

ANALISIS SELF-OPTIMIZATION CAKUPAN DAN KAPASITAS MENGUNAKAN ALGORITMA HEURISTIK DI LINGKUNGAN RADIO PROPAGASI YANG BERBEDA (STUDI KASUS 3G UMTS)

Yasir Adin S. ¹, DR. Rina Pudji A., Ir., MT. ², Nachwan Mufti A., S.T., MT. ³
^{1,2,3}Fakultas Elektro dan Komunikasi, Institut Teknologi Telkom, Bandung
¹ yasir.adin@gmail.com, ² rpa@ittelkom.ac.id, ³ nma@ittelkom.ac.id

Abstrak

Self-Organizing Network (SON) merupakan suatu metode yang bisa menghemat biaya operasional, menaikkan performansi dan kualitas proses yang dinamis pada suatu jaringan. Salah satu fitur SON adalah *Self-Optimisation* yang membuat suatu jaringan bisa otomatis menyesuaikan konfigurasinya setelah proses pengumpulan data dari *User Equipments* dan *base station*. Salah satu kandidat yang akan digunakan untuk teknologi *Self-Optimisation* adalah *Adaptive Antenna Systems* yang dikombinasikan dengan algoritma heuristik. Parameter yang dihasilkan adalah *uniform pilot power* dan konfigurasi *tilting*.

Tujuan penelitian ini adalah menguji hasil keluaran algoritma heuristik. Dalam penelitian ini dihasilkan *pilot power* yang mampu turun di setiap penurunan nilai *tilting*. Selain itu algoritma heuristik mampu menyesuaikan nilainya berdasar lingkungan radio propagasinya. Pilot power yang dihasilkan untuk daerah urban bisa lebih kecil dibanding untuk daerah rural. Pada saat konfigurasi optimum untuk jumlah sel 12 buah nilai SINR meningkat 40% sampai 100% dan throughput meningkat sekitar 20%.

Kata kunci : *Adaptive Antenna Systems*, Algoritma heuristik, *Self-Organizing Network*, *Self-Optimisation*, WCDMA, *RadioPropagation Channel*.

Abstract

Self-Organizing Network (SON) is a method that can save on operational costs, increase quality performance and dynamic processes on a network. SON is one of the features that make the Self-Optimisation of a network can automatically adjust its configuration after the process of gathering data from User Equipments and base station. One of the candidates that will be used for Self-Optimisation technology is Adaptive Antenna Systems which are combined with heuristic algorithms. The resulting parameters are uniform pilot power and tilting configuration.

The purpose of this study was to test the output of the heuristic algorithm. In a pilot study generated power that is able to drop in any impairment of tilting. In addition heuristic algorithm capable of adjusting its value based on its radio environment. Pilot power is generated for urban areas can be smaller than for rural areas. At the optimum configuration for the number of cells 12 pieces SINR value increased 40% to 100% and throughput increased by about 20%.

Key words: Adaptive Antenna Systems, heuristic algorithm, Self-Organizing Network, Self-Optimisation, WCDMA, RadioPropagation Channel.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi seluler yang disertai dengan penambahan jumlah pengguna membuat para peneliti mengembangkan teknologi yang tepat. Oleh karena itu saat ini sedang dikembangkan teknologi *self-organizing network* (SON) yang notabene bisa memberikan pelayanan yang optimal dengan sumber daya yang digunakan relatif lebih sedikit. Karena parameter-parameter yang akan digunakan di masa yang datang akan semakin kompleks karena sel yang ada akan semakin kecil dan jumlahnya akan banyak sehingga bila dilakukan secara manual akan memerlukan waktu dan sumber daya

yang banyak. Hal tersebut akan berdampak pada biaya yang akan dikeluarkan.

Kemampuan SON sendiri nantinya akan memiliki tiga buah fitur yaitu *self-configuration*, *self-optimisation*, dan *self-healing*. Dari ketiga fitur tersebut yang akan dirasakan langsung oleh pengguna adalah *self-optimisation* terutama dalam cakupan dan kapasitas. Teknologi saat ini yang sedang dikembangkan untuk kemampuan suatu site agar bisa melakukan *self-optimisation* adalah penggunaan sistem antena adaptif yang menggunakan beberapa metode. Metode-metode yang dilakukan pun beragam mulai dari *tilting*, *vertical sectorization*, hingga *beamforming*. Dari

metode yang ada tersebut sedang diusahakan agar di dapat suatu jaringan radio yang sudah *on air* bisa adaptif terhadap perubahan pola persebaran pelanggan.

Pola persebaran pelanggan di Indonesia sendiri begitu unik. Karena pada waktu tertentu perubahan cukup dinamis. Misalnya saja pada saat pagi di pinggiran Jakarta, tentunya site yang berada di jalan akan mengalami kenaikan trafik karena banyak orang yang akan berangkat bekerja. Sehingga ketika siang hari daerah pemukiman atau perumahan di pinggiran Jakarta akan relatif rendah trafiknya. Di samping itu kondisi geografis negara ini cukup komplis sehingga perlu diadakan penelitian mengenai pengaruh antena adaptif di berbagai morfologi daerah dengan beberapa sampling jaringan yang dibangun menggunakan teknologi 3G UMTS.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengamati dampak perubahan tilting terhadap jangkauan layanan *base station*.
2. Mengamati dampak perubahan tilting terhadap alokasi daya pancar pada suatu jaringan 3G UMTS.
3. Mendapatkan konfigurasi optimum dengan menggunakan algoritma heuristik.
4. Mengamati pengaruh lingkungan terhadap pilot power yang harus dialokasikan.
5. Menguji performansi algoritma heuristik dengan parameter SINR dan *throughput*.

