

BAB II

ADAPTIVE MULTI-RATE (AMR)

2.1 . Sejarah AMR

Pada bulan Oktober 1997, ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) memulai suatu program standarisasi untuk mengembangkan sistem pengkodean AMR (*Adaptive Multi-Rate*). Setelah 2 tahap kompetisi, pada Oktober 1998, ETSI akhirnya memilih suatu pengkodean yang dikembangkan dengan berkolaborasi dengan Ericsson, Nokia dan Siemens. Sistem pengkodean ini akhirnya diselesaikan dan disetujui oleh ETSI secara formal pada awal tahun 1999 [3]. Sistem pengkodean AMR merupakan suatu tahap kemajuan dalam meningkatkan kualitas suara dalam sistem GSM, setelah sistem EFR (*Enhanced Full-Rate*) yang telah dikenalkan sejak tahun 1996. AMR menawarkan peningkatan yang besar sekali dalam koreksi *error* dengan menyesuaikan pengkodean untuk suara dan kanal sesuai dengan kondisi kanal. Selain itu pada sistem GSM *half-rate*, AMR tidak hanya meningkatkan kualitas suara menjadi lebih baik, tetapi juga memberikan peningkatan kapasitas kanal.

2.1.1. Definisi AMR

Standar pengkodean suara GSM saat ini menggunakan *bit rate* yang tetap, sehingga tidak dapat optimal untuk kondisi transmisi yang berubah dalam *range* yang lebar. Sistem pengkodean yang digunakan berupa sebuah model pengkodean tunggal, dimana suatu alokasi bit kanal tetap menyediakan suatu solusi yang baik antara kinerja kanal yang mengalami penurunan dan kanal yang bersih. Dengan demikian solusi yang sesuai adalah untuk kanal yang bersih akan menggunakan paling banyak dari bit yang tersedia untuk sumber *coding* dengan proteksi kesalahan yang minimum, sedangkan solusi untuk kanal yang terinterferensi adalah menggunakan pengkodean dengan kecepatan rendah yang terproteksi dengan sejumlah besar *forward error correction (FEC)*

Salah satu cara untuk menentukan kinerja yang baik terhadap *range* kondisi yang lebar adalah mengizinkan jaringan untuk memonitor status

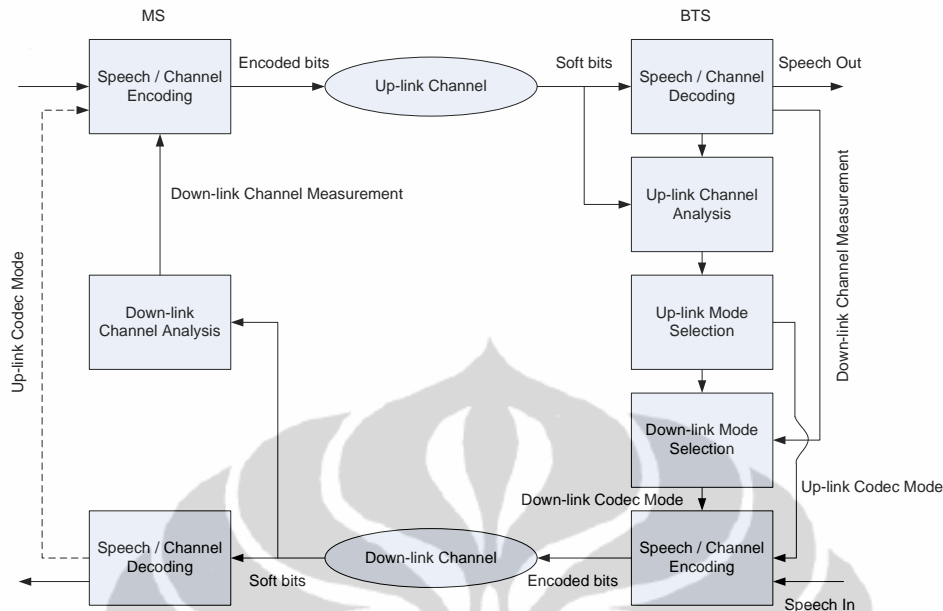
komunikasi kanal dan melakukan pengkodean langsung untuk mengatur alokasi bit antara sumber pengkodean dan kanal pengkodean. Hal ini dapat diimplementasikan melalui algoritma adaptasi, dimana jaringan memilih sebuah angka dari kode suara yang tersedia, yang disebut model kode, masing-masing dengan alokasi bit kanal/sumber yang telah ditentukan dahulu. Konsep inilah yang dikenal dengan *Adaptive Multi-rate* (AMR) dan merupakan suatu bentuk pengkodean suara banyak model yang dikontrol oleh jaringan.

