

UNJUK KERJA ALGORITMA *HARD HANDOFF* TERHADAP VARIASI KECEPATAN *MOBILE STATION*

MAKSUM PINEM

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Sumatera Utara, Medan
e-mail : maksum.pinem@gmail.com

ABSTRAK-

Pada sistem GSM (*Global System for Mobile communication*), kualitas *link* komunikasi harus tetap dijaga ketika suatu *mobile station* sedang berkomunikasi dengan *mobile station* lain. Ketika *mobile station* bergerak menjauhi jangkauan suatu *base station* maka perlu dilakukan *handoff* ke *base station* lain. Salah satu parameter yang mempengaruhi *handoff* adalah kecepatan pergerakan *mobile station* (MS). Agar kualitas *link* komunikasi tidak terlalu buruk dan jumlah *handoff* yang terjadi tidak terlalu banyak, maka perlu dilakukan pertimbangan untuk nilai keduanya. Oleh karena kecepatan bergerak *mobile station* dapat berubah-ubah maka perlu juga dilakukan adaptasi agar meningkatkan kinerja sistem komunikasi seluler tersebut. Pada tulisan ini disimulasikan algoritma *hard handoff* yang diadaptasikan terhadap kecepatan *mobile station* yang bervariasi dengan menambahkan parameter kontrol (c) pada nilai *link* degradasi.

Kata kunci: *Algoritma Hard Handoff*, adaptasi, kecepatan.

I. PENDAHULUAN

Pada komunikasi seluler, mobilitas pengguna menjadi hal yang penting karena kuat sinyal yang dipancarkan suatu *base station* tidak dapat menjangkau pengguna yang sudah terlalu jauh sehingga dilakukan proses *handoff*. Proses *handoff* pada komunikasi seluler adalah suatu proses pengalihan suatu *mobile station* (MS) yang bergerak dari suatu *base station* (BS) ke *base station* (BS) lain ketika berkomunikasi dengan *mobile station* lain. Keputusan untuk *handoff* dari satu *base station* ke *base station* yang lain didasarkan pada berbagai kriteria antara lain kualitas *link* degradasi serta kapasitas trafik dan kemungkinan panggilan tersebut di-*blocking*. Keputusan untuk *handoff* ini diharapkan dilakukan pada waktu yang tepat agar kontinuitas dan kualitas komunikasi tetap terjaga baik dan tidak terlalu banyak *handoff* yang terjadi. Namun, kriteria yang paling sering digunakan untuk mengambil keputusan *handoff* adalah pengukuran kuat sinyal pilot yang diterima *mobile station*.

Algoritma *handoff* dirancang untuk menghasilkan keputusan *handoff* yang efisien dengan memperhatikan kualitas *link* komunikasi dan jumlah

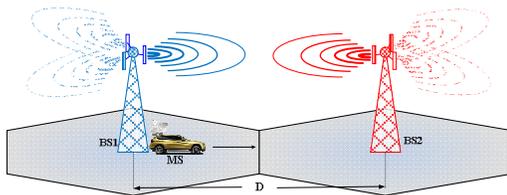
handoff yang terjadi. Algoritma *handoff* yang ada terkadang tidak sesuai ketika salah satu parameter sistem berubah. Sehingga keputusan *handoff* tidak efisien lagi untuk sistem yang baru. Kecepatan *mobile station* bergerak merupakan salah satu parameter sistem yang dapat bervariasi sewaktu-waktu secara signifikan. Kecepatan yang berubah ini akan berpengaruh terhadap pengambilan keputusan untuk *handoff*. Karena semakin tinggi kecepatan suatu *mobile station* maka daerah yang dilintasinya pada satu satuan waktu tertentu akan semakin jauh. Hal ini akan menyebabkan jumlah *handoff* yang terjadi akan semakin banyak.

Oleh karena itu, diperlukan suatu algoritma *handoff* yang dapat beradaptasi dengan kecepatan *mobile station* bergerak. Makna adaptasi pada tulisan ini adalah suatu algoritma *handoff* mampu membuat keputusan *handoff* yang efisien tanpa mengabaikan kualitas sinyal yang diterima oleh *mobile station* sehingga diharapkan *mobile station* mengalami *handoff* yang sedikit tetapi kualitas sinyal yang diterima masih cukup baik. Pada tulisan ini, dibahas algoritma *handoff* yang akan diadaptasikan terhadap sistem yang mempunyai

kecepatan pergerakan *mobile station* yang bervariasi.