1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dikaji dan diteliti pada tugas akhir ini adalah :

1. Proses Self-Optimisation dengan menggunakan algoritma heuristik.
2. Konfigurasi pilot power CPICH yang tepat dengan adanya perubahan tilting.
3. Hasil perbandingan performansi algoritma heuristik di lingkungan propagasi radio yang berbeda (*urban, suburban, rural*).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk tugas akhir ini adalah :

1. Jaringan yang digunakan adalah 3G UMTS untuk layanan suara.

2. Teknik yang digunakan merubah *electrical antenna tilting*.
3. Perancangan antena adaptif tidak dibahas lebih lanjut.
4. Simulasi dan analisis yang dilakukan pada arah *downlink* saja.
5. Asumsi yang digunakan adalah user yang ada *low mobility*.
6. Area yang dilayani merupakan daerah homogen (kondisi propagasi sama untuk setiap *base station* yang terletak di radio propagasi dengan tipe yang sama).
7. P-CPICH *uniform* untuk semua *base station*.
8. Lingkungan radio propagasi sudah diinisialisasi terlebih dahulu.

2. Dasar Teori

2.1. SON

Seperti jaringan *mobile* pada umumnya, LTE juga memerlukan sistem yang bisa mengelolanya. Semenjak teknologi ini dikembangkan dari UMTS, tentu dalam mengelolanya akan menggunakan pengembangan dari teknologi 3G. Sifat dari LTE sendiri adalah berusaha untuk mengurangi kompleksitas serta usaha dalam pengoperasiannya atau lebih spesifik lagi bisa bekerja menggunakan vendor yang beragam. Salah satu cara yang digunakan adalah *Self Organizing Network* (SON). Dengan cara ini akan membuat jaringan *mobile* bisa dikurangi usaha dalam pengoperasiannya, meningkatkan performansi, lebih dinamis dalam memproses permasalahan dalam jaringan.

Fungsi utama dari SON adalah *self configuration*, *self optimisation*, dan *self healing*. Penjelasan sebagai berikut:

1. Self-configuration

Fitur ini digunakan ketika base station baru sedang akan dijalankan. Pada fase ini begitu eNodeB dijalankan instalasi akan berjalan secara otomatis. Proses yang berlangsung di sini adalah fungsi pembangunan hubungan dengan site yang terdekat dengannya. Di samping itu site akan melakukan konfigurasi *physical cell ID* (PCI).

2. Self-Optimisation

Fitur ini digunakan untuk operational sehingga jaringan operator yang berlangsung bisa mendapatkan manfaat misalnya dalam kasus *mobility load balancing* yang bisa mengurangi proses ketika digunakan untuk perubahan lingkungan. Kasus-kasus yang memerlukan fitur ini adalah sebagai berikut:

- Optimasi cakupan dan kapasitas
- Penghematan energi

- Mengurangi interferensi
 - Optimasi *mobility robustness*
 - Optimasi *mobility load balancing*
 - Optimasi RACH
 - Koordinasi *Inter-cell interference*
3. Self-Healing
Fitur ini digunakan untuk mendeteksi suatu kesalahan dan menerapkan algoritma untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

2.2. Antena tilting

Antena adaptif merupakan antena yang bisa menyesuaikan konfigurasi sesuai dengan kondisi dari penggunaannya karena sudah menggunakan microchip di dalamnya. Contoh dari antena ini yang sudah mulai dikembangkan adalah antena yang memiliki fitur *Remote Electrical Tilting* (RET). Parameter dari antena yang bisa dikontrol dalam kasus optimasi sendiri ada beberapa, yaitu Pola radiasi, Sudut Azimuth, Antenna tilting dan Ketinggian dari permukaan tanah.

2.3. Pilot power

Common Pilot Channel (CPICH) merupakan kanal yang digunakan untuk referensi dalam *mobile station* melakukan *handover*, *cell selection*, dan *cell reselection*. Selain itu kanal ini juga bisa digunakan dalam menentukan ukuran dari sel (cakupan). CPICH ini sendiri terdapat dua jenis yaitu P-CPICH (*primary*) dan S-CPICH (*secondary*). Biasanya parameter P-CPICH digunakan dalam optimasi cakupan dan kapasitas sedangkan S-CPICH lebih fokus pada pengaturan nilai level daya dari P-CPICH. Umumnya nilai daya yang dialokasikan untuk CPICH adalah 5-10% dari total daya pancar base station dengan nilai maksimum 15% dan nilai minimum 3%. Di dalam prakteknya penentuan nilai pasti CPICH terdapat beberapa strategi dalam pengalokasiannya, antara lain melalui pendekatan sebagai berikut:

- *Uniform P-CPICH power*

Dengan strategi ini semua sel akan menggunakan nilai PCPICH yang sama. Strategi ini sering digunakan oleh operator di dalam perancangan jaringan karena kemudahannya. Dengan nilai CPICH yang sama kondisi optimal akan mudah tercapai dan waktu untuk perancangan jaringan relatif cepat. Namun strategi ini hanya efisien untuk skenario propagasi yang sederhana dimana redaman hanya dipengaruhi oleh jarak. Selain itu jika diterapkan untuk lingkungan yang non homogen (campuran dua jenis lingkungan propagasi misalnya urban dan suburban) akan

menghasilkan kinerja yang kurang efisien.