Sistem pengkodean AMR dirancang untuk beroperasi pada teknologi seluler digital GSM untuk model kanal *full rate* (22.8 kb/s) dan model kanal *half rate* (11.4 kb/s) [4] dan untuk menjaga kualitas yang tinggi terhadap gangguan yang bervariasi dan kondisi kanal. Tidak seperti sistem pengkodean di GSM sebelumnya, yang beroperasi pada laju yang tetap dan level proteksi yang konstan, maka AMR mampu beradaptasi dengan kondisi trafik dan kanal radio.

2.1.2. Prinsip Kerja AMR

Gambar 2.1 memperlihatkan skema prinsip kerja dari AMR. Algoritma adaptasi tergantung kepada status kanal komunikasi pada saat pengukuran berlangsung yang diwakili oleh nilai *C/I* (*carrier to interference ratio*). *C/I* adalah ukuran kualitas komunikasi, dimana nilainya tergantung kepada teknik akses yang dipakai. Nilai *C/I* minimum untuk sistem GSM adalah 12 dB [5]. Untuk nilai *C/I* yang lebih kecil dari 12 dB, maka status kanal dinyatakan jelek, karena rawan terkena interferensi. Untuk itu pengukuran dilakukan secara terus-menerus, baik dari sisi MS maupun sisi BTS. Berdasarkan hasil pengukuran inilah ditentukan model *coding* yang akan digunakan. Untuk arah transmisi *downlink*, informasi kanal pengukuran dikirimkan dari BTS ke MS melalui kanal *downlink* dan untuk arah transmisi *uplink*, informasi kanal pengukuran dikirim dari MS ke BTS melalui kanal *uplink*.

Pensinyalan dari seluruh informasi yang dibutuhkan untuk pengkodean dilakukan *in-band*. Untuk transmisi *uplink*, BTS memonitor kondisi kanal dan memutuskan model mana yang harus digunakan oleh MS. BTS menginformasikan model ini dalam bentuk *codec mode command*, yang ditransmisikan secara *downlink*. Selama penerimaan, maka MS akan *switch* ke model yang ditunjukkan.

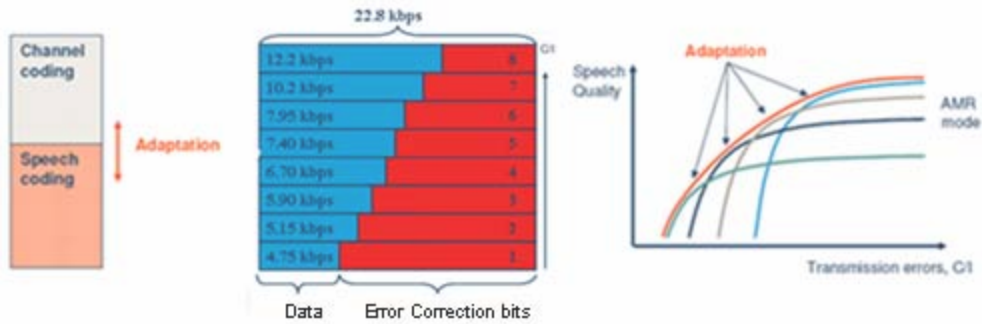


Gambar 2.1. Skema Pengkodean AMR [4]

Untuk transmisi *downlink*, pemilihan model *coding* berdasarkan pada bit yang diterima, dimana MS menghitung pengukuran kanal *downlink* yang mewakili status dari kanal. MS tidak dapat secara otomatis menentukan model *coding* mana yang digunakan. Oleh karena itu, pengukuran ini harus dihitung dan dikirimkan kembali pada arah *uplink* ke BTS. Hal ini dilakukan dalam *in-band* menggunakan modulasi delta satu bit. BTS akan memutuskan model pengkodean yang digunakan untuk transmisi *downlink* pada *frame* berikutnya.

