menggunakan aturan deterministik.

3. METODOLOGI

Data yang ada menunjukkan jumlah BTS yang telah ada di Malang sebanyak 45 BTS, sedangkan hasil perhitungan dengan persamaan (1) dan persamaan (2) menghasilkan 5 BTS suburban dan 19 BTS urban, dari hasil yang telah dipaparkan tidak semua BTS perlu dipasang sel untuk memaksimalkan pemasangan jaringan 4G LTE ini. Maka dibutuhkan suatu perhitungan yang dapat mengoptimasi posisi pemasangan BTS secara tepat untuk memaksimalkan jumlah pelanggan yang dilayani.



Gambar .1 Alur Penyelesaian permasalahan

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Perencanaan wilayah diawali dengan menentukan luasan kota Malang, dan target jumlah pelanggan. perhitungan cakupan wilayah, pertama dilakukan penentuan wilayah meliputi luas dan pembagian wilayah urban dan suburban. Perhitungan jumlah pelanggan yang menggunakan provider A.
2. Memperkirakan kapasitas, ialah menghitung kapasitas pelanggan berdasarkan kepadatan pengguna. Merencanakan kemampuan kapasitas perlu dihitung terlebih dahulu estimasi

kepadatan trafik total pada jam sibuk dengan OBQ (*Offered Bit Quantity*) dan jangkauan luas tiap sel.

3. Mengoptimasi jaringan Menggunakan Algoritma Genetika. Tahap ini menentukan penempatan sel pada BTS yang tepat pada BTS yang telah ada. Dan perhitungan fitness yang memperkirakan adanya irisan antar BTS.

4. IMPLEMENTASI DAN HASIL UJI COBA

Presentase pengguna selular sebesar 85% dan penetrasi provider X sebesar 21.7% (Tim Study Group 4G Spectrum. 2010). Selanjutnya berdasarkan data kepadatan penduduk di bagi menjadi dua wilayah yaitu urban dan suburban. Yang termasuk dalam suburban adalah Kedungkandang yang memiliki kepadatan penduduk paling sedikit. Selanjutnya kecamatan Sukun, Klojen, Blimbing dan Lowokwaru termasuk wilayah urban. maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Tabel 2 : Tabel Kepadatan Pelanggan Selular

	Urban	Suburban
Jumlah pelanggan potensial (85%)	562.739	156.337
Jumlah pelanggan provider X (21.7%)	122.144	33.925
Kepadatan (user/km ²)	1.740	850

Optimasi jaringan 4G LTE ini terdiri perhitungan trafik yang dibutuhkan dan rata-rata radius luas jangkauan. Setelah mendapatkan nilai jangkauan luas dan jumlah trafik yang dibutuhkan, pengoptimasian di lakukan dengan membangkitkan secara acak jumlah pengguna yang berada di jangkauan setiap BTS.

4.1. Representasi kromosom dan perhitungan fitness

Inisialisasi kromosom pada Gambar 2 menunjukkan deret kromosom sepanjang 45 gen, gen bernilai satu menunjukkan BTS yang akan dipasang. Pada baris index menunjukkan urutan dari deret individu bernilai satu berjumlah 24, dan index berwarna biru adalah BTS. BTS suburban yang harus dipasang berjumlah 5.

```

Biner  1100101110110011001100011011000100
        11010110110
Index  1 2 5 7 8 9 11 12 15 16 19 20 24 25 27 28
        32 35 36 38 40 41 43 44
  
```

Gambar 2. Contoh Kromosom

4.2. Crossover one-cut-point

Pada penelitian ini reproduksi yang dilakukan menggunakan *onecut point* yang ditentukan secara random oleh sistem untuk posisi *cutpoint* dan kemudian menukarkan cromosom setelah index cutpoint dengan cromosom parent kedua.