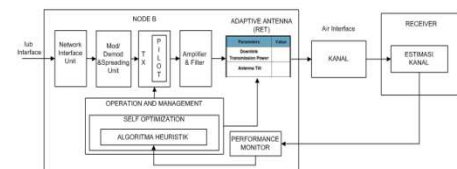
- Manual

Dengan strategi ini nilai PCPICH akan diinput secara manual dan kemungkinan besar akan menghasilkan nilai yang berbeda di setiap node B. Dalam penentuan nilai dayanya biasanya didasarkan pada pengalaman dan intuisi dari *engineer*. Tingkat keefisiennya lebih tinggi bila dibandingkan *uniform*. Akan tetapi strategi ini akan memakan banyak waktu terutama untuk jumlah sel yang banyak dan terkadang jauh dari nilai PCPICH *power* yang optimal.

- Maksimum *PCPICH power* untuk beban terendah

Dengan teknik ini sel-sel yang memiliki beban trafik yang rendah (*TCH power* kecil) alokasi daya pancar yang ada dari sisa trafik tersebut digunakan untuk pilot power.

3. Pemodelan Sistem



Gambar 3.1 Model Sistem

Pemodelan matematis yang digunakan dalam tugas akhir ini mengacu pada penelitian yang sudah ada^[8]. Jumlah sel pada jaringan UMTS dinyatakan dalam m sel, dan I menyatakan himpunan dari sel. Sehingga bisa ditulis sebagai $I = \{1, 2, 3, \dots, m\}$. Untuk area yang dilayani oleh sel direpresentasikan dalam *grid* (kotak-kotak kecil) dengan resolusi yang sudah ditetapkan pada parameter statistik jaringan yang disebut sebagai bin. Jumlah bin yang dinyatakan dalam n bin, dan J menyatakan himpunan dari bin yang dinyatakan dalam $J = \{1, 2, 3, \dots, n\}$.

Untuk memodelkan konfigurasi tilting untuk setiap sel, di sini dinyatakan himpunan dari semua kemungkinan nilai sudut tilting dari antena yaitu $K = \{1, 2, 3, \dots, k\}$. Diasumsikan bahwa semua sudut tilting sama untuk semua antena. Sedangkan untuk menggambarkan konfigurasi jaringan digunakan variabel biner dengan bentuk himpunan $V = \{v_i^{(k)}, i \in I, k \in K\}$. Dengan anggota himpunan dinyatakan sebagai berikut^[8]:

$$v_i^{(k)} = \begin{cases} 1 & \text{jika antena pada sel } i \\ & \text{menggunakan konfigurasi } k. \\ 0 & \end{cases} \quad (3.1)$$

Untuk menggambarkan kondisi lingkungan perlu tambahan parameter baru yaitu *power gain* dengan rentang nilai $g_j^{(k)}$ ($0 \leq g_j^{(k)} \leq 1$). Parameter ini merupakan hasil kalkulasi pengaruh karakteristik saluran antena (kabel *feeder*, *jumper*, dan *loss konektor*, *loss/gain amplifier*), antena konfigurasi

(ketinggian, azimuth, dan tilting), perangkat dari user dan pathloss yang tergantung dari lingkungan radio propagasi dan jarak. Untuk memudahkan dalam pembacaan power gain maka nilai-nilai yang dihasilkan dinyatakan dalam himpunan $G^{(k)} = \{g_{ij}^{(k)}, i \in I, j \in J, k \in K\}$.

Untuk penentuan nilai power gain sistem digunakan perhitungan link budget yang sudah sering digunakan dalam perancangan sistem komunikasi seluler.

$$G_{\text{system dB}} = L_{\text{TXdB}} + L_{\text{RXdB}} - G_{\text{TX,RXdB}} + L_{\text{PRdB}} + M_{\text{dB}} \quad (3.2)$$

Untuk prediksi pathloss yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Modified Hata. Model ini digunakan karena sering diaplikasikan dalam perancangan untuk makrosel untuk lingkungan outdoor.

$$L(f, h_b, h_r, d, env) = L_{50\%} + T(G(\sigma)) \quad (3.3)$$

Kasus I: $d \leq 0.04$ km

$$L_{50\%} = 32.4 + 20 \log(f) + 10 \log(d^2 + (h_{BS} - h_{MS})^2 / 10^6) \quad (3.4)$$

Kasus II: $0.04 < d < 1$ km

$$L_{50\%} = L_{50\%}(0.04) + \frac{\log(d) - \log(0.04)}{\log(0.1) - \log(0.04)} (L_{50\%}(0.1) - L_{50\%}(0.04)) \quad (3.5)$$

Kasus III: $d \geq 1$ km

$$b(h_{BS}) = \min\{0.20 \log(h_{BS}/30)\}$$

$$\alpha = \begin{cases} 1 & \text{untuk } d \leq 20 \text{ [km]} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \cdot 10^{-4} f + 1.07 \cdot 10^{-3} h_{BS}) \cdot (\log(d/20))^{0.8} & \text{untuk jarak } 20 \text{ [km]} < d \leq 100 \text{ [km]} \end{cases} \quad (3.6)$$