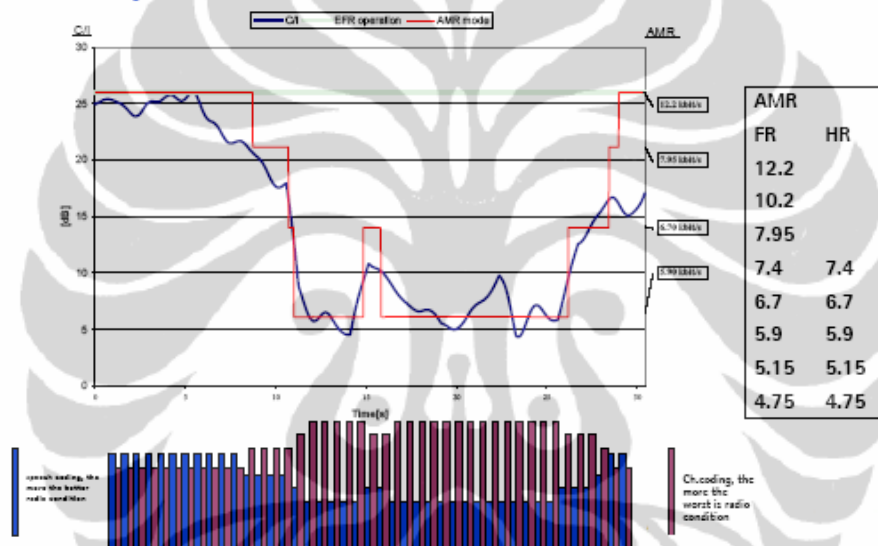
2.1.3. Kelebihan AMR

Kinerja AMR dapat juga dimonitor dengan cara membandingkan antara BER dengan FER. Jika tanpa AMR, maka yang digunakan adalah BER, sedangkan dengan adanya AMR maka yang digunakan adalah FER. Pengkodean dengan AMR lebih baik daripada sistem pengkodean sebelumnya, karena dapat beradaptasi terhadap kondisi kanal dan trafik, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. dan 2.3



Gambar 2.2. Adaptasi *Link* oleh AMR [6]

Link Adaptation in AMR Codec



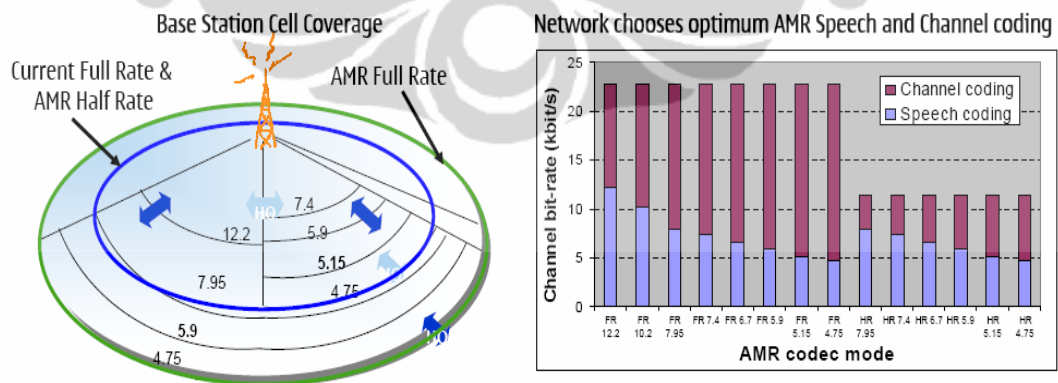
Gambar 2.3 *Link* Adaptasi dalam Mode AMR FR dan HR [7]

Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 menggambarkan bahwa kecepatan *bit rate* data *voice* dapat berubah-ubah, disesuaikan dengan kondisi kanal. Baik atau jeleknya kondisi kanal ditentukan oleh nilai pengukuran C/I, dimana nilai C/I minimum untuk sistem GSM adalah 12 dB [5]. Bila nilai C/I di bawah 12 dB, maka kondisi kanal dikatakan jelek, karena rawan terhadap interferensi. Sebaliknya jika nilai C/I besar dari 12 dB, maka kondisi kanal dikatakan baik. Apabila kondisi kanal jelek, maka *channel coding* akan mengambil bagian yang lebih banyak dan *speech coding* akan mendapat bagian yang lebih sedikit, sehingga *bit rate* data *voice* akan menurun. Demikian pula sebaliknya, jika

kondisi kanal baik, maka *channel coding* akan mengambil bagian yang lebih sedikit dan *speech coding* akan mendapat bagian yang lebih banyak, sehingga *bit rate* data *voice* akan meningkat. *Bit rate* total adalah 22.8 kbps. Dengan adanya AMR, maka dapat dideteksi dan dikoreksi kesalahan-kesalahan bit yang mungkin terjadi, sehingga kualitas *voice* yang diperoleh akan menjadi lebih baik.