II. MODEL SISTEM

Model sistem simulasi yang akan digunakan pada simulasi ini adalah seperti yang terlihat pada Gambar 1, di mana diasumsikan bahwa hanya ada dua BTS yang terlibat dalam proses *handoff* yaitu BS-1 dan BS-2. Sinyal terkuat yang diterima oleh MS dari kedua BS adalah sinyal yang diterima melalui lintasan lurus yang dilalui MS dengan kecepatan konstan. Jarak antara kedua BS sejauh D meter. Kedua BS memiliki daya transmisi yang sama. Ditentukan bahwa $X_{k,1}$ dan $X_{k,2}$ adalah kuat sinyal pilot terima pada *sampling* sesaat k dari BS1 dan BS2 yang terpisah *interval* waktu *sampling* t_s detik. Juga, jarak masing-masing MS dari BS1 dan BS2 adalah $d_{k,1}$ dan $d_{k,2}$.



Gambar 1 Model Sistem

Received Signal Strength (RSS) atau kuat sinyal yang diterima oleh MS terdiri dari tiga komponen yaitu :

- a. Redaman *Path Loss*
Path loss dapat dievaluasi melalui model propagasi *path loss*. *Path loss* dipengaruhi oleh jarak pisah antara *Transmitter* dengan *Receiver*.
- b. *Shadow Fading*
Shadow Fading disebabkan karena adanya halangan pada lintasan *line-of-sight* (LOS) di antara pemancar dan penerima yang berupa gedung-gedung, perbukitan, pepohonan dan lain-lain.
- c. *Fast Fading*
Fast fading yang sering juga disebut sebagai *multipath fading* merupakan lintasan jamak akibat

pemantulan gelombang pancar oleh objek-objek seperti perumahan, gedung-gedung, struktur lain buatan manusia, atau objek alami seperti hutan di sekeliling MS.

Dengan menentukan bahwa penerima dapat meredam *fast fading* secara efektif, kanal radio dimodelkan sebagai hasil dari jarak dipangkatkan η yang mengindikasikan *path loss*, dan sebuah komponen *log-normal* yang menunjukkan rugi-rugi *shadow fading*.

Untuk MS pada jarak d dari BS yang melayani maka redaman propagasi seperti yang ditunjukkan Persamaan (1).

$$\alpha(d, \zeta) [dB] = 10\eta \log d + \zeta \tag{1}$$

Dimana η adalah koefisien *path loss* dan ζ adalah redaman akibat *shadow fading*.

Shadow fading dimodelkan dengan Persamaan (2) sebagai berikut :

$$\zeta(k) = a \zeta(k - 1) + \sigma \sqrt{1 - a^2} W(0,1) \tag{2}$$

Dimana a adalah koefisien korelasi, σ adalah standard deviasi *shadow fading*, dan $W(0,1)$ adalah bilangan acak.

Pada tulisan ini digunakan dua metode untuk proses pengambilan kebijakan *handoff* yaitu *Received Signal Strength* dengan *hysteresis* dan *threshold* serta pendekatan *nonstandard* adaptif *hard handoff*.

1. Received Signal Strength dengan Hysteresis dan Threshold

Hysteresis margin (h) merupakan nilai *margin* antara kuat sinyal $X_1(d)$ dengan kuat sinyal $X_2(d)$, sedangkan *threshold* adalah nilai/batas minimum kuat sinyal yang diperlukan untuk memberikan layanan yang memuaskan sebelum panggilan jatuh (*drop call*). Metode ini sering juga disebut dengan *hysteresis-threshold hard handoff*. Adapun langkah pengambilan kebijakan *handoff* pada algoritma *hysteresis-threshold hard handoff* dapat dijabarkan sebagai berikut :

- a. Jika kuat sinyal dari BS1 (X_1) lebih kecil dari level *threshold* BS2 (t_2), maka telah terjadi *link*

degradasi pada sinyal pilot BS1. Ketika terjadi *link* degradasi pada sinyal pilot BS1 maka MS akan membandingkan kuat sinyal pilot BS2 (X_2) dengan nilai *threshold* BS1 (t_1).

- b. Jika kuat sinyal BS2 (X_2) lebih besar dari pada level *threshold* BS1 (t_1), maka kuat sinyal pilot BS2 (X_2) telah memungkinkan/mampu untuk melayani MS. Setelah keadaan ini terpenuhi, maka MS akan membandingkan X_2 dengan X_1 ditambah dengan *hysteresis margin* (h).
- c. Jika $X_2 > (X_1 + h)$, maka MS akan mengalami *handoff* ke BS2 dan dilayani oleh BS2.