Sub-kasus I: Urban

$$L_{50\%} = 46.3 + 33.9 \log(2000) + 10 \log(f/2000) - 13.82 \log(\max\{30, h_{BS}\}) + [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, h_{BS}\})] \log(d) - \alpha(h_{MS}) - b(h_{BS}) \quad (3.7)$$

Sub-kasus II: Suburban

$$L_{50\%} = L_{50\%}(\text{urban}) - 2 \{\log[\min\{\max\{150, f\}, 2000\} / 28]\}^2 - 5.4 \quad (3.8)$$

Sub-kasus III: Rural

$$L_{50\%} = L_{50\%}(\text{urban}) - 4.78 \{\log[\min\{\max\{150, f\}, 2000\}]\}^2 + 18.33 \log[\min\{\max\{150, f\}, 2000\}] - 40.94 \quad (3.9)$$

Nilai standar deviasi untuk distribusi lognormal

Kasus I: $d < 0.04$ km

$$\sigma = 3.5 \text{ dB}$$

Kasus II: $0.04 \text{ km} < d < 0.1 \text{ km}$

$$\sigma = 3.5 + \frac{(12-3.5)}{(0.1-0.04)} (d - 0.04) \text{ dB} \quad \text{untuk propagasi di atas atap gedung}$$

$$\sigma = 3.5 + \frac{(17-3.5)}{(0.1-0.04)} (d - 0.04) \text{ dB} \quad \text{untuk propagasi di bawah atap gedung}$$

Kasus III: $0.1 \text{ km} < d \leq 0.2 \text{ km}$

$$\sigma = 12 \text{ dB} \quad \text{untuk propagasi di atas atap gedung}$$

$$\sigma = 17 \text{ dB} \quad \text{untuk propagasi di bawah atap gedung}$$

Kasus IV: $0.2 \text{ km} < d \leq 0.6 \text{ km}$

$$\sigma = 12 + \frac{(9-12)}{(0.6-0.2)} (d - 0.2) \text{ dB} \quad \text{untuk propagasi di atas atap gedung}$$

$$\sigma = 17 + \frac{(9-17)}{(0.6-0.2)} (d - 0.2) \text{ dB} \quad \text{untuk propagasi di bawah atap gedung}$$

Kasus V: $0.6 \text{ km} < d$

$$\sigma = 9 \text{ dB}$$

Dimana daerah yang dijangkau oleh base station (d) didapatkan dengan menggunakan persamaan^[10]:

$$\text{Inner Radius Distance} = \frac{H/\tan(A + \frac{BW}{2})}{5280} \text{ miles} \quad (3.10)$$

$$\text{Outer Radius Distance} = \frac{H/\tan(A - \frac{BW}{2})}{5280} \text{ miles} \quad (3.11)$$

Misalkan P^{tot} menyatakan daya pancar total di sel i dan P_i^{CPICH} menyatakan jumlah daya yang dialokasikan untuk pilot power untuk sel ini. Daya sinyal pilot terima dari sel i dan bin j dengan konfigurasi antena yang digunakan k adalah $\sum_{k \in K} P_i^{\text{CPICH}} \cdot g_{ij}^{(k)}$. Dengan dikombinasikan variabel biner maka di sisi penerima bisa ditulis sebagai berikut:

$$\sum_{k \in K} P_i^{\text{CPICH}} g_{ij}^{(k)} v_i^{(k)} \quad (3.12)$$

Agar kualitas pengiriman suara dapat terjamin maka nilai CIR harus lebih dari threshold yang sudah ditentukan, atau dalam bentuk matematis seperti di bawah ini^[8]:

$$\frac{\sum_{k \in K} P_i^{\text{CPICH}} g_{ij}^{(k)} v_i^{(k)}}{\sum_{l \in I, k \in K} P_l^{\text{Tot}} g_{ij}^{(k)} v_l^{(k)} + v_j} \geq \gamma_0 \quad (3.13)$$

Dimana v_j adalah thermal noise dari perangkat penerima yang berlokasi pada bin j . Nilai dari P^{CPICH} harus lebih besar sama dengan $P_{ij}(V)$.

Dalam perhitungan asumsi kasus terburuk interference adalah ketika nilai daya pancar base station lain sama dengan nilai pilot power pada suatu sel. Maka untuk menghitung nilai yang menjadi batas minimum pilot power menggunakan persamaan di bawah ini^[8]:

$$P_{ij}(V) = \gamma_0 \frac{\sum_{l \in I} \sum_{k \in K} P_l^{\text{Tot}} g_{ij}^{(k)} v_l^{(k)} + v_j}{\sum_{k \in K} g_{ij}^{(k)} v_i^{(k)}} \quad (3.14)$$

Karena konfigurasi antena yang sebelumnya sudah menghitung nilai yang menjadi batas minimum pilot power menggunakan persamaan di bawah ini^[8]:

$$P_{ij}(V) = \gamma_0 \cdot P^{\text{max}} \left[1 + \frac{\sum_{l \in I, l \neq i} \sum_{k \in K} g_{ij}^{(k)} v_l^{(k)}}{\sum_{k \in K} g_{ij}^{(k)} v_i^{(k)}} \right] + \frac{\gamma_0 \cdot v_j}{\sum_{k \in K} g_{ij}^{(k)} v_i^{(k)}} \quad (3.15)$$

