

## Simulasi Perencanaan *Adaptive Coded Modulation* (ACM) pada Sistem Transmisi *Radiolink*

IRSYAD RIDWANY<sup>1</sup>, POERNOMO TRISAPTO<sup>1</sup>, IRFAN RASYIDI<sup>2</sup>

1. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung
2. PT. Wira Mulia Technology Bandung  
Email: irsyad.ridwany@live.com

### ABSTRAK

*Dalam sistem komunikasi, salah satu media transmisi yang biasa ditemukan sehari-hari adalah transmisi niirkabel atau transmisi gelombang radio. Sistem yang dilirik karena sifatnya yang adaptif dan dapat menyesuaikan sesuai dengan kondisi saat itu adalah Adaptive Coded Modulation (ACM). Pada penelitian ini, ACM dibuat dalam sebuah program simulasi, menggunakan software Borland Delphi, yang bertujuan untuk membuat simulasi perencanaan Digital Adaptive Coded Modulation (ACM) pada link transmisi dengan curah hujan berbeda (20 mm/jam, 50 mm/jam dan 80 mm/jam), menggunakan tingkat modulasi tertinggi 64 QAM dan terendah 2 QAM, menghasilkan perubahan modulasi pada setiap kondisi cuaca dengan memperhitungkan acuan BER dijaga sebesar  $10^{-6}$ , serta link availability 99,99%. Pada saat curah hujan 20 mm/jam, sistem ACM masih mempertahankan level modulasi pada tingkat 64 QAM dengan bitrate yang lebih rendah yaitu 57,3 Mbps, kemudian saat curah hujan mencapai 50 mm/jam maka level modulasi akan turun menyesuaikan dengan kondisi redaman propagasi yang lebih besar ke tingkat modulasi 8 QAM dengan bit rate sebesar 25,3 Mbps. Saat curah hujan mencapai 80 mm/jam sistem ACM akan menurunkan level modulasi ke tingkat modulasi terendah 2 QAM dengan bit rate sebesar 9,6 Mbps, sehingga pada setiap kondisi apapun sistem ACM dapat memperhitungkan acuan BER dijaga sebesar  $10^{-6}$ , serta link availability 99,99%.*

**Kata kunci:** *Adaptive Coded Modulation, kelayakan sistem, availability dan BER.*

### ABSTRACT

*In communications system, one of the ordinary transmission media that can be found everyday is wireless or radio wave transmission. The system, which start to be peeped due to its character can be adaptive and also can accomodate as according to the condition in this time, is Adaptive Coded Modulation (ACM). In this research, ACM was realized in a simulation program, using Borland Delphi software, with a purpose to make simulation planning of Digital ACM at certain area with variant weathers (20 mm/hr, 50 mm/hr and 80 mm/hr), for the high and low step modulation use 64 QAM and 2 QAM respectively, which was ACM could change modulation for every situation, and BER and availability were maintained at  $10^{-6}$  and 99.99% respectively. When the rainfall was 20 mm/hr, the ACM system was maintained for high step modulation of 64 QAM with the low bitrate at 57.3 Mbps. At the rainfall of 50 mm/hr, the level modulation would drop into lower step of 8 QAM with bitrate of 25.3 Mbps, and finally at rainfall of 80 mm/hr, as a bad condition, the level modulation dropped into the lowest step of 2 QAM with bitrate 9.6 Mbps, that in every ACM condition it could maintain BER and availability at  $10^{-6}$  and 99.99% respectively.*

**Keywords:** *Adaptive Coded Modulation, elegibility of system, availability and BER.*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan era informasi yang terjadi saat ini, kebutuhan pelanggan akan layanan komunikasi pun semakin meningkat, terutama pada layanan komunikasi data seperti akses internet kecepatan tinggi (*High Speed Internet*), layanan TV digital, *video conference*, edukasi via internet (*tele-education*) dan layanan lainnya. Layanan komunikasi data ini tentu saja membutuhkan alokasi kanal komunikasi yang lebar (*Broadband Communication*). Kebutuhan layanan pita lebar ini bukan hanya terjadi pada jaringan komunikasi berkabel tetapi juga teknologi komunikasi nirkabel (**Garcia, 2000**).

Penelitian yang telah dilakukan berjudul *Adaptive Coded Modulation, Design and Simulation With Realistic Channel State Information*, dibuat sebuah penelitian dan riset karakteristik sistem ACM, dimana sistem tersebut telah terintegrasi sehingga dapat mengkondisikan dengan keadaan lingkungan (**Jetlund, 2005**). Secara garis besar perubahan modulasi pada sistem ACM didasarkan pada nilai *Signal to Noise Ratio*.

Jika kondisi kanal buruk (ditandai dengan nilai S/N yang rendah) maka akan digunakan teknik modulasi dengan *level* modulasi dan *rate* yang rendah. Pemilihan ini dapat meminimalisasi peluang kesalahan transmisi yang terjadi ( $P_e$  kecil), namun akibatnya laju transmisi data yang terjadi juga kecil (**Frank, 2005; Klaus, 2001**).

Jika kondisi kanal baik (ditandai dengan nilai S/N yang tinggi) maka akan digunakan teknik modulasi dengan level modulasi dan *rate* yang tinggi. Pemilihan ini dapat menyebabkan laju transmisi data yang tinggi dan peluang kesalahan yang rendah (**Frank, 2005; Klaus, 2001**).

Telah dilakukan penelitian ilmiah yang berjudul Analisis Kinerja ACM pada Sistem OFDM Menggunakan Switch Diversity di bawah Pengaruh Hujan Tropis, telah menganalisis sistem kinerja ACM pada sistem OFDM menggunakan frekuensi 20-40GHz, serta membuat model sistem ACM dengan *switch and stay combining diversity* untuk menjaga kelayakan sistem di bawah pengaruh hujan tropis, sehingga dapat menjaga nilai *availability* 99,99% pada jarak kurang dari 5 km (**Al-Baqi, 2013**).