Variabel kebijakan *handoff* (U_k) ini memiliki 2 nilai yaitu 0 dan 1. $U_k = 1$ jika *statement* keadaan kebijakan *handoff* terpenuhi dan $U_k = 0$ jika *statement* keadaan tidak terpenuhi. Adapun *statement* keadaan kebijakan *handoff* untuk algoritma *hysteresis-threshold hard handoff* adalah seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (3).

$$U_k = \begin{cases} 1, & (\hat{X}_{k+1,1} < t_2) \text{ dan } (\hat{X}_{k+1,2} > t_1) \text{ dan } (\hat{X}_{k+1,2} > \hat{X}_{k+1,1} + h) \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

2. Adaptif Hard Handoff

Pada metode ini, setelah kuat sinyal pilot terima terukur kemudian probabilitas *link* degradasi kedua BS dihitung. Kemudian kebijakan *handoff* yang diambil berdasarkan probabilitas *link* degradasi kedua BS. Adapun kebijakan *handoff* untuk algoritma adaptif *hard handoff* adalah Persamaan (4).

$$Q \left(\frac{\bar{X}_{k+1,2} - t_2}{\sigma_2 \sqrt{1 - a_2^2}} \right) + c \begin{matrix} U_k = 0 \\ \geq \\ U_k = 1 \end{matrix} Q \left(\frac{\bar{X}_{k+1,1} - t_1}{\sigma_1 \sqrt{1 - a_1^2}} \right) \quad (4)$$

Di mana σ adalah *standard deviasi* dan a adalah koefisien korelasi.

Melalui persamaan di atas, maka parameter algoritma adaptif *hard handoff* adalah sebagai berikut :

- a. Q_1 : merupakan nilai *link* degradasi dari kuat sinyal pilot BS1.

- b. Q_2 : merupakan nilai *link* degradasi dari kuat sinyal pilot BS2.

c. c : merupakan parameter kontrol. Adapun langkah pengambilan kebijakan *handoff* untuk algoritma adaptif *hard handoff* sesuai dengan Persamaan (4) yang dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Hitung nilai Q_1 dan Q_2 dari kuat sinyal terima. Kemudian tambahkan nilai Q_2 dengan nilai c dan definisikan sebagai Q_{2_c} .
2. Jika $Q_{2_c} < Q_1$, keadaan ini berarti nilai *link* degradasi sinyal X_2 lebih kecil daripada nilai *link* degradasi sinyal X_1 . Atau dengan kata lain, sinyal pilot X_2 lebih baik daripada sinyal pilot X_1 sehingga BS2 yang digunakan untuk melayani MS (terjadi *handoff*). Maka variabel U_k bernilai 1.
3. Jika $Q_{2_c} > Q_1$, keadaan ini berarti nilai *link* degradasi sinyal X_2 lebih besar daripada nilai *link* degradasi sinyal X_1 . Atau dengan kata lain, sinyal pilot X_1 masih lebih baik daripada sinyal pilot X_2 sehingga BS1 masih tetap melayani MS (tidak terjadi *handoff*). Maka variabel U_k bernilai 0.

III. HASIL SIMULASI

Proses simulasi dimulai dengan menentukan parameter dan membangkitkan bilangan acak. Kemudian membangkitkan *shadow fading* dan *path loss*. Kemudian menghitung kuat sinyal terima dan merata-ratakan kuat sinyal dengan metode *windowing*. Nilai rata-rata kuat sinyal ini kemudian digunakan untuk proses kebijakan *handoff*. Parameter yang digunakan dalam simulasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Simulasi Sistem

D = 2000 meter	Jarak dari BS-1 ke BS-2
$\mu_i = 105$ dBm	Kuat sinyal kirim
$\eta_i = 3$	Eksponen <i>path loss</i>
$\sigma_i = 5$ dBm	Standar deviasi <i>shadow fading</i>

$v = 10, 20 \text{ \& } 30 \text{ m/s}$	Kecepatan <i>mobile station</i>
$\bar{d} = 30 \text{ meter}$	Jarak korelasi
$t_s = 0,5 \text{ s}$	Waktu <i>sampling</i>
$M = 20$	Panjang <i>window</i> untuk <i>averaging</i>

III.1 Hysteresis-Threshold Hard Handoff

Selain parameter yang telah disebutkan pada Tabel 1, pada algoritma ini juga digunakan parameter *hysteresis* dan *threshold*. Nilai *hysteresis* (h) yang digunakan akan bernilai tetap yaitu sebesar 3 dB, sedangkan nilai *threshold* (t) divariasikan untuk setiap kecepatan MS bergerak.