Untuk menyediakan layanan untuk beberapa bin maka paling tidak harus ada sebuah sel yang ada di area

tersebut. Dengan konfigurasi yang terdapat dalam himpunan V , nilai minimum P^{CPICH} yang diperlukan pada bin j untuk memberikan layanan yang membuat user masuk dalam area cakupan dari sel tersebut dinyatakan sebagai berikut^[8]:

$$\min_{i \in I} P_{ij}(V) \quad (3.16)$$

Untuk bisa mencapai nilai pilot minimum dengan jaminan cakupan dari layanan 3G tidak dikorbankan maka nilainya bisa dicari menggunakan persamaan di bawah ini^[8]:

$$P^{CPICH} = \max_{j \in J} \min_{i \in I} P_{ij}(V) \quad (3.17)$$

Nilai minimum yang harus dicapai agar nilai optimum tetap menghasilkan cakupan yang sesuai dengan perencanaan tidak boleh dibawah nilai:

$$\max_{j \in J} \min_{i \in I} P^*_{ij} \quad (3.18)$$

Dimana nilai P^*_{ij} didapat dari persamaan dibawah ini^[8]

$$P^*_{ij} = \gamma_0 \cdot P^{max} \left[\frac{1 + \sum_{i \in I, i \neq i} \min_{k \in K} g_{ij}^{(k)} + \frac{v_j}{P^{max}}}{\max_{k \in K} g_{ij}^{(k)}} \right] \quad (3.19)$$

Parameter jaringan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Statistik jaringan daerah urban

Parameter	Nilai
Jumlah Site	4
Jumlah Sel	12
Jumlah bin	44800
Ukuran bin	10m x 10m
Luas area	1600x2800m

Tabel 3.2 Statistik jaringan daerah Suburban

Parameter	Nilai
Jumlah Site	4
Jumlah Sel	12
Jumlah bin	44800
Ukuran bin	10m x 10m
Luas area	1600x2800m

Tabel 3.3 Statistik jaringan daerah rural

Parameter	Nilai
Jumlah Site	4
Jumlah Sel	12
Jumlah bin	70000
Ukuran bin	10m x 10m
Luas area	2000x3500m

Tabel 3.4 Parameter setting base station

Parameter	Nilai
Maximum downlink transmit power (P^{max})	20 W
Maximum P-CPICH power (P^{max})	3W
Thermal noise power (v_j)	$1.55e^{-14}$ W
Minimum P-CPICH CIR (γ_0)	0.01

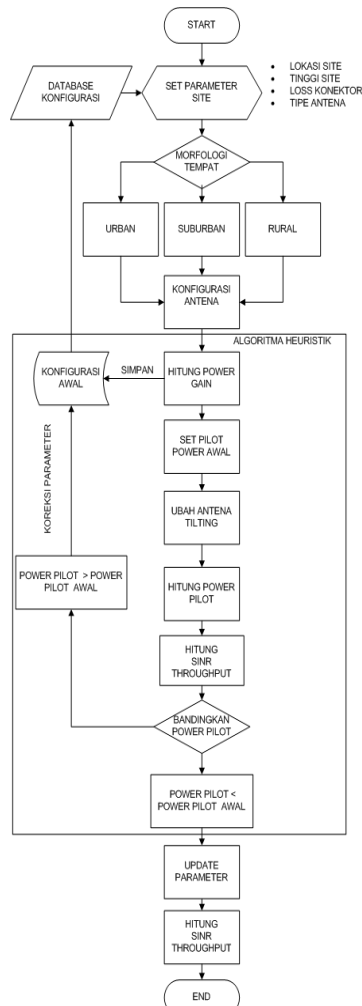
Antena yang digunakan untuk setiap *base station* menggunakan jenis antena yang berbeda, antara lain antena keluaran dari Agissson dan kathrein. Untuk Agissson yang digunakan adalah jenis DX-1710-2170-65-18i-2F dan DXX-1710-21701710-2170-6565-18i18i -MM. Sedangkan untuk Kathrein adalah tipe K74225.

3.1 Algoritma Heuristik

Algoritma ini digunakan sebagai algoritma untuk menentukan nilai tilting dan uniform pilot power pada suatu jaringan. Cara kerja algoritma ini adalah dia mempunyai perulangan yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan tindakan selanjutnya. Dari penelitian yang sudah ada^[1] algoritma ini telah disesuaikan hingga mampu digunakan untuk kandidat algoritma untuk self-optimization.