Berdasarkan beberapa tinjauan pustaka yang telah dibahas, maka dapat disimpulkan bahwa ACM dapat meningkatkan *Average Spectral Efficiency* (ASE) dan menjaga nilai *Bit Error Rate* (BER) yang diinginkan serta menjaga nilai *availability* pada 99,99% (**Motorola, 2011**).

Perbedaan sistem yang sudah ada dengan sistem yang akan dirancang terletak pada hal-hal berikut:

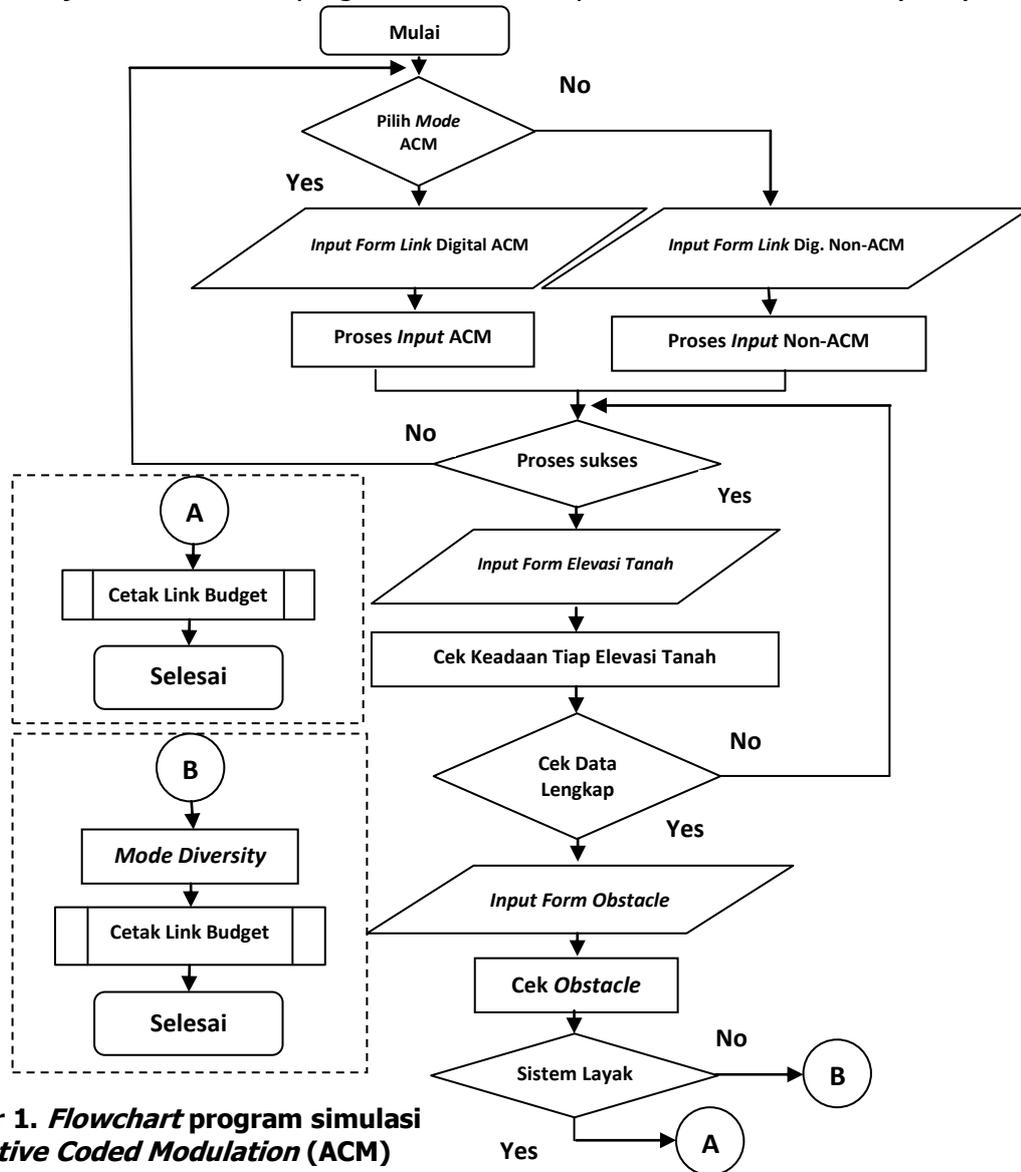
1. Merealisasikan perencanaan *Adaptive Coded Modulation* (ACM) pada sebuah program simulasi dengan metode *link budget*.
2. Mengetahui peningkatan kinerja ACM pada sistem transmisi *radiolink* dimana nilai BER dijaga sebesar  $10^{-6}$ , serta *link availability* 99,99%.
3. Membandingkan kinerja sistem ACM dengan Non-ACM pada sebuah program simulasi perencanaan *Adaptive Coded Modulation* (ACM).
4. Analisis sistem serta pengaruh interferensi dan redaman hujan pada sistem transmisi *radiolink*, menghasilkan *throughput* baik ACM dan Non-ACM sehingga hasilnya dapat dianalisis untuk diperbandingkan dengan teori yang ada.

Pada penelitian ini, *Adaptive Coded Modulation* (ACM) direalisasikan dalam sebuah program simulasi, menggunakan *software* Borland Delphi, dengan tujuan membuat simulasi perencanaan *Digital Adaptive Coded Modulation* untuk mempermudah perencanaan dalam menentukan posisi antenna (*site antenna*) serta memprediksi kemungkinan-kemungkinan yang bisa terjadi saat ACM direalisasikan pada suatu daerah tertentu dengan lingkungan dan cuaca yang berubah-ubah. Pengujian ACM pada penelitian ini dilakukan di daerah Bandung dengan menggunakan perangkat antenna dari SAF TEHNIKA CFIP 108 yang telah dilengkapi ACM (**SAF, 2011**).