- a. Data hasil simulasi *hysteresis-threshold hard handoff* dengan $v = 10 \text{ m/s}$, $h = 3 \text{ dB}$ dan $t = 1 - 15 \text{ dB}$ ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 Data hasil simulasi *hysteresis-threshold hard handoff* untuk $v = 10 \text{ m/s}$

h (dB)	t (dB)	λ_H	λ_{LD}	Jumlah handoff
3	1	0	0.0002	0
3	2	0.0001	0.0006	0
3	3	0.0005	0.0046	1
3	4	0.0014	0.017	1
3	5	0.0032	0.0452	3
3	6	0.0054	0.0972	5
3	7	0.0078	0.1801	8
3	8	0.0092	0.2752	9
3	9	0.0092	0.3962	9
3	10	0.0088	0.5144	9
3	11	0.008	0.616	8
3	12	0.0067	0.7207	7
3	13	0.0053	0.8096	5
3	14	0.004	0.899	4
3	15	0.0029	0.9897	3
3	16	0.0032	1.0557	3
3	17	0.0036	1.1254	4

- b. Data hasil simulasi *hysteresis-threshold hard handoff* dengan $v = 20 \text{ m/s}$, $h = 3 \text{ dB}$ dan $t = 1 - 15 \text{ dB}$ ditunjukkan oleh Tabel 3.

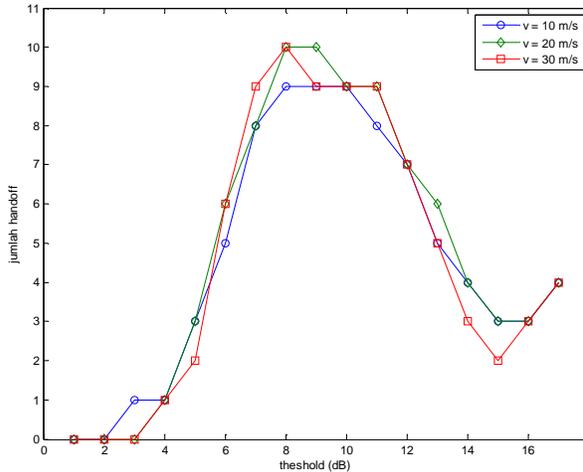
Tabel 3 Data hasil simulasi *hysteresis-threshold hard handoff* untuk $v = 20 \text{ m/s}$

h (dB)	t (dB)	λ_H	λ_{LD}	Jumlah handoff
3	1	0	0	0
3	2	0	0.0001	0
3	3	0.0002	0.0007	0
3	4	0.0008	0.0068	1
3	5	0.0026	0.0257	3
3	6	0.0056	0.0755	6
3	7	0.0084	0.1688	8
3	8	0.0098	0.2761	10
3	9	0.0097	0.4012	10
3	10	0.0089	0.5153	9
3	11	0.0086	0.626	9
3	12	0.0071	0.7284	7
3	13	0.0057	0.8193	6
3	14	0.0037	0.9002	4
3	15	0.0026	0.9858	3
3	16	0.0027	1.0654	3
3	17	0.0036	1.1317	4

- c. Data hasil simulasi *hysteresis-threshold hard handoff* dengan $v = 30 \text{ m/s}$, $h = 3 \text{ dB}$ dan $t = 1 - 15 \text{ dB}$ ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4 Data hasil simulasi *hysteresis-threshold hard handoff* untuk $v = 30 \text{ m/s}$

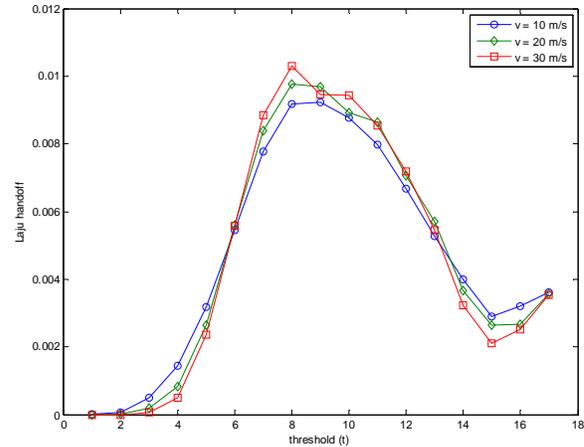
h (dB)	t (dB)	λ_H	λ_{LD}	Jumlah handoff
3	1	0	0	0
3	2	0	0	0
3	3	0.0001	0.0002	0
3	4	0.0005	0.0028	1
3	5	0.0024	0.0177	2
3	6	0.0056	0.0728	6
3	7	0.0088	0.1553	9
3	8	0.0103	0.2824	10
3	9	0.0095	0.4014	9
3	10	0.0094	0.5177	9
3	11	0.0085	0.6312	9
3	12	0.0072	0.7266	7
3	13	0.0054	0.8218	5
3	14	0.0032	0.9125	3
3	15	0.0021	0.9868	2
3	16	0.0025	1.064	3
3	17	0.0035	1.1306	4



Gambar 2 Kurva jumlah *handoff* vs *threshold* untuk 3 kecepatan yang berbeda

Gambar 2 menunjukkan kurva jumlah *handoff* terhadap nilai *threshold* untuk ketiga kecepatan yang berbeda ($v = 10 \text{ m/s}$, 20 m/s & 30 m/s). Pada Gambar ini ditunjukkan bahwa bahwa untuk nilai *threshold* antara 1 – 6 dB dan antara 13 – 17 dB, jumlah *handoff* semakin menurun saat kecepatannya meningkat. Atau dengan kata lain, jumlah *handoff* ketika $v = 10 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada jumlah *handoff* ketika $v = 20 \text{ m/s}$ dan $v = 30 \text{ m/s}$. Juga, jumlah *handoff* ketika $v = 20 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada jumlah *handoff* ketika $v = 30 \text{ m/s}$.