4.3. Insertion Mutation

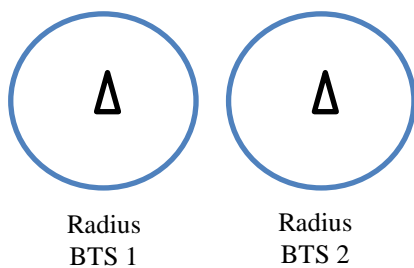
Untuk proses reproduksi selanjutnya adalah permutasi yang melibatkan satu induk saja, Permutasi yang digunakan adalah *insertionmutation* yaitu menentukan posisi pergeseran gen secara random.

4.4. Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan menentukan perhitungan fitness yang digunakan. BTS dibedakan menjadi empat yaitu :

1. BTS tanpa irisan

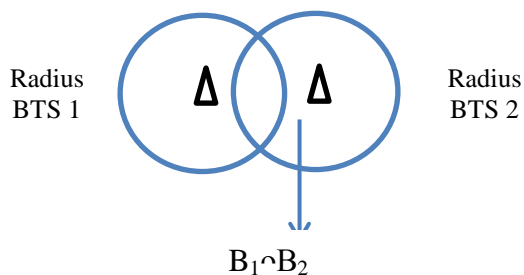
BTS tidak beririsan adalah BTS yang memiliki jarak cukup jauh dengan BTS lain sehingga tidak terjadi singgungan, maka jumlah pelanggan yang dicover sesuai dengan data yang ada.



Gambar 3. BTS tidak beririsan

2. 2 BTS saling beririsan

2 BTS yang saling beririsan menghasilkan satu luasan yang dijangkau oleh keduanya. Hal ini terjadi karena posisi menara terlalu dekat atau banyaknya pelanggan yang harus dilayani. Adanya irisan ini memungkinkan adanya pelanggan yang sama dilayani oleh 2 BTS sehingga perlu adanya perhitungan lebih detail saat perhitungan fitness jumlah pelanggan.



Gambar 4. 2 BTS beririsan

Maka untuk menghitung jumlah keseluruhan karena adanya irisan adalah :

$$P = (B_1 + B_2) - (B_1 \cap B_2)$$

P = jumlah pelanggan yang dapat dilayani

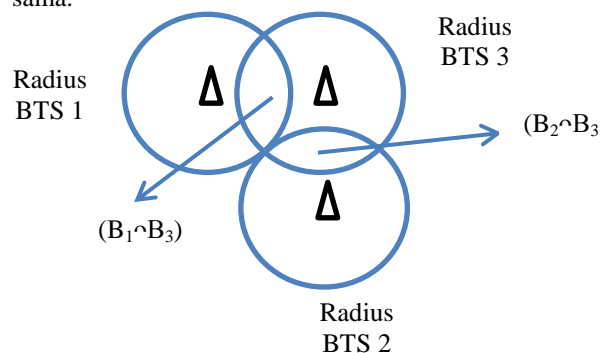
B_1 = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 1

B_2 = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 2

$(B_1 \cap B_2)$ = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan jangkauan dua BTS

3. 3 BTS 2 irisan

3 BTS yang berdekatan dengan radius jangkauan memungkinkan terbentuk 2 irisan yang menghasilkan luasan dan melayani pelanggan yang sama.



Gambar 5. Irisan 3 BTS

Maka perhitungan fitness untuk 2 irisan adalah :

$$P = (B_1 + B_2 + B_3) - [(B_1 \cap B_3) + (B_3 \cap B_2)]$$

P = jumlah pelanggan yang dapat dilayani

B_1 = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 1

B_2 = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 2

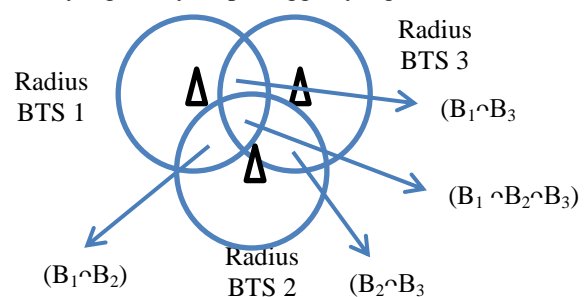
B_3 = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 3