## 2. METODA PERANCANGAN DAN REALISASI

### 2.1 Gambaran Umum Sistem

Gambar 1 menunjukkan *Flowchart* program simulasi *Adaptive Coded Modulation* (ACM).



**Gambar 1. Flowchart program simulasi *Adaptive Coded Modulation* (ACM)**

Program dirancang berdasarkan *flowchart* yang ditunjukkan pada Gambar 1 di atas, Gambar tersebut memperlihatkan bahwa saat program dijalankan dapat dipilih proses ACM. Jika pilihan "ya/ceklist" maka dapat diisi *form link Digital ACM*, dan proses sebaliknya jika "tidak/unceklist" maka diisi *form link Digital Non-ACM* lalu diproses kembali, program secara otomatis akan mendeteksi data yang dimasukkan. Jika data tidak lengkap maka data yang dimasukkan tidak dapat diproses.

Tahap selanjutnya mengisi *form elevasi tanah* dan *form obstacle* yang kemudian akan diproses guna melihat status lintasan tersebut "aman atau tidak aman". Tahap-tahap tersebut dilakukan agar dapat dilihat hasil yang telah dihitung dalam program pada *form link budget*, dengan menyatakan apakah sistem transmisi tersebut "layak atau tidak layak". Jika sistem tersebut tidak layak maka dapat dipilih *mode diversity* sebagai acuan terakhir untuk menyatakan kondisi sistem transmisi tersebut. Terdapat perbedaan data *form link Digital* dalam transmisi ACM yakni pada

penentuan modulasi yang dipakai, jika dalam *mode* Non-ACM, modulasi dapat ditentukan sendiri, maka pada sistem ACM modulasi yang digunakan akan ditentukan sesuai dengan batasan nilai *avaibility* dan nilai *Bit Error Rate* (BER) yang diinginkan (**Trisapto, 2000**).

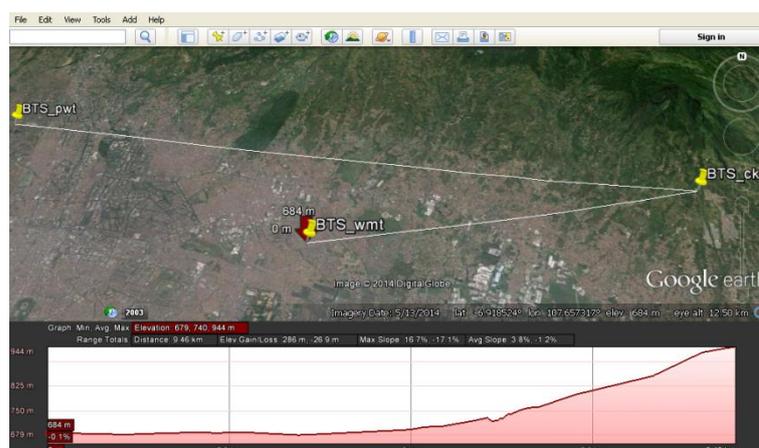
## 2.2 Peninjauan Lokasi dengan Google Earth

Dalam melakukan sebuah perencanaan sistem transmisi *radiolink*, perlu dilakukannya peninjauan khusus terhadap *site* yang akan diamati baik secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini dilakukan untuk memastikan lintasan yang akan dilewati aman dan bebas dari halangan (*obstacle*) yang dapat menyebabkan *fading*. Peninjauan tersebut dilakukan dengan menggunakan aplikasi Google Earth yang dapat melihat *site* dari satelit, kemudian kita melakukan pemetaan dalam sebuah garis lurus dengan koodinat lintang dan koordinat bujur seperti pada Tabel 1 di bawah ini:

**Tabel 1. Koordinat lintang dan koordinat bujur masing-masing *site*.**

Lokasi Jaringan Broadband			
Nama	Lintang	Bujur	Tinggi Antena (m)
Site_ckn	06:54:21.0 S	107:44:30.7 E	30
Site_pwt	06:52:54.1 S	107:34:56.9 E	10
Site_wmt	06:55:06.7 S	107:39:26.3 E	10

Terdapat 1 buah lintasan yang akan diamati untuk acuan implementasi program simulasi *Adaptive Coded Modulation* (ACM) yakni lintasan A (*Site\_ckn* menuju *Site\_pwt*) seperti yang terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Lintasan A (*Site\_ckn* menuju *Site\_wmt*).**

Dengan titik acuan warna merah sebagai arah tujuan dari lintasan tersebut, maka dari Gambar 2 diketahui : *Site\_wmt* dengan ketinggian 684 mdpl ke *Site\_ckn* dengan ketinggian 944 mdpl. Jarak lintasan tersebut adalah 9,46 km. Data-data tersebut akan dimasukkan ke dalam program simulasi ACM yang telah direalisasikan sebagai percobaan lintasan pertama.