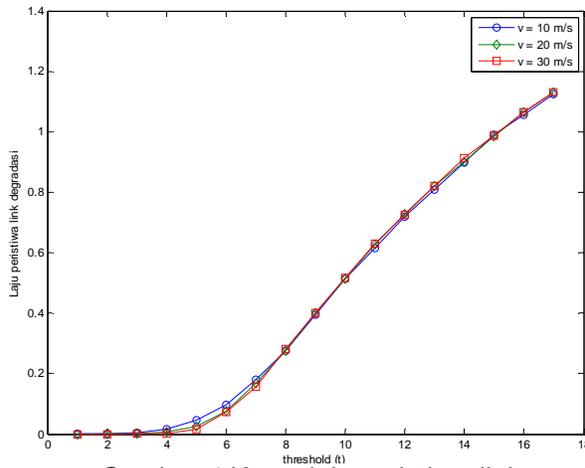
Untuk nilai *threshold* antara 7 – 12 dB, jumlah *handoff* meningkat seiring meningkatnya kecepatan. Atau dengan kata lain, jumlah *handoff* ketika $v = 30 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada jumlah *handoff* ketika $v = 20 \text{ m/s}$ dan $v = 10 \text{ m/s}$. Juga, jumlah *handoff* ketika $v = 20 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada jumlah *handoff* ketika $v = 10 \text{ m/s}$.



Gambar 3 Kurva laju *handoff* vs *threshold* untuk 3 kecepatan yang berbeda

Gambar 3 menunjukkan kurva laju *handoff* terhadap nilai *threshold* untuk ketiga kecepatan yang berbeda ($v = 10 \text{ m/s}$, 20 m/s & 30 m/s). Pada Gambar ini ditunjukkan bahwa untuk nilai *threshold* antara 1 – 6 dB dan antara 13 – 17 dB, laju *handoff* (λ_H) semakin menurun saat kecepatannya meningkat. Atau dengan kata lain, nilai λ_H ketika $v = 10 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada nilai λ_H ketika $v = 20 \text{ m/s}$ dan $v = 30 \text{ m/s}$. Juga, nilai λ_H ketika $v = 20 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada nilai λ_H ketika $v = 30 \text{ m/s}$.

Untuk nilai *threshold* antara 7 – 12 dB, laju *handoff* (λ_H) meningkat seiring meningkatnya kecepatan. Atau dengan kata lain, nilai λ_H ketika $v = 30 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada nilai λ_H ketika $v = 20 \text{ m/s}$ dan $v = 10 \text{ m/s}$. Juga, nilai λ_{LD} ketika $v = 20 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada nilai λ_H ketika $v = 10 \text{ m/s}$.



Gambar 4 Kurva laju peristiwa link degradasi vs threshold untuk 3 kecepatan yang berbeda

Gambar 4 menunjukkan kurva laju peristiwa link degradasi terhadap nilai threshold untuk ketiga kecepatan yang berbeda ($v = 10 \text{ m/s}$, 20 m/s , & 30 m/s). Pada Gambar ini ditunjukkan bahwa untuk nilai threshold antara 1 – 7 dB, laju peristiwa link degradasi (λ_{LD}) menurun saat kecepatannya meningkat. Atau dengan kata lain, nilai λ_{LD} ketika $v = 10 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada nilai λ_{LD} ketika $v = 20 \text{ m/s}$ dan $v = 30 \text{ m/s}$. Juga, nilai λ_{LD} ketika $v = 20 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada nilai λ_{LD} ketika $v = 30 \text{ m/s}$.

Untuk nilai threshold antara 8 – 17 dB, laju peristiwa link degradasi (λ_{LD}) meningkat seiring meningkatnya kecepatan. Atau dengan kata lain, nilai λ_{LD} ketika $v = 30 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada nilai λ_{LD} ketika $v = 20 \text{ m/s}$ dan $v = 10 \text{ m/s}$. Juga, nilai λ_{LD} ketika $v = 20 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada nilai λ_{LD} ketika $v = 10 \text{ m/s}$.