$(B_1 \cap B_3)$ = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan BTS 1 dan BTS 3

$(B_2 \cap B_3)$ = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan BTS 2 dan BTS 3

4. 3 BTS 4 irisan

3 BTS yang berdekatan dapat membentuk 4 irisan yang melayani pelanggan yang sama.



Gambar 6. 3 BTS 4 Irisan

Pada perpotongan 3 BTS yang menghasilkan 4 area maka rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P = (B_1 + B_2 + B_3) - [(B_1 \cap B_2) + (B_2 \cap B_3) + (B_3 \cap B_1)] - (B_1 \cap B_2 \cap B_3) \dots \dots \dots (4.3)$$

P = jumlah pelanggan yang dapat dilayani

B_1 = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 1

B_2 = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 2

B_3 = jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS 3

$(B_1 \cap B_2)$ = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan dua BTS

$(B_3 \cap B_2)$ = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan dua BTS

$(B_1 \cap B_3)$ = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan dua BTS

$(B_1 \cap B_2 \cap B_3)$ = jumlah pelanggan yang ada dalam irisan 3 BTS

Untuk kromosom pada Gambar 2, perhitungan fitness dilakukan dengan menjumlahkan gen bernilai 1 dengan memperhatikan nilai BTS yang beririsan.

Untuk menghitung jumlah user yang dapat dilayani oleh BTS pada kromosom pada Gambar 2, biner bernilai 1 menunjukkan urutan index BTS, jika dijabarkan pada baris index menunjukkan urutan index BTS yang terpasang sejumlah 24, index berwarna biru menunjukkan index BTS suburban sebanyak 5 BTS yang harus terpasang dari 7 BTS suburban yang ada, selanjutnya dilakukan perhitungan sesuai dengan model luasan BTS yang telah dijabarkan di subbab evaluasi, langkah perhitungan fitness adalah :

1. Jumlah pelanggan yang dilayani oleh BTS yang terpasang, pada biner bernilai 1. Pada contoh individu diatas jumlah pelanggan yang dapat dilayani adalah 10765.
2. Menentukan jumlah pelanggan yang berada dalam irisan, individu BTS yang beririsan
3. Total keseluruhan pelanggan = 10765 – 405 = 10360 pelanggan
4. Persentasi pelanggan yang dapat dilayani = $(10360/17030) \times 100 = 60,83\%$

4.5. Hasil Uji Coba

Uji coba pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter algoritma genetika yang terbaik. Individu dengan nilai fitness tertinggi didapatkan pada ukuran populasi 400, banyaknya generasi 500 dan kombinasi *crossover rate* (*cr*) sebesar 0,2 dan *mutation rate* (*mr*) sebesar 0,8.

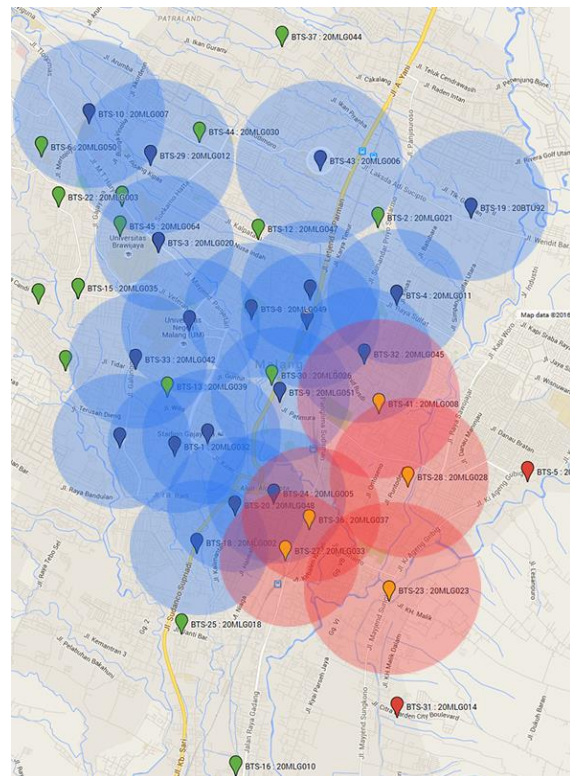
Dengan nilai parameter terbaik ini, algoritma genetika dijalankan dan didapatkan nilai fitness sebesar 66,19%. Nilai ini menunjukkan persentasi jumlah pelanggan yang dapat dilayani di kota Malang dengan jumlah BTS terpasang sebanyak 24.