3.2 Diagram Alir

Diagram alir pada tugas akhir ini dimulai dengan pengambilan data dari database konfigurasi site. Parameter yang digunakan adalah lokasi site, tinggi antena, tipe antena, loss konektor, dan frekuensi kerja. Dari data lokasi site yang ada maka diketahui morfologi tempat (urban, suburban, dan rural) berdirinya site tersebut. Setelah itu konfigurasi antena (tilting) awal digunakan sebagai penentu *power gain*. Dimana *power gain* merupakan hasil perhitungan dari masukan yang berupa prediksi *pathloss* sistem, morfologi site, margin sistem, dan loss di penerima dan pemancar. Data hasil perhitungan awal di simpan terlebih dahulu sebagai parameter awal. Dari *power gain* yang ada ditentukan nilai pilot power dengan persamaan (3.16) dan hasil perhitungan yang ada ditetapkan sebagai pilot awal. Selanjutnya tilting antena dirubah menjadi lebih besar satu derajat dari tilting sebelumnya dan dihitung kembali nilai *pilot power*. Hasil *pilot power* setelah dilakukan perubahan tilting dibandingkan dengan *pilot power* awal. Nilai yang lebih kecil disimpan sebagai *pilot power* yang digunakan dalam jaringan. Proses yang ada berulang untuk semua sel yang ada dan kemungkinan rentang tilting antena yang mampu diterapkan pada antena yang ada.

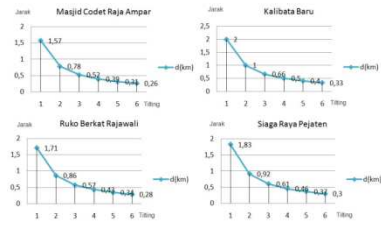


Gambar 3.2 Diagram alir

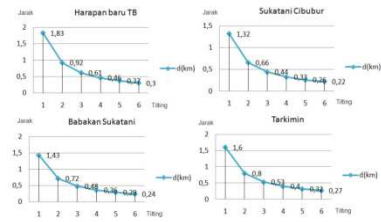
4. Analisis Hasil

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk menganalisis alokasi *pilot power PCPICH* pada sistem 3G UMTS dengan sistem antena adaptif. Dengan *user* menggunakan layanan suara dengan pergerakan lambat (*low mobility*). Pada pengalokasian ini menggunakan algoritma heuristik. Dalam penelitian ini dianalisis penggunaan algoritma dengan tipe lingkungan radio propagasi urban, suburban, dan rural. Data yang digunakan mengacu pada data *site* yang sudah *existing*. Parameter yang diteliti pada Tugas Akhir ini sebagai acuan dalam melihat performansi dari algoritma ini adalah SINR dan throughput dari sistem.

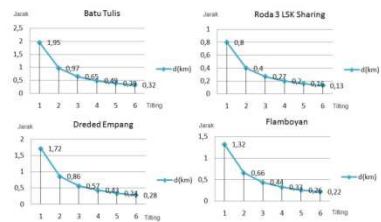
4.1 Dampak Tilting Terhadap Jangkauan Layanan Base Station



Gambar 4.1 Pengaruh tilting terhadap jarak pada site urban



Gambar 4.2 Pengaruh tilting terhadap jarak pada site suburban



Gambar 4.3 Pengaruh tilting terhadap jarak pada site rural

Dari grafik-grafik di tiap daerah terlihat kecenderungan perubahan yang sama. Bila dilihat dari sudut tilting semakin besar nilainya menghasilkan titik terjauh yang lebih dekat dengan menara. Hal ini sesuai dengan persamaan yang digunakan dalam perhitungan dimana sudut tilting berbanding terbalik dengan radius sel. Parameter lain yang menentukan nilai radius sel adalah tinggi antena dan *vertical beamwidth antena*. Dimana ketika antena tinggi membuat radius makin jauh. Sedangkan untuk *vertical beamwidth antena* nilai yang besar berdampak pada semakin kecilnya radius yang dihasilkan. Dari sifat-sifat itulah penggunaannya disesuaikan dengan kondisi radio propagasi. Untuk daerah urban ketinggian menara relatif pendek dan nilai *vertical beamwidth antena* relatif besar karena daerah urban fokus pada kapasitas. Sedangkan untuk rural menara yang digunakan tinggi dan *vertical beamwidth antena*

lebih kecil bila dibandingkan dengan daerah urban karena pada daerah rural fokus pada cakupan. Untuk daerah suburban nilai parameternya adalah tengah-tengah antara urban dan rural. Untuk pemilihan teknik tilting sendiri kenapa digunakan electrical tilting dikarenakan tiltingnya bisa fokus pada titik cakupan meskipun sudut tiltingnya diubah. Walaupun perubahan cakupan untuk electrical tilting tidak signifikan bila dibandingkan dengan *mechanical tilting*. Hal ini dikarenakan pada *mechanical tilting* ketika sudut diubah membuat cakupan berkurang main beam melebar. Akan tetapi akan lebih baik lagi bila keduanya digunakan secara bersama seperti yang sering dilakukan pada jaringan *existing*.