Pada dasarnya kinerja AMR berdasarkan kepada peningkatan koreksi *error*. Pada sistem GSM saat ini, alokasi pada *time slot* untuk pembicaraan normal adalah 12.2 kbit / *channel coding* dan 10.2 kbit untuk *error correction*. Dalam AMR, alokasi *time slot* ini berubah secara dinamis dimulai dari 4.75 kbit *channel coding* dan *error correction* 17.65 kbit. Dengan demikian jaringan dapat mengoptimalkan kapasitas dan kualitasnya serta memilih secara dinamis level *error correction* yang terbaik.

AMR mempunyai pilihan *half rate* dan *full rate*. Pada saat jaringan dalam kondisi beban trafik yang tinggi, maka jaringan akan secara dinamis menggunakan sistem pengkodean AMR *half rate* dan membawa dua panggilan dalam satu *time slot*. AMR akan meningkatkan kapasitas jaringan menjadi dua kali lipat dari kapasitas yang tersedia, karena AMR *half rate* mempunyai kinerja radio yang sama dengan kondisi *full rate*. Jadi pemilihan AMR *full rate* atau *half rate* dilakukan oleh jaringan berdasarkan kepada beban trafik. Selain itu, dengan AMR ini operator mendapatkan manfaat kapasitas terutama pada saat jam sibuk dan juga manfaat kualitas serta cakupan area seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Mode Pengkodean AMR dan Cakupan Area [7]

2.1.4. RxQual dan Keterbatasannya

Secara tradisional, kualitas *voice* dalam GSM diukur dengan parameter RxQual. RxQual memiliki nilai antara 0-7, dimana setiap nilai mengacu kepada jumlah prediksi *error bit* dalam sebuah *burst*. Setiap nilai RxQual berkaitan dengan perkiraan laju *error bit* yang disesuaikan, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Konversi BER ke RxQual [8]

RxQual	Bit Error Rate (BER)
0	$BER < 2 \times 10^{-3}$
1	$2 \times 10^{-3} < BER < 4 \times 10^{-3}$
2	$4 \times 10^{-3} < BER < 8 \times 10^{-3}$
3	$8 \times 10^{-3} < BER < 16 \times 10^{-3}$
4	$16 \times 10^{-3} < BER < 32 \times 10^{-3}$
5	$32 \times 10^{-3} < BER < 64 \times 10^{-3}$
6	$64 \times 10^{-3} < BER < 128 \times 10^{-3}$
7	$128 \times 10^{-3} < BER$

RxQual ditentukan dengan mentransformasikan *bit error rate (BER)* ke dalam skala 1 sampai 7 (sesuai standar 3GPP TS 05.08). Dengan kata lain, RxQual adalah pengukuran yang sangat dasar, yang secara sederhana merefleksikan rata-rata BER pada periode waktu tertentu (0.5 detik). Sedangkan penilaian si pendengar terhadap kualitas *voice* adalah suatu proses yang kompleks, yang dipengaruhi oleh banyak faktor.

Beberapa hal yang menyebabkan RxQual kurang memenuhi persyaratan sebagai pengukuran kualitas *voice* adalah :

- Distribusi kesalahan bit terhadap waktu

Untuk nilai BER yang diberikan, jika BER berfluktuasi terlalu sering, maka persepsi kualitasnya lebih rendah dibandingkan dengan BER yang konstan. Kondisi kanal yang berbeda memberi kenaikan secara radikal terhadap distribusi BER yang berbeda. Bagaimanapun, karena RxQual hanya mengukur rata-rata BER dan tidak memperhitungkan fluktuasi ini, maka datanya kurang akurat.

- *Frame erasure* (penghapusan *frame*)

Ketika seluruh *frame* suara hilang, hal ini akan mempengaruhi persepsi kualitas

- *Handover* (perpindahan)

Handover selalu menyebabkan beberapa *frame* hilang, yang secara umum menaikkan gangguan *voice*. Hal ini tidak terlihat sama sekali pada pengukuran RxQual, karena selama proses *handover*, nilai BER akan diam.