Kromosom yang didapatkan ditunjukkan pada Gambar 7.

100100111110010001111011001101011011000110100

Gambar 7. Kromosom Terbaik

Dari kromosom pada Gambar 7, bisa dihasilkan peta yang menunjukkan BTS terpasang seperti pada Gambar 8. Warna biru adalah BTS urban yang terpasang sejumlah 19 BTS sedangkan warna kuning adalah BTS suburban yang terpasang sejumlah 5 BTS.



Gambar 8. Simulasi Penempatan BTS

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian yang telah dilakukan adalah :

1. Algoritma genetika mampu memberikan solusi yang cukup baik untuk penentuan posisi BTS dalam permasalahan jangkauan trafik pelanggan.
2. Representasi kromosom yang efisien untuk penyelesaian masalah jangkauan trafik pelanggan menggunakan pengkodean biner.
3. Fitness terbaik sebesar 66,19% didapatkan pada ukuran populasi 400, banyaknya generasi 500 dan kombinasi parameter *cr* 0,2 dan *mr* 0,8.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, Sri. 2014. Studi Perencanaan Jaringan Long Term Evolution Area Jabodetabek Studi Kasus PT. Telkomsel. *Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika. Buletin Pos dan Telekomunikasi*, Vol.12 No. 4 : 255 – 268.
- Ariyanti, Sri. 2013. Studi Pemanfaatan Digital Dividend Untuk Layanan Long Term Evolution (LTE). *Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika. Buletin Pos dan Telekomunikasi*, Vol.11 No.3 : 189-208.
- Asmungi, Gaguk., Wirawan, Y Anindito., Budi, P Endah., 2015. Estimasi Luas Coverage Area dan Jumlah Sel 3G pada Teknologi WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). *Brawijaya University, Indonesia. Vol. 3 No. 1*.
- Gao, Wengen., Chen, Qigong., Ming, Jiang., Yunfeim, Li., Shinong, Wang. 2015. The Optimization of Genetic Algorithm in Wireless Sensor Network Coverage. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. Vol. 8, No. 1, pp. 255-264*.
- Jaloun, M., Guennoun, z., Elasri, A. 2011. Use of Genetic Algorithm in the Optimisation of The LTE Deployment. *International Journal of Wireless & Mobile Networks(IJWMN) Vol. 3, No. 3*.
- Mahmudy, Wayan Firdaus. 2013. *Algoritma Evolusi*. Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Universitas Brawijaya. Malang.
- Mahmudy, Wayan Firdaus. 2014, 'Optimisation of Integrated Multi-Period Production Planning and Scheduling Problems in Flexible Manufacturing Systems (FMS) Using Hybrid Genetic Algorithms', School of Engineering, University of South Australia.
- Mahmudy, WF, Marian, RM & Luong, LHS 2013, 'Modeling and optimization of part type selection and loading problems in flexible manufacturing system using real coded genetic algorithms', *International Journal of Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering*, vol. 7, no. 4, pp. 251-260.
- Suyuti, S., Rusli., Syarif, S. 2011. Studi Perkembangan Teknologi 4G-LTE dan WiMAX di Indonesia. *Jurnal Ilmiah "Elektrikal Enjiniring" UNHAS, Volume 09 No.02 Mei –Agustus 2011*.
- Tim Study Group 4G Spectrum. 2010. *White Paper Study Group Alokasi Pita Frekuensi Radio Untuk Komunikasi Radio Teknologi Keempat (4G)*.