## 3. IMPLEMENTASI PROGRAM SIMULASI *ADAPTIVE CODED MODULATION*

### 3.1 Kasus 1 simulasi *Adaptive Coded Modulation* (ACM) pada link 1

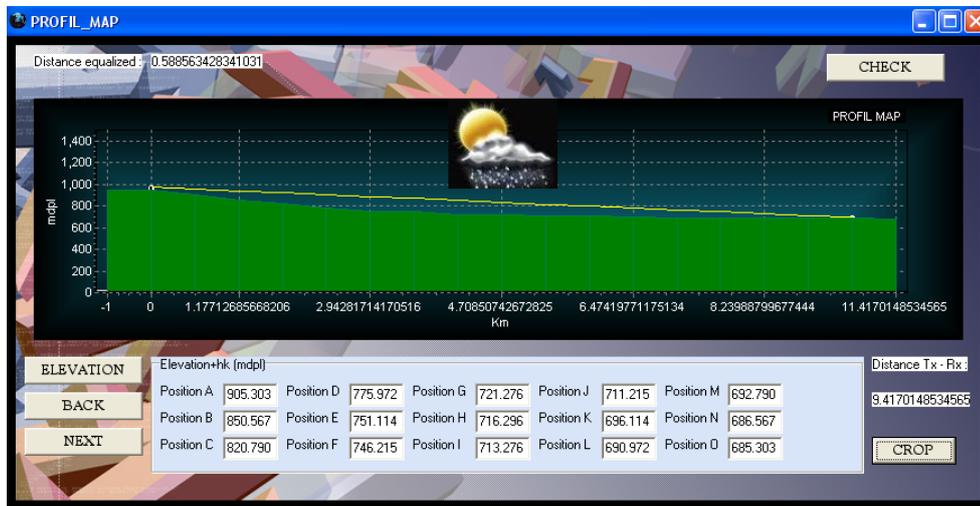
Perancangan sistem ACM pada lintasan A (*Site\_ckn* menuju *Site\_wmt*), dengan data *form link Digital* Non-ACM seperti Gambar 3 sebagai berikut.



**Gambar 3. Form Link Digital type Mod. "Weak FEC" / Non-ACM pada link 1**

Diketahui dari Gambar 3 di atas bahwa frekuensi yang digunakan adalah 15 GHz, dengan menggunakan modulasi 64 QAM, BER  $10^{-6}$ , *availability* yang diinginkan sebesar 99,99% di dataran beriklim sedang dengan intensitas hujan sebesar 20 mm/jam.

Pada kondisi yang sama sistem Non-ACM tersebut akan di rubah ke dalam sistem ACM, sehingga hasil keduanya dapat dibandingkan agar dapat diketahui pengaruh ACM terhadap sistem transmisi *radiolink*. Adapun data elevasi permukaan bumi dibagi menjadi 15 titik berturut-turut yaitu 905, 850, 820, 775, 750, 745, 720, 715, 712, 710, 695, 690, 692, 686, dan 685 mdpl.



**Gambar 4. Data koreksi elevasi permukaan bumi pada link 1.**

Data nilai koreksi ketinggian tiap elevasi permukaan bumi pada link 1 didapat dari hasil perhitungan sebagai berikut:

$$h_k = \frac{0,078 d_1 d_2}{K} \tag{1}$$

Dengan:

$d_1$  = jarak *obstacle* dari *site* 1 [km].

$d_2$  = jarak *obstacle* dari *site 2* [km].

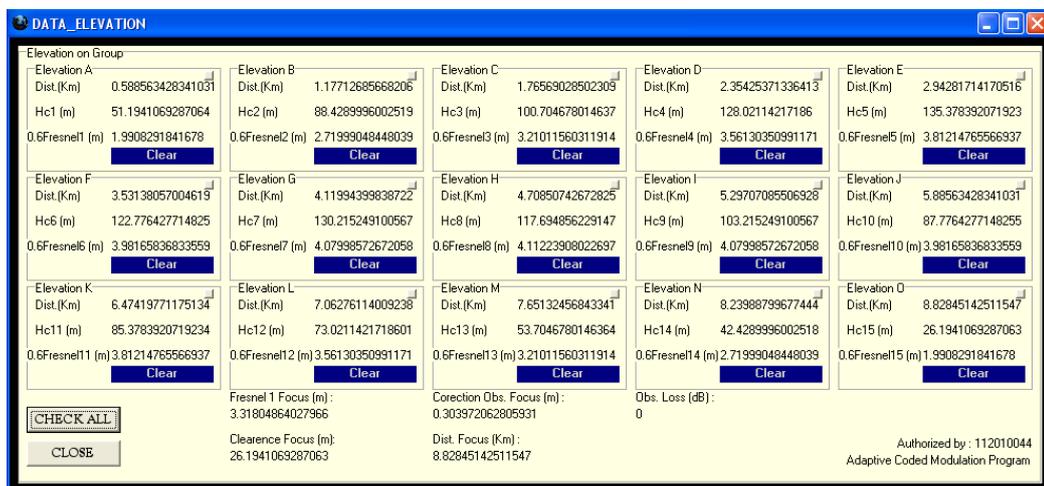
$K$  = Faktor jari-jari bumi (4/3).

**contoh  $h_k$  pada jarak 0.5889 Km dari Tx:**

$$h_k = \frac{0,078 \cdot 0.5889 \cdot 8.8281}{4/3}$$

$h_k = 0.3041337$  m

Maka koreksi ketinggian elevasi yang sebenarnya adalah tinggi elevasi + nilai  $h_k = 905 + 0,3041337 = 905,3041337$  mdpl. Hasilnya seperti yang terlihat pada tampilan *profil map* Gambar 4 di atas. Pada proses selanjutnya kita dapat memeriksa keamanan lintasan disetiap titik elevasi dengan klik "CHECK", maka akan muncul *form data elevation* seperti Gambar 5 di bawah ini.



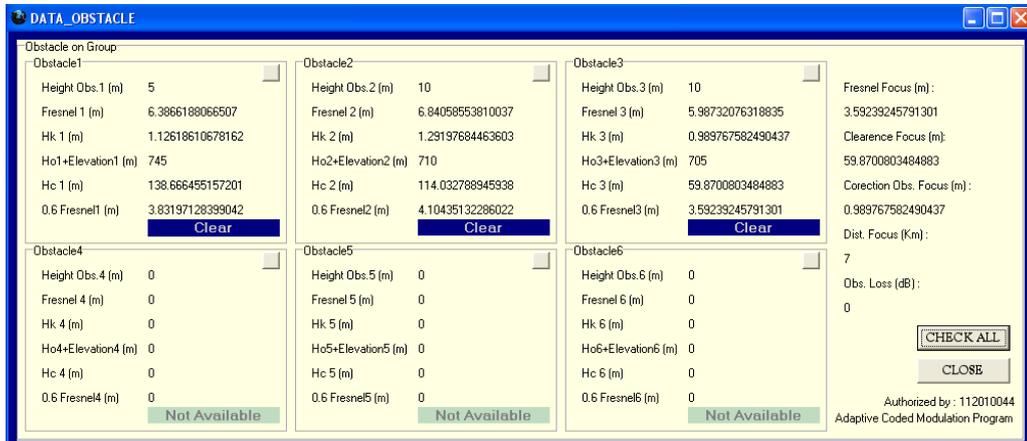
**Gambar 5. Data keamanan tiap titik elevasi permukaan bumi pada link 1.**