4.2 Dampak Perubahan Tilting Terhadap Alokasi Daya Pancar Pada Suatu Jaringan 3G UMTS

Tabel 4.4 Pilot Power Urban

Electrical Tilting	Pilot Power Total (Watt)	Pilot Power Per Sel (Watt)
1°	21,73	1,8107
2°	21,58	1,7980
3°	21,58	1,7980
4°	21,58	1,7980
5°	21,58	1,7980
6°	21,58	1,7980
Optimum	21,58	1,7980

Tabel 4.5 Pilot Power Suburban

Electrical Tilting	Pilot Power Total (Watt)	Pilot Power Per Sel (Watt)
1°	32,51	2,7095
2°	32,37	2,6974
3°	32,29	2,6910
4°	32,24	2,6865
5°	32,19	2,6828
6°	32,16	2,6803
Optimum	32,16	2,6803

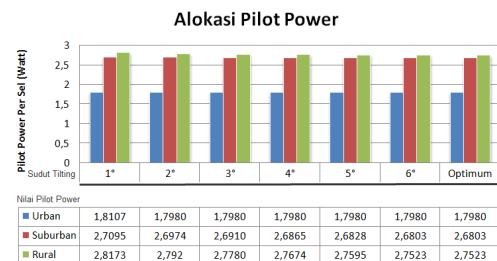
Tabel 4.6 Pilot Power Rural

Electrical Tilting	Pilot Power Total (Watt)	Pilot Power Per Sel (Watt)
1°	33,80	2,8173
2°	33,50	2,7920
3°	33,34	2,7780
4°	33,21	2,7674
5°	33,11	2,7595
6°	33,03	2,7523
Optimum	33,03	2,7523

Dari hasil perhitungan pilot power masing-masing daerah yang direpresentasikan dalam tabel menunjukkan kecenderungan yang sama. Dimana tiap peningkatan nilai tilting menghasilkan *pilot power* yang cenderung turun. Hal ini dikarenakan area cakupan yang harus dilayani semakin kecil dengan adanya peningkatan nilai tilting. Selain nilai uniform algoritma heuristik juga bisa digunakan untuk menentukan nilai tilting untuk masing-masing sel. Untuk hasil konfigurasi yang lebih lengkap disertakan dalam lampiran.

Pada tugas akhir ini terdapat perbedaan yang signifikan dengan hasil penelitian sebelumnya^[7]. Dimana nilai *uniform pilot power* hasil algoritma pada saat kondisi optimum nilainya sekitar 50% dari *uniform pilot power* pada saat tilting sama untuk sel. Hal ini dikarenakan jumlah sel yang digunakan jauh lebih sedikit. Sehingga pada saat algoritma melakukan iterasi karena jumlah sel yang sedikit nilai *uniform pilot power* yang dihasilkan tidak bisa sampai turun hingga 50%. Penurunan *uniform pilot power* pada tugas akhir ini hanya sampai sama dengan nilai pada saat tilting terbesar yaitu 6°. Nilai yang dihasilkan pun masih cukup besar bila dibandingkan nilai pilot power minimum yang perhitungannya menggunakan persamaan 3.19. Dimana batas bawah untuk setiap daerah sama yaitu 0,200 watt.

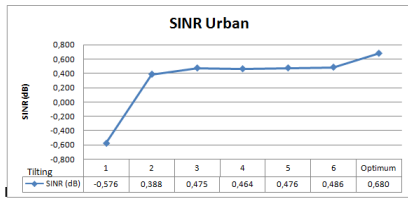
4.3 Pengaruh Lingkungan Terhadap Pilot Power Yang Harus Dialokasikan



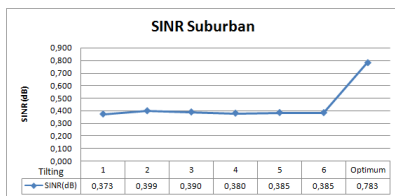
Gambar 4.7 Alokasi pilot power untuk tiap tilting di lingkungan radio propagasi berbeda

Dari histogram di atas terlihat kecenderungan yang sama untuk setiap konfigurasi. Dimana nilai pilot power untuk daerah urban lebih kecil dibandingkan dengan suburban dan rural. Hal ini dikarenakan dalam pencarian nilai *uniform optimum pilot power* pada algoritma heuristik menggunakan persamaan 3.15. Pada algoritma heuristik pada dasar merupakan fungsi dari *power gain* (G) sehingga setiap keputusan yang diambil akan bergantung padanya. Power gain (G) sendiri merupakan himpunan yang berisi perhitungan *link budget* pada suatu *site* ke titik tertentu dimana posisi *user* berada. Sehingga karena hubungan antara pilot power dan power gain berbanding terbalik sehingga menghasilkan nilai-nilai di atas. Semakin besar nilai *power gain* akan menghasilkan nilai *pilot power* yang kecil begitu juga sebaliknya. Pola seperti ini sudah sesuai dengan kebutuhan yang ada daerah urban perlu kapasitas yang besar sehingga cakupan relatif kecil sehingga *pilot power* yang diperlukan kecil sedangkan daerah rural perlu kapasitas yang kecil sehingga cakupan relatif besar sehingga *pilot power* yang diperlukan besar.

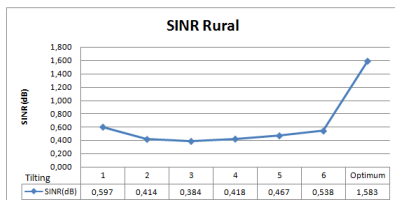
4.4 Performansi Algoritma Heuristik Dengan Parameter SINR Dan *Throughput*