- Pemilihan pengkodean suara

Level kualitas umum dan kualitas tertinggi yang dapat dicapai mempunyai variasi yang sangat lebar antara pengkodean suara. Masing-masing pengkodean mempunyai keunggulan dan kelemahan tergantung kepada tipe masukan (*input*) dan kondisi kanal

2.2. Korelasi AMR dengan MOS dan SQI

2.2.1. MOS dan SQI

Mean Opinion Score (MOS) dan *Speech Quality Index* (SQI) adalah metode pengukuran yang digunakan dalam optimalisasi jaringan. MOS menunjukkan kualitas layanan yang terkait dengan *end-user*. MOS memiliki beberapa nilai yang menunjukkan kualitas suara yang diterima oleh *user*, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2 dan sudah ditetapkan dalam standar ITU-T yaitu P.800. MOS dapat diterapkan untuk sistem kompresi FR, HR dan AMR.

Tabel 2.2 Skala MOS (ITU-T Recommendation P.800) [9]

<i>Quality of the speech</i>	<i>MOS Score</i>
Excellent	5
Good	4
Fair	3
Poor	2
Bad	1

SQI telah dirancang untuk memenuhi segala fenomena yang tidak bisa diukur dalam RxQual. Hal ini memastikan bahwa SQI akan menghasilkan prediksi yang tepat, tidak tergantung pada kondisi kanal dan kondisi lainnya.

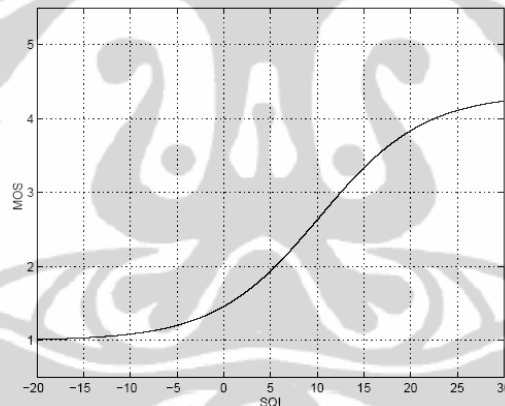
Secara garis besar, perhitungan SQI melibatkan beberapa hal sebagai berikut :

- BER (*Bit Error Rate*)
- FER (*Frame Erasure Rate*)
- Data pada kondisi *handover*
- Statistik pada distribusi dari masing-masing parameter.

Perbedaan antara MOS dan SQI adalah MOS digunakan untuk perangkat Nokia dan SQI untuk perangkat Ericsson.

2.2.2. Konversi Antara MOS dan SQI

Ericsson telah menetapkan suatu korelasi untuk memetakan nilai SQI ke dalam skala MOS melalui kurva konversi skala SQI ke skala MOS, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5. Kurva Konversi Skala SQI ke Skala MOS [10]

Gambar 2.3 memperlihatkan bentuk seperti kurva S, yang berdasarkan kepada tes MOS yang dilaksanakan oleh ETSI . Kurva ini merupakan pemetaan nilai dari skala SQI ke skala MOS, sedangkan nilai ekuivalen dari kurva konversi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Konversi Nilai SQI ke Nilai MOS [10]

SQI	MOS	SQI	MOS
-20	1.01	5	1.94
-19	1.02	6	2.06
-18	1.02	7	2.20
-17	1.03	8	2.34
-16	1.03	9	2.48
-15	1.04	10	2.63
-14	1.04	11	2.78
-13	1.05	12	2.93
-12	1.06	13	3.07
-11	1.07	14	3.21
-10	1.09	15	3.34
-9	1.10	16	3.46
-8	1.12	17	3.57
-7	1.15	18	3.67
-6	1.17	19	3.76
-5	1.20	20	3.84
-4	1.24	21	3.91
-3	1.28	22	3.97
-2	1.34	23	4.02
-1	1.39	24	4.07
0	1.46	25	4.11
1	1.54	26	4.15
2	1.62	27	4.17
3	1.72	28	4.20
4	1.82	29	4.22
		30	4.24

2.3. Parameter Pengukuran Kualitas

2.3.1. Key Performance Indicator (KPI) Indosat

KPI Indosat merupakan parameter-parameter yang digunakan untuk mengetahui kinerja jaringan. Parameter-parameter ini merupakan parameter utama yang telah disepakati oleh tim *Network Quality Planning* Indosat. Untuk mengetahui kualitas dari *voice*, yang digunakan sebagai parameter KPI di antaranya dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini .

Tabel 2.4. Parameter KPI Untuk Pengukuran Kualitas Suara [11]

CSSR	Call Setup Success Rate, a percentage value to measure the success level of the originating and terminating call for every call setup.
CDR	Call Drop Rate, a percentage value to present the drop call happen during the conversation
SCR	Success Call Rate, a percentage value to present the success level without SDCCH drop, call drop and TCH assign failure.
Erlang	1Erlang = one hour occupancy on traffic channel
HOSR	Handover Success Rate, a percentage value to present the success level during move to one cell/BSC to another cell/BSC
RxQual	RxQuality, to present quality level which is received by MS

2.3.2. Pengukuran dengan MOS dan SQI

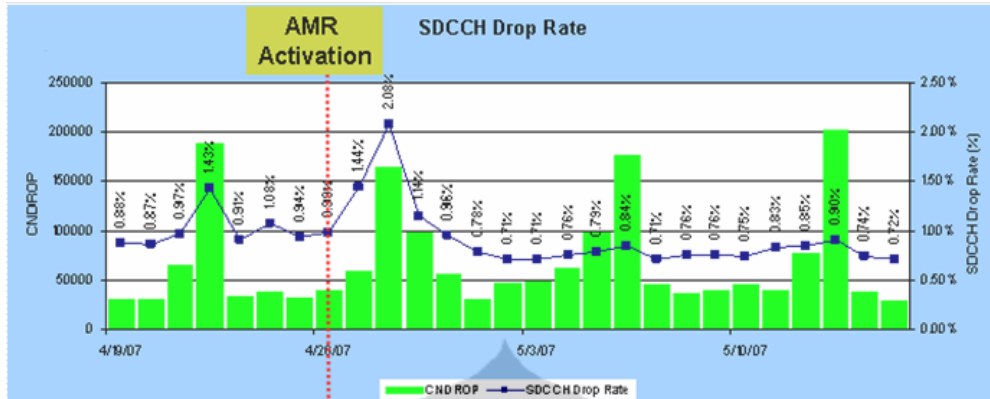
Pengukuran dengan standar MOS dan SQI dilakukan melalui *drive test* pada area yang ditentukan. Adapun parameter yang diukur meliputi :

- RxQual
- *Call drop rate*
- *Handover success rate*

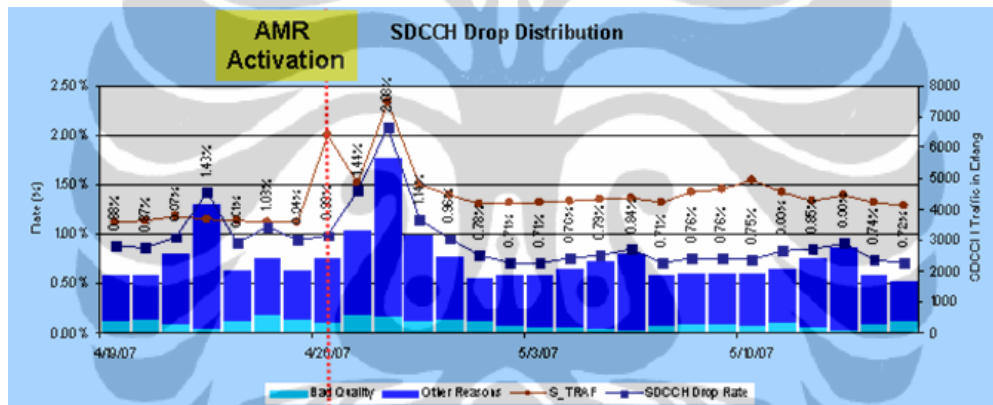
2.4. Trial AMR di PT Indosat

Trial AMR telah dilakukan di Indosat pada bulan April 2007 sampai dengan bulan Mei 2007. *Trial* dilakukan di area Jakarta dan Jawa Timur. Salah satu contoh *trial* yang telah dilakukan adalah di BSC BJK24. Pemilihan BSC BJK24 ini selain areanya yang meliputi area perumahan, trafik di BSC BJK24 juga tinggi, dimana *half rate* sudah banyak diimplementasikan sebagai solusi untuk mencegah *blocking*. Setelah penerapan AMR di BJK24 ini, terlihat adanya kenaikan kinerja jaringan serta peningkatan trafik.