Pada Gambar 5 di atas dapat diamati seluruh titik elevasi yang telah dimasukkan pada program ACM ini, dengan klik "CHECK ALL" maka akan muncul tulisan berwarna yang menyatakan aman (*Clear*)/tidak aman (*Unclear*). Selain itu akan dimunculkan data *F1 focus*, *Clearance Focus*, *Corection Obstacle Focus*, *Distance Focus*, dan *Loss*, sebagai acuan titik elevasi yang harus diwaspadai keamanannya. Tahap selanjutnya yakni dimasukkan *obstacle* jika memang diperkirakan ada gedung atau pohon besar yang sekiranya dapat mengganggu lintasan. Pada tahap ini, diperkirakan terdapat 3 *obstacle* yang dapat mengganggu lintasan dengan data seperti Gambar 6 sebagai berikut.



**Gambar 6. Data *Obstacle* pada link 1.**

Terlihat pada Gambar 6 di atas bahwa terdapat 3 titik *obstacle* yang harus dicek keamanan pada lintasan transmisinya, sehingga dapat dicek dengan cara klik "PROSES" lalu dipilih "OBSTACLE" pada tampilan berikutnya, kemudian klik "OK" maka akan muncul tampilan seperti Gambar 7 berikut.



**Gambar 7. Cek data *Obstacle* pada link 1.**

Gambar 7 menunjukkan keamanan lintasan dari tiap-tiap *obstacle* yang telah dimasukkan pada program ini. Selain itu, pada saat tombol "PROSES" ditekan maka program akan melakukan perhitungan sebagai berikut.

**#Menghitung gain dan feeder loss kedua pemancar pada link 1**

$$G_{ant} = 20,4 + 20 \log D + 20 \log f + 10 \log \eta \text{ [dB]} \tag{2}$$

$$G_{Tx} = G_{Rx} = 20,4 + 20 \log 0.6 + 20 \log 15 + 10 \log 0.7 \text{ [dB]}$$

$$G_{Tx} = G_{Rx} = 37.9358 \text{ [dB]}$$

$$a_f = L_{feeder(m)} \cdot a_{feeder} \left( \frac{dB}{m} \right)$$

$$a_{ft} = 30m \cdot 0.05 \left[ \frac{dB}{m} \right] = 1.5dB$$

$$a_{fr} = 10m \cdot 0.05 \left[ \frac{dB}{m} \right] = 0.5dB$$

**#Menghitung Redaman propagasi dan EIRP pada link 1**

$$a_0 = 92,45 + 20 \log d_{km} + 20 \log f_{GHz} \tag{3}$$

$$a_0 = 92,45 + 20 \log 9.416984_{km} + 20 \log 15_{GHz}$$

$$a_0 = 135.45 \text{ dB}$$

nilai  $a = 0.0367$  &  $b = 1.154$  pada frekuensi 15GHz

$$A = a \cdot R^b \tag{4}$$

$$A = 0.0367 \cdot 20^{1.154} = 1.16427$$

$$a_{\text{hujan}} = A. r. d ; \text{dengan } r = \frac{90}{90+4d} \text{ [km]}$$

$$a_{\text{hujan}} = 1.16427 \cdot \frac{90}{90 + 4(9.416984)} \cdot 9.416984 = 7.729051 \text{ dB}$$

$$a_p = a_0 - (G_t + G_r) + (af_t + af_r) + a_{\text{hujan}} + \text{redaman lain [dB]} \tag{5}$$

$$a_p = 135.45 - (37.9358 + 37.9358) + (1.5 + 0.5) + 7.729051 + 4 \text{ [dB]}$$

$$a_p = 73.30745 \text{ [dB]}$$

#Diketahui :  $P_t = 10 \text{ dBW}$

$$P_r = P_t - a_p \text{ [dBW]} \tag{6}$$

$$P_r = 10 - 73.30745 \text{ [dBW]}$$

$$P_r = -63.30745 \text{ [dBW]}$$

$$\text{EIRP} = P_t + G_T - a_{ft} \text{ [dBW]} \tag{7}$$

$$\text{EIRP} = 10 + 37.9358 - 1.5 = 46.4358 \text{ [dBW]}$$

Nilai Eb/No untuk macam-macam modulasi dengan nilai BER seperti Tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Nilai Eb/No [dB] berdasarkan BER dan jenis modulasinya**

Modulasi	BER 10 <sup>-6</sup>	BER 10 <sup>-7</sup>	BER 10 <sup>-8</sup>	BER 10 <sup>-9</sup>
2 QAM	10.52	11.52	12.2	12.65
4 QAM	15.12	16.13	16.54	17
8 QAM	19.23	20.12	20.9	21.22
16 QAM	24.10	25.23	25.72	26.1
32 QAM	29	30.11	30.55	31.21
64 QAM	34.24	35.21	36	36.5