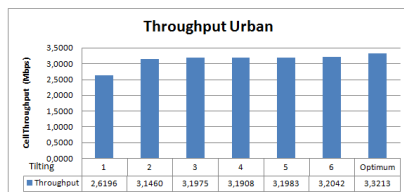
Gambar 4.8 Grafik SINR Urban



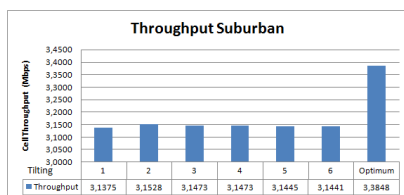
Gambar 4.9 Grafik SINR Suburban



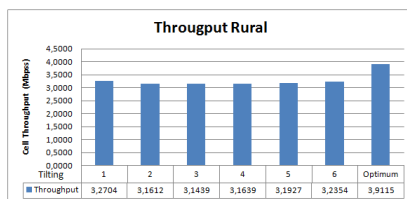
Gambar 4.10 Grafik SINR Rural



Gambar 4.11 Histogram Throughput Urban



Gambar 4.12 Histogram Throughput Suburban



Gambar 4.13 Histogram Throughput Rural

Dari grafik SINR dan histogram throughput penggunaan persamaan 3.17 dalam penentuan *uniform pilot power* ternyata menghasilkan nilai yang saling berdekatan untuk studi kasus yang diambil pada tugas akhir ini. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan nilai tilting yang sama untuk semua sel menghasilkan parameter yang tidak berbeda jauh. Selain itu ada hal yang harus dikorbankan bila menggunakan nilai tilting yang besar yaitu cakupan yang semakin kecil. Namun, pada saat kondisi optimum kenaikan nilai parameter untuk *SINR* bisa berkisar 40% hingga 100% sedangkan untuk *throughput* naik sekitar 20%. Sehingga algoritma heuristik di sini bisa dikatakan mampu untuk melakukan optimasi yang ditandai kenaikan nilai *SINR* dan *throughput*.

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang telah didapatkan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Faktor yang mempengaruhi perubahan radius yang disebabkan tilting antena dipengaruhi oleh tinggi antena, *vertical beamwidth*, dan nilai tilting itu sendiri. Dimana radius sel berbanding lurus dengan tinggi antena dan berbanding terbalik dengan *vertical beamwidth*, dan nilai tilting.
2. Penentuan *uniform pilot power* dengan nilai tilting yang sama untuk semua sel pada suatu jaringan mampu menghasilkan nilai *pilot power* yang makin kecil. Untuk jaringan dengan 12 sel nilai optimum yang dihasilkan tidak mampu turun lagi atau sama dengan pada saat tilting terbesar yaitu 6°. Hal ini berarti jumlah sel juga akan menentukan besarnya nilai *pilot power*.
3. Untuk perubahan lingkungan propagasi radio algoritma heuristik mampu menyesuaikan nilai *pilot power*. Dimana nilai alokasi *pilot power* untuk daerah urban lebih kecil dibanding suburban dan rural.
4. Nilai *uniform pilot power* dengan tilting yang sama untuk setiap sel pada jaringan yang memiliki 12 sel menghasilkan nilai *SINR* dan *throughput* yang hampir sama baik di lingkungan urban, suburban, maupun rural.
5. Pada saat konfigurasi mencapai optimum berdasarkan hasil pengolahan menggunakan algoritma heuristik performansi bisa naik dibandingkan saat *uniform pilot power* dengan tilting yang sama untuk semua sel. Kenaikan yang terjadi untuk *SINR* 40% sampai 100% sedangkan *throughput* berkisar 20%

untuk semua tipe lingkungan radio propagasi (urban, suburban, dan rural).

5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Membandingkan dengan algoritma lainnya misalnya *rule-based algorithm*, *case base learning algorithm*, dan lain sebagainya.
2. Membandingkan dengan teknik pengalokasian pilot power lainnya (manual dan maksimum *PCPICH power* untuk beban terendah).
3. Melakukan penelitian yang fokus pada parameter tertentu (pengaruh jumlah sel, pengaruh penggunaan jenis antena, dan lain sebagainya).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Feng, Sujuan dan Eiko Seidel. 2008. *Self-Organizing Networks (SON) in 3GPP Long Term Evolution*. Munich:Nomor Research GmbH.
- [2] Hampel, George, dkk. 2003. *The Tradeoff Coverage and Capacity in Dynamic Optimization of 3G Cellular Networks*. New Jersey: Bell Laboratories.
- [3] ITU-R Report SM.2028-1. 2002. *Monte Carlo simulatioan methodology for the use in sharing and compatibility studies beetwen different radio services or systems*. ITU
- [4] Nasser, Muhammad, dkk. 2010. *Self-Optimization of Antenna Tilt and Pilot Power for Dedicated Channels*. Ilmenau: Technische Universtät Ilmenau.
- [5] Mishra, Ajay. 2004. *Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- [6] Nawrocki, Maciej J., dkk. 2006. *Understanding UMTS Radio Network Modelling, Planning, and Automated Optimisation Theory and Practice*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- [7] Siomina, Iana. 2007. *Radio Network Planning and Resource Optimization: Mathematical Models and Algorithms for UMTS, WLANs, and Ad Hoc Networks*. Norrköping: Linköping Universitet.
- [8] Siomina, Iana. 2005. *P-CPICH Power and Tilt Optimization in UMTS Network*. Norrköping: IEEE.
- [9] Yilmaz, Osman Nuri Can. 2010. *Self-Optimization of Coverage and Capacity in LTE using Adaptive Antenna Systems*. Espoo:AALTO UNIVERSITY.
- [10] <http://www.terabeam.com/support/calculations/downtilt-cover.php>