Gambar 2.6 menunjukkan bahwa dengan penerapan AMR di BSC BJK24, nilai *SDCCH rop rate* menurun, yang berarti kinerja jaringan semakin baik. Jika dilihat lebih jauh, maka penyebab *SDCCH drop* karena kualitas yang jelek mengalami penurunan setelah implementasi AMR, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.7. Jadi dengan implementasi AMR, penyebab *drop* SDCCH karena faktor kualitas yang jelek dapat diturunkan.

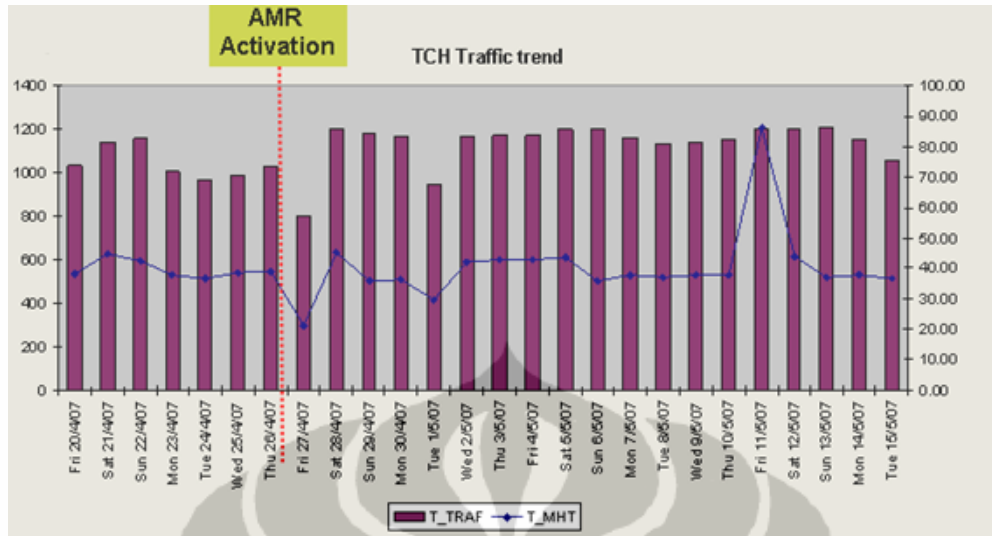


Gambar 2.6. SDCCH Drop Rate di BJK24 Sebelum dan Sesudah Implementasi AMR (sumber : data internal Indosat)



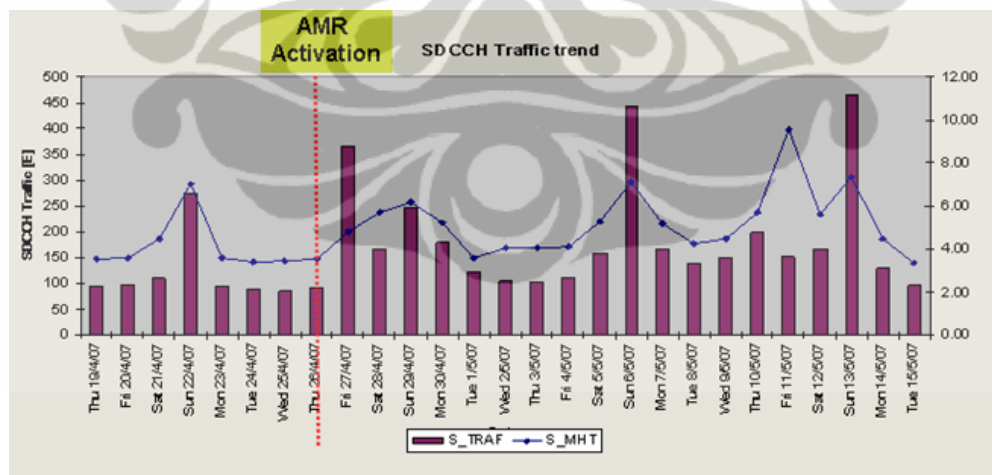
Gambar 2.7. SDCCH Drop Distribution di BJK24 Sebelum dan Sesudah Implementasi AMR (sumber : data internal Indosat).

Dilihat dari tren trafik TCH, setelah implementasi AMR, terlihat adanya kenaikan trafik sekitar 20 persen, yang sebelumnya rata-rata trafik 1000 Erlang naik menjadi 1200 Erlang. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.8. Sedangkan waktu pendudukan rata-rata TCH cenderung tetap.