III.2 Adaptif Hard Handoff

Selain parameter yang telah disebutkan pada table 1, pada algoritma ini juga digunakan parameter nilai threshold dan parameter kontrol (c). Nilai threshold yang digunakan akan bernilai tetap yaitu sebesar 2 dB, sedangkan nilai parameter kontrol (c) divariasikan untuk setiap kecepatan MS bergerak.

- a. Data hasil simulasi adaptif hard handoff dengan $v = 10 \text{ m/s}$, $t = 2 \text{ dB}$ dan $c = 0.01 - 0.15$ ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5 Data hasil simulasi adaptif hard handoff untuk $v = 10 \text{ m/s}$

t (dB)	c	λ_H	λ_{LD}	Jumlah handoff
2	0.01	0.0078	0.0215	8
2	0.02	0.0086	0.0221	9
2	0.03	0.007	0.0197	7
2	0.04	0.0062	0.023	6
2	0.05	0.0059	0.022	6
2	0.06	0.006	0.0213	6
2	0.07	0.0044	0.0246	4
2	0.08	0.0054	0.0194	5
2	0.09	0.0036	0.0221	4
2	0.10	0.0036	0.0213	4
2	0.11	0.0038	0.0246	4
2	0.12	0.0036	0.0204	4
2	0.13	0.0035	0.023	4
2	0.14	0.0031	0.022	3
2	0.15	0.0027	0.0204	3

- b. Data hasil simulasi adaptif hard handoff dengan $v = 20 \text{ m/s}$, $t = 2 \text{ dB}$ dan $c = 0.01 - 0.15$ ditunjukkan oleh Tabel 6.

Tabel 6 Data hasil simulasi adaptif hard handoff untuk $v = 20 \text{ m/s}$

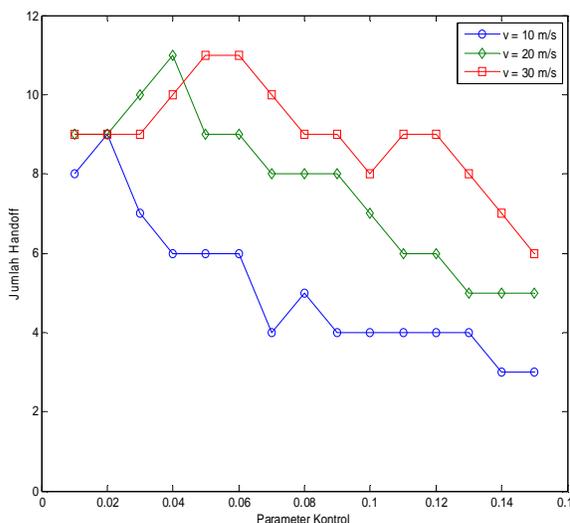
t (dB)	c	λ_H	λ_{LD}	Jumlah handoff
2	0.01	0.0087	0.0372	9
2	0.02	0.0094	0.0363	9
2	0.03	0.0096	0.0353	10
2	0.04	0.0106	0.0377	11
2	0.05	0.0085	0.0353	9
2	0.06	0.0089	0.0377	9
2	0.07	0.0082	0.0361	8
2	0.08	0.0076	0.0382	8
2	0.09	0.0075	0.0353	8
2	0.10	0.0072	0.0372	7
2	0.11	0.0064	0.0363	6
2	0.12	0.0055	0.0358	6
2	0.13	0.0048	0.0367	5

2	0.14	0.005	0.0372	5
2	0.15	0.0047	0.0363	5

c. Data hasil simulasi adaptif *hard handoff* dengan $v = 30 \text{ m/s}$, $t = 2 \text{ dB}$ dan $c = 0.01 - 0.15$ ditunjukkan oleh Tabel 7.

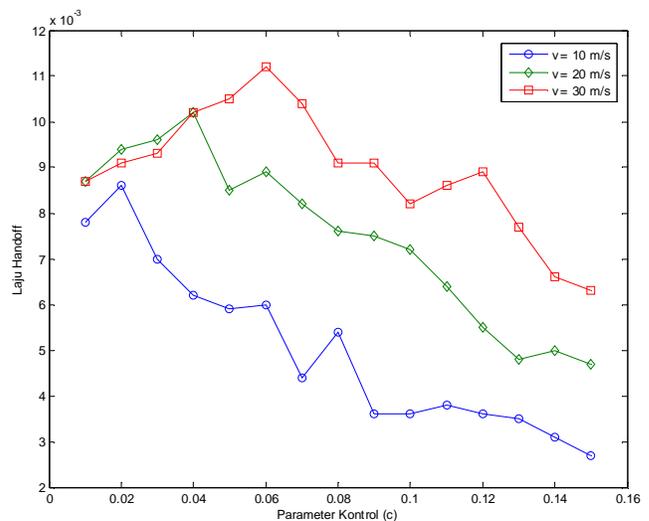
Tabel 7 Data hasil simulasi adaptif *hard handoff* untuk $v = 30 \text{ m/s}$