Dari Tabel 2 didapat nilai Eb/No untuk modulasi 64 QAM dengan BER 10<sup>-6</sup> : "34,24"

$$\frac{E_b}{N_o} \text{ (dB)} = P_{R(\text{dBm})} - 10 \log BR - (-204 + NF_{\text{dB}}) \tag{8}$$

$$34.24(\text{dB}) + 3 = P_{R(\text{dBm})} - 10 \log 63.1 \times 10^6 - (-204 + 4_{\text{dB}})$$

$$P_{R(\text{dBm})} = -84.759706 \text{ dBW}$$

$P_r > P_r(\text{min})$  maka sistem dapat dikatakan layak (feasible)

$$F_m = P_r - P_{th} \tag{9}$$

$$F_m(*) = -63.30745 - (-84.759706) = 21.452255 \text{ dB}$$

# $A_v = 99.99\%$  maka didapat  $P_f = 0.005$  untuk satu arah

$$P_f(\%) = 6,0 \cdot 10^{-5} \cdot a. b. f. d^3 \cdot 10^{\frac{-F_m}{10}} \tag{10}$$

$$10^{\frac{-F_m}{10}} = \frac{0.005}{6,0 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot \frac{1}{4} \cdot 15 \cdot 9.416984^3}$$

$$F_m(**) = -10 \log(0.0266104) = 15.749486 \text{ dB}$$

$F_m(*) > F_m(**)$  maka sistem dapat dikatakan layak (feasible)

# $A_v$  sistem bila telah dik:  $F_m(*) = 21.452255 \text{ dB}$

$$P_f(\%) = 6,0 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot \frac{1}{4} \cdot 15 \cdot 9.416984^3 \cdot 10^{\frac{-21.452255}{10}}$$

$$P_f(\%) = 1.3449078 \cdot 10^{-3} \text{ (untuk satu arah)}$$

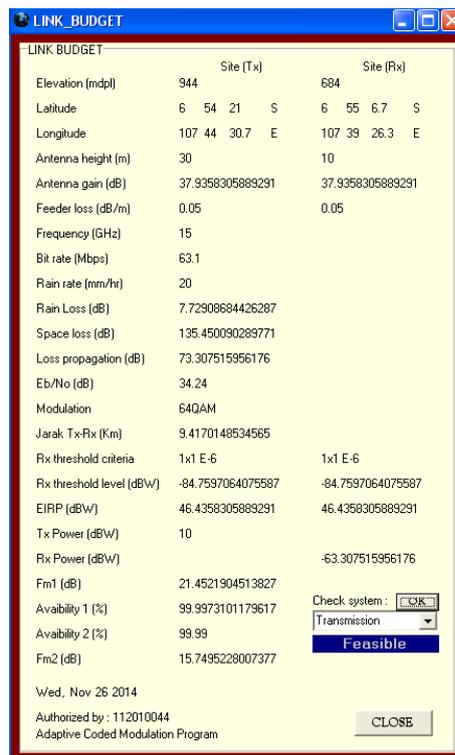
jika komunikasi dua arah maka  $P_f(\%)$

$$P_f(\%) = 1.3449078 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 2.6898156 \cdot 10^{-3}$$

$$A_v = 100 - (2.6898156 \cdot 10^{-3})[\%]$$

$$A_v = 99.99731018[\%]$$

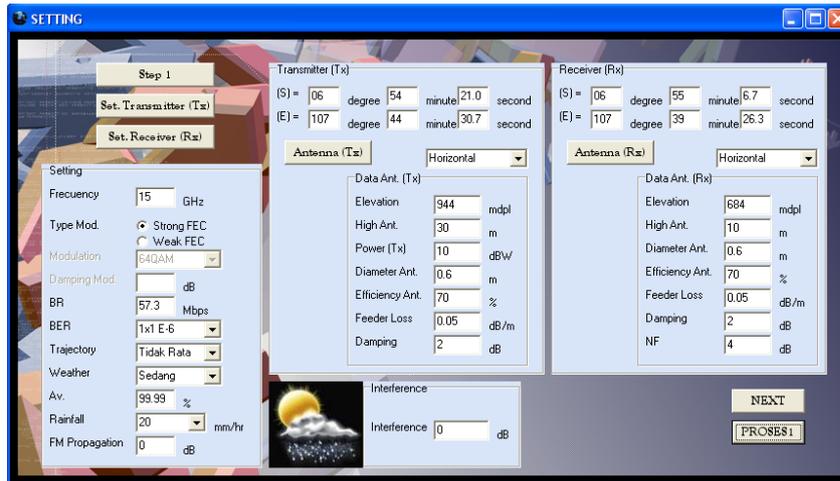
Data-data yang telah didapat saat perhitungan akan dikeluarkan dalam bentuk tampilan *form link budget* seperti yang terlihat pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. *Link budget* sistem transmisi *radiolink* Non-ACM pada link 1.

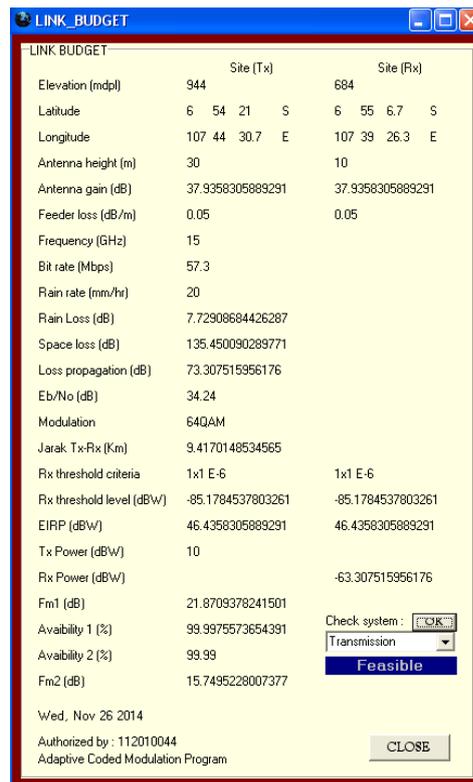
### 3.2 Mode ACM pada link 1

Untuk kasus 1 sistem Non-ACM diubah menjadi sistem ACM, dengan cara memilih *type* Mod. "Strong FEC" pada *form link Digital* yang menunjukkan sistem tersebut beralih menjadi sistem ACM, kemudian klik "PROSES" untuk memproses data yang telah dimasukkan seperti pada Gambar 9 di bawah ini.