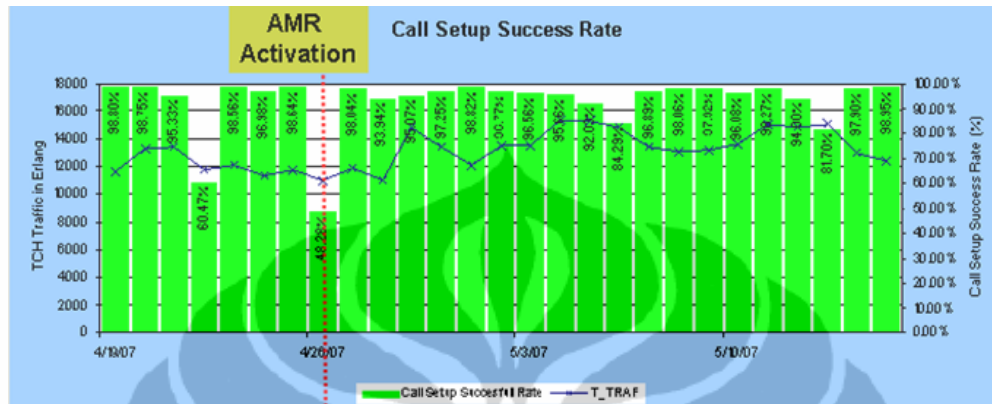
Gambar 2.8. Tren Trafik TCH di BJK24 Sebelum dan Sesudah Implementasi AMR (sumber : data internal Indosat).

Ditinjau dari trafik SDCCH, setelah implementasi AMR, terlihat bahwa trafik SDCCH di BSC BJK24 mengalami peningkatan sebesar 30 sampai 40 persen, dari sekitar 100 Erlang meningkat menjadi sekitar 130-140 Erlang, sedangkan waktu pendudukan rata-rata SDCCH cenderung tetap, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.9.



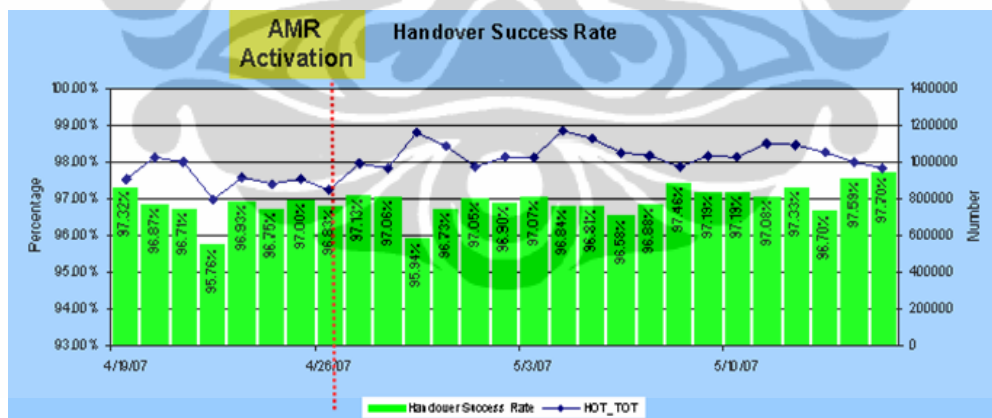
Gambar 2.9. Tren Trafik SDCCH di BJK24 Sebelum dan Sesudah Implementasi AMR (sumber : data internal Indosat).

Implementasi AMR juga memberikan dampak positif terhadap kemudahan akses ke jaringan. Hal ini terlihat dari meningkatnya persentase *call setup success rate* di BJK24 setelah implementasi AMR seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.10.



Gambar 2.10. *Call Set-up Success Rate* di BJK24 Sebelum dan Sesudah Implementasi AMR (sumber : data internal Indosat).

Persentase *handover success rate* di BSC BJK24 juga mengalami peningkatan yang cukup tinggi setelah penerapan AMR, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. *Hand Over Success Rate* di BJK24 Sebelum dan Sesudah Implementasi AMR

Hal ini disebabkan karena dengan adanya AMR, penentuan proses *handover* yang sebelumnya hanya berdasarkan kepada *setting* parameter *RxLevel* di BSC dan rawan terhadap interferensi, dapat dilakukan dengan aman setelah adanya AMR. Sehingga proses *handover* dapat terjadi dengan mudah dan aman dengan tingkat kesuksesan yang lebih tinggi.