t (dB)	c	λ_H	λ_{LD}	Jumlah handoff
2	0.01	0.0087	0.0515	9
2	0.02	0.0091	0.049	9
2	0.03	0.0093	0.0472	9
2	0.04	0.0097	0.0482	10
2	0.05	0.0105	0.0472	11
2	0.06	0.0112	0.0479	11
2	0.07	0.0104	0.0487	10
2	0.08	0.0091	0.048	9
2	0.09	0.0091	0.0478	9
2	0.10	0.0082	0.0479	8
2	0.11	0.0086	0.0495	9
2	0.12	0.0089	0.0472	9
2	0.13	0.0077	0.0485	8
2	0.14	0.0066	0.0507	7
2	0.15	0.0063	0.0487	6



Gambar 5 Kurva jumlah *handoff* vs c untuk 3 kecepatan yang berbeda

Gambar 5 menunjukkan kurva jumlah *handoff* terhadap nilai parameter kontrol (c) untuk ketiga kecepatan yang berbeda ($v = 10 \text{ m/s}$, 20 m/s , & 30 m/s). Pada Gambar ini ditunjukkan bahwa nilai jumlah *handoff* untuk masing-masing kecepatan MS bergerak mempunyai nilai yang berbeda kecuali pada nilai $c = 0.01 \text{ m/s}$, jumlah *handoff* untuk $v = 20 \text{ m/s}$ dan $v = 30 \text{ m/s}$ mempunyai nilai jumlah *handoff* yang sama. Untuk nilai c ; 0.02, 0.03, dan 0.04, jumlah *handoff* untuk $v = 10 \text{ m/s}$ lebih rendah daripada jumlah *handoff* untuk $v = 20 \text{ m/s}$ dan 30 m/s . Tetapi jumlah *handoff* untuk $v = 20 \text{ m/s}$ lebih tinggi daripada jumlah *handoff* untuk $v = 30 \text{ m/s}$. Untuk nilai $c = 0.05 - 0.015$, jumlah *handoff* masih tetap memiliki nilai yang berbeda dengan $handoff_{c,1}$ lebih rendah daripada $handoff_{c,2}$ dan $handoff_{c,3}$. Juga, nilai $handoff_{c,2}$ lebih rendah daripada nilai $handoff_{c,3}$. Ketiga jumlah *handoff* tersebut turun seiring meningkatnya nilai c yang diberikan.

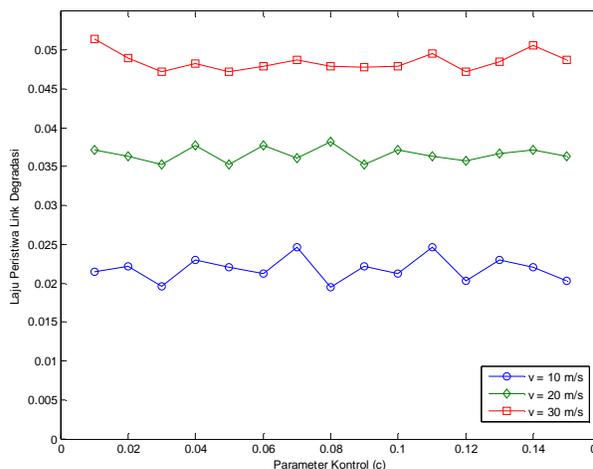


Gambar 6 Kurva laju *handoff* vs c untuk 3 kecepatan yang berbeda

Gambar 6 menunjukkan kurva laju *handoff* terhadap nilai parameter kontrol (c) untuk ketiga kecepatan yang berbeda ($v = 10 \text{ m/s}$, 20 m/s , & 30 m/s). Pada Gambar ini ditunjukkan bahwa nilai laju *handoff* (λ_H) untuk masing-masing kecepatan MS bergerak

mempunyai nilai yang berbeda kecuali pada nilai $c = 0.01 m/s$, nilai λ_H untuk $v = 20 m/s$ dan $v = 30 m/s$ mempunyai nilai yang sama. Untuk nilai c ; 0.02, 0.03, dan 0.04, nilai λ_{H1} lebih rendah daripada nilai λ_{H2} dan λ_{H3} . Tetapi nilai λ_{H2} lebih tinggi daripada nilai λ_{H3} . Untuk nilai $c = 0.05 - 0.015$, nilai λ_H masih tetap memiliki nilai yang berbeda dengan nilai λ_{H1} lebih rendah daripada λ_{H2} dan λ_{H3} . Juga, nilai λ_{H2} lebih rendah daripada nilai λ_{H3} . Ketiga nilai λ_H ini turun seiring meningkatnya nilai c yang diberikan.