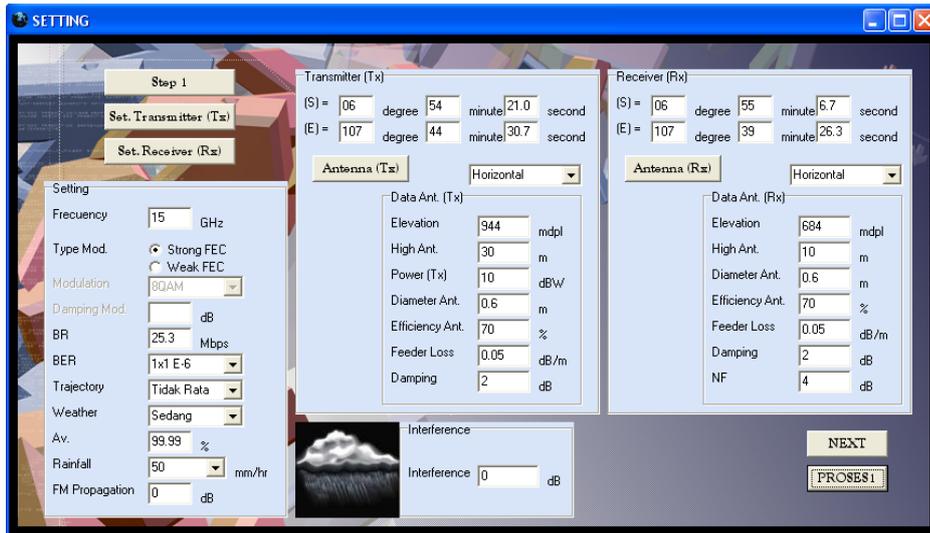
**Gambar 9. Form Link Digital type Mod."Strong FEC"/ACM pada link 1.**

Pada kondisi dan modulasi yang sama (64 QAM) dengan intensitas hujan yang kecil, terlihat perubahan laju *bit* yang dihasilkan oleh sistem ACM yakni sebesar 57,3 Mbps. Hal tersebut disebabkan karena ACM memiliki laju kode (*code rate*) yang berbeda-beda pada setiap modulasinya tergantung pada perangkat dan sistem yang digunakan, maka pada peralihan sistem ACM akan menghasilkan tampilan *link budget* seperti Gambar 10 di bawah ini.



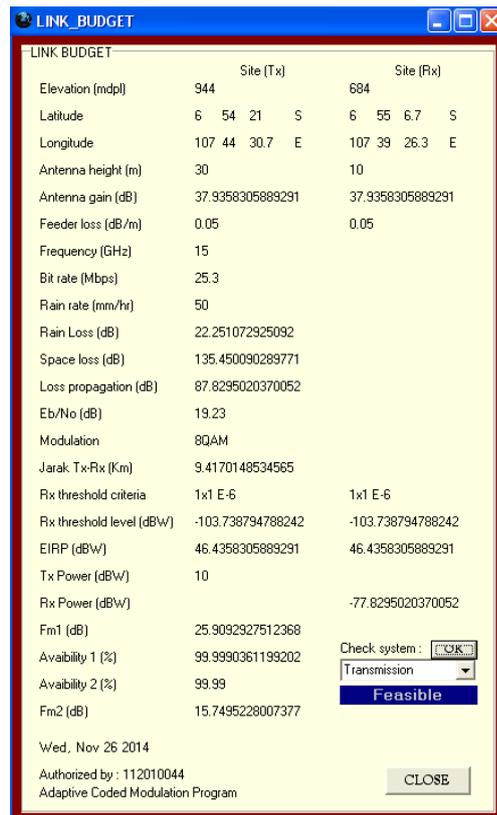
**Gambar 10. Link budget sistem transmisi radiolink ACM pada link 1.**

Jika pada suatu saat terjadi peningkatan intensitas hujan (misal intensitas hujan meningkat pada 50 mm/jam) seperti yang terlihat pada Gambar 11 berikut.



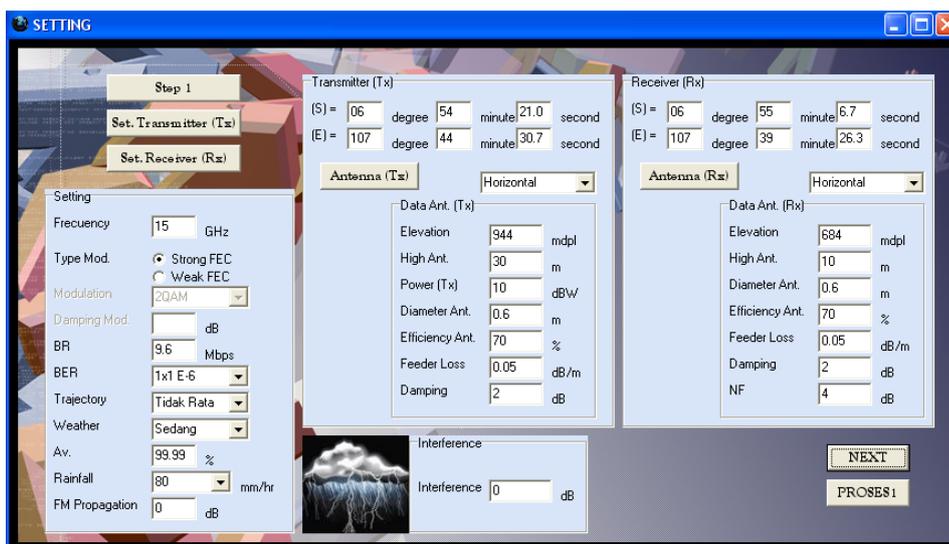
**Gambar 11. Peningkatan intensitas hujan hingga 50 mm/jam pada link 1.**

Terlihat pada Gambar 11 di atas, *icon* hujan berubah menjadi hujan lebat, kemudian diproses dengan cara klik "PROSES", maka perhitungan-perhitungan sebelumnya akan diulangi kembali (proses *feedback* ACM), dengan keadaan lintasan yang sama (lintasan A: *Site\_ckn* menuju *Site\_wmt*) maka akan menghasilkan *link budget* seperti tampilan Gambar 12 di bawah ini.