Pada Gambar 5 dan 6 ditunjukkan bahwa nilai parameter kontrol (c) mempengaruhi nilai jumlah *handoff* dan laju *handoff* (λ_H), karena secara keseluruhan semakin besar nilai c yang diberikan maka nilai jumlah *handoff* dan laju *handoff* (λ_H) akan semakin turun. Hal ini dikarenakan semakin besar nilai parameter kontrol (c) yang diberikan maka nilai $Q2_c$ (yaitu nilai *link degradasi* BS2 ditambah nilai c) akan semakin besar pula sehingga semakin sedikit nilai $Q2_c$ yang lebih kecil daripada nilai $Q1$. Maka *handoff* yang terjadi semakin sedikit.



Gambar 7 Kurva laju peristiwa link degradasi vs c untuk 3 kecepatan yang berbeda

Pada Gambar 7 ditunjukkan bahwa laju peristiwa *link degradasi* (λ_{LD}) untuk masing-masing kecepatan MS bergerak mempunyai nilai yang berbeda di mana nilai λ_{LD} untuk $v = 10 m/s$ lebih rendah

daripada nilai λ_{LD} untuk $v = 20 m/s$ dan $v = 30 m/s$. Juga, nilai λ_{LD} untuk $v = 20 m/s$ lebih rendah daripada nilai λ_{LD} untuk $v = 30 m/s$. Hal ini tetap berlaku walaupun nilai parameter kontrol (c) divariasikan. Namun nilai λ_{LD} untuk suatu kecepatan hampir sama untuk semua nilai parameter kontrol. Atau dengan kata lain, tidak ada peningkatan atau penurunan nilai λ_{LD} yang signifikan untuk satu nilai kecepatan. Melalui kurva ini dapat diketahui bahwa nilai parameter kontrol (c) tidak mempengaruhi nilai λ_{LD} .

IV. KESIMPULAN

Melalui analisis hasil simulasi dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada algoritma *hysteresis-threshold hard handoff* :
 - a. terjadi efek ping-pong di mana jumlah *handoff* yang paling besar ketika nilai *threshold* sebesar 8 dB.
 - b. nilai laju peristiwa *link degradasi* (λ_{LD}) akan semakin tinggi ketika nilai *threshold* (t) semakin tinggi.
2. Pada algoritma adaptif *hard handoff* :
 - a. semakin besar nilai parameter kontrol (c) yang diberikan maka nilai jumlah *handoff* dan laju *handoff* (λ_H) akan semakin turun.
 - b. jumlah *handoff* dapat diadaptasikan dengan kecepatan *mobile station* bergerak karena dengan mengatur nilai parameter kontrol (c).
 - c. jumlah *handoff* dapat diminimalisasi tanpa mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima oleh *mobile station*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Stuber, Gordon L. 2002." Principles of Mobile Communications, Second Edition". Kluwer Academic Publishers. ISBN: 0-7923-9732-0. Hal 16 – 18.
2. Rappaport, T. S. 1995. "Wireless Communications: Principles and Practice", 2nd Edition. New Jersey: Prentice Hall. Hal 102 – 106.
3. Singh, N. P., Singh, B., "Effects of Soft Handover Margin under Various Radio Propagation Parameters in CDMA Cellular Networks", IEEE Conference on WCSN-2007, 45-50. Hal 2.
4. Corraza, G. E., Giancristofaso D., & Santucci, F., 1994. "Characterization of Handover Initiation in Cellular Mobile Radio Networks", IEEE Technology Conference, hal. 1896-1872.
5. Gudmundson, M. 1991. "Correlation Model for Shadow Fading in Mobile Radio Systems", Electron. Lett., vol. 27, no.23, hal. 2145-2146.
6. Lee. W. C. Y., 2006. "Wireless and Cellular Telecommunications, 3rd Edition", McGraw-Hill Comp., Chapter 11.
7. Pollini. G. P., "Trends in Handover Designs," IEEE Communications Magazine, vol. 34, March 1996, hal. 82-90.
8. Zeng. Qing-An and Agrawal. Dharma P., 2001. "Handoff in Wireless Mobile Networks", Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, University of Cincinnati.
9. Rezaei. S. S. C. An Khalaj. B. H., 2005. "Grey Prediction Based Handoff Algorithm", World Academy of Science, Engineering and Technology 2.
10. Prakash. R. and Veeravalli. V. V., "Adaptive Hard Handoff Algorithms," IEEEJ. Selected Areas in Communications, vol. 13, no. 11, Nov. 2000, hal. 2456-2464.
11. Prakash. R. and Veeravalli. V. V., "A Locally Optimal Handoff Algorithm for Cellular Communications," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 46, no. 3, Aug. 1997, hal. 351-356.