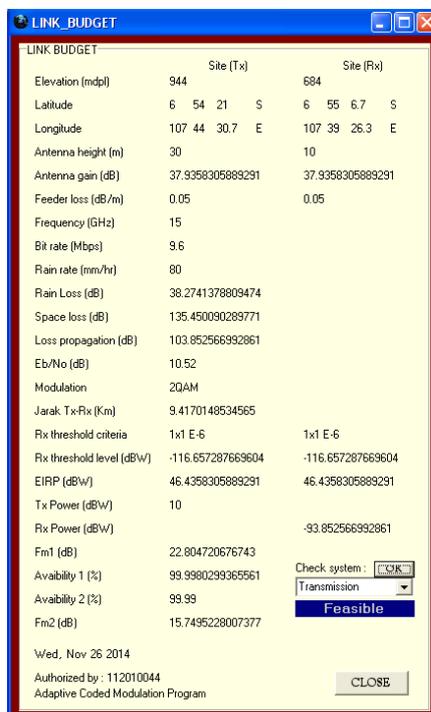


**Gambar 12. Link budget dengan intensitas hujan 50 mm/hr pada link 1.**

Sedangkan apabila terjadi kondisi terburuk pada link 1 yakni dimisalkan intensitas hujan pada daerah tersebut meningkat hingga mencapai 80 mm/jam, sebagaimana diunjukkan oleh Gambar 13, maka intensitas hujan tersebut menghasilkan *link budget* seperti yang terlihat pada Gambar 14 di bawah.



**Gambar 13. Peningkatan intensitas hujan hingga 80 mm/jam pada link 1.**



**Gambar 14. Link budget dengan intensitas hujan 80 mm/hr pada link 1.**

Kondisi pertama kasus 1 (frekuensi yang digunakan 15GHz) dengan curah hujan 20 mm/jam, dimana terlihat terjadi penurunan *bit rate* saat modulasi diubah kedalam mode adaptif sehingga hanya menghasilkan *bit rate* sebesar 57,3 Mbps dari *bit rate* sebelumnya 63,1 Mbps pada modulasi 64 QAM. Hal tersebut merupakan salah satu kinerja ACM untuk menjaga *fade margin* dan mempertahankan *availability* pada 99,99% dengan *bit rate* yang lebih rendah, sehingga kelayakan sistem transmisi tetap terjaga.

Untuk mempertahankan nilai BER  $10^{-6}$ , pada curah hujan 50 mm/jam level modulasi turun menjadi 8 QAM dengan *bit rate* yang dihasilkan sebesar 25,3 Mbps, serta pada curah hujan sangat tinggi (80 mm/jam) level modulasi turun kembali ke modulasi terendah yakni 2 QAM dengan *bit rate* yang dihasilkan sebesar 9,6Mbps.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan implementasi program simulasi *adaptive coded modulation* pada penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui peningkatan kinerja ACM pada sistem transmisi *radiolink* dimana nilai BER dijaga sebesar  $10^{-6}$ , serta *link availability* 99,99% maka pada simulasi program dilakukan beberapa percobaan yakni sistem ACM dihadapkan pada kondisi cuaca dengan intensitas hujan kecil (20 mm/jm), sedang (50 mm/jm) dan lebat (80 mm/jm), dimana hasilnya menunjukkan sistem ACM dapat menyesuaikan pada kondisi terburuk dengan cara menurunkan *level* modulasi serta *bit rate* ke *level* modulasi dan *bit rate* yang lebih rendah, sebaliknya jika cuaca membaik maka sistem ACM akan menaikkan *level* modulasi serta *bit rate* ke *level* modulasi dan *bit rate* yang lebih tinggi seperti tampilan hasil *link budget* kasus 1.
2. Realisasi perencanaan digital *Adaptive Coded Modulation* (ACM) pada sebuah program simulasi dengan metode *link budget*, dapat terealisasi dengan menggunakan *software* Bordland Delphi sebagai perangkat pembantu pembuatan aplikasi, sehingga dapat dikatakan bahwa program simulasi digital ACM merupakan sebuah aplikasi sederhana yang dibuat untuk memahami cara kerja sistem ACM pada transmisi *radiolink*.

#### Daftar Rujukan

- Ohrtmann Frank, 2005, "*Wimax Handbook*", *Building 802.16 Wireless Network*, Copyright © 2005 by McGraw-Hill Companies.
- Dostert Klaus, 2001, "*Powerline Communication*", ISBN 0-13-029342-3, Copyright © 2001 by Prentice Hall Companies.
- Leon-Garcia, 2000, "*Communication Network*", *Fundamental Concept and Key Architectures*, Copyright © 2000 by McGraw-Hill Companies.
- Poernomo Trisapto, 2000, Diktat Kuliah "Perencanaan Transmisi radio", Institute Teknologi Nasional Bandung.
- Motorola, 2011, "*PTP 800 Licenced Ethernet Microwave*", *User Guide* phn 1478-012, Copyright © May 2011 by Motorola.
- SAF, 2011, "*CFIP Series Full Outdoor Unit*", *Technical Description & Configuration Guide*, Copyright © 2011 by SAF Tehnika.
- Ola Jetlund, 2005, "*Adaptive Coded Modulation: Design and Simulation With Realistic Channel State Information*", Norwegia.
- Abdul Rozaq Al-Baqi, 2013, Analisa Kinerja ACM pada Sitem OFDM Menggunakan *Swich Diversity* Dibawah Pengaruh Hujan Tropis, ITS, Thesis.