

Studi Perbandingan Algoritma *Blind Equalization* Dengan Metode Dekomposisi Pada *Blind Equalizer*

Fitri Amillia¹

¹UIN Sultan Syarif Kasim Riau
fitriamillia77@gmail.com¹

Abstrak

Masalah intersymbol interference (ISI) mengganggu dalam penerimaan sehingga mengurangi efisiensi transmisi digital. ISI dapat diatasi dengan merancang suatu penerima yang dilengkapi dengan equalizer. Analisa hasil simulasi sistem sebagai dasar pembuktian adanya peningkatan kinerja dari sistem telekomunikasi. Sistem diuji menggunakan blind equalizer dengan algoritma ekualisasi buta metode dekomposisi berupa grafik laju konvergensi mean square error. Pengujian kinerja dari sistem 16 QAM dengan BER yaitu 10^{-3} diperoleh nilai $E_b/N_0 = 10,58$ dB untuk sistem bebas ISI dan nilai $E_b/N_0 = 17,6$ dB untuk sistem dengan ISI didapatkan perbedaan nilai E_b/N_0 sebesar 7,02 dB. Jadi sistem mengalami kerugian daya sebesar 7,02 dB. Hasil simulasi laju konvergensi mean square error algoritma Sato menggunakan metode dekomposisi lebih cepat konvergen dibandingkan dengan laju konvergensi mean square error CMA menggunakan metode dekomposisi

Kata kunci : algoritma blind equalization, kompleksitas komputasi.

Abstract

Problems inter symbol interference (ISI) disturb in acceptance thus reducing efficiency transmission digital. ISI can be overcome by design an receiver furnished with equalizer. Analysis result simulation system as basic substantiation any increase performance of telecommunication system. A system of tested use the blind equalizer with blind equalization algorithm a method of the decomposition of the rate of the convergence chart mean square error. Performance testing of 16 QAM system with BER that is 10^{-3} retrieved value of $E_b/N_0 = 10.58$ dB for free ISI and the value of $E_b/N_0 = 17.6$ dB for systems with ISI obtained difference between E_b/N_0 of 7.02 dB. So the system suffered losses of power 7.02 dB. Simulation results of convergence rate of mean square error decomposition method using Sato algorithm faster convergence rate compared to the mean square error decomposition method using CMA.

Keywords: blind equalization algorithm, computational complexity.

1. Pendahuluan

Distorsi pada kanal komunikasi ini menyebabkan dispersi bentuk pulsa informasi yang ditransmisikan. Adanya pelebaran bentuk pulsa informasi ini menyebabkan antar pulsa informasi yang saling berdekatan atau overlap satu dengan yang lainnya. Efek overlap ini dikenal dengan efek intersymbol interference (ISI). Pengaruh ISI dapat mengakibatkan kesalahan (*error*) dari data informasi yang diterima oleh penerima jika dibandingkan dengan data informasi asal yang dikirim, sehingga apabila tidak ditangani dengan baik akan menghasilkan laju kesalahan atau *Bit Error Rate* (BER) yang cukup tinggi pada sistem transmisi digital.

Pengaruh ISI dapat diatasi dengan merancang suatu penerima yang dilengkapi dengan ekualiser. Dua hal yang penting dalam implementasi dan mendesain ekualiser adalah kompleksitas dan training. Ekualisasi buta diperlukan untuk mengurangi kompleksitas karena ekualisasi tanpa memerlukan pertolongan deretan training, dimana koefisien ekualiser diadaptasikan menggunakan statistik yang diketahui pada data yang ditransmisikan, tetapi bukan nilai data. Ekualiser buta diarahkan ke operasi decision-directed setelah inisial konvergensi. Penggunaan metode ekualisasi buta dengan kompleksitas komputasi yang rendah secara signifikan mengurangi kompleksitas komputasi melewati bagian *counter* konvensional. Pengurangan kompleksitas sampai dengan setengahnya dalam operasi konvolusi ekualiser, tergantung pada pemilihan skema ekualiser koefisien adaptasi mendekati antara 25% dan 50% untuk semua kompleksitas ekualiser [1]. Permasalahan yang timbul dalam penelitian ini diselesaikan dengan mengkaji penerapan komputasi dengan kompleksitas yang rendah pada algoritma ekualisasi buta dengan metode dekomposisi dan menampilkan simulasi laju konvergensi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji algoritma ekualisasi buta dengan metode dekomposisi dan menentukan unjuk kerjanya.

2. Dasar teori

2.1. Ekualisasi Buta (*Blind Equalization*)

Dalam ekualisasi buta, hanya sinyal yang diterima yang dikenali oleh ekualiser. Respon impuls dan deretan sinyal informasi yang tidak diketahui oleh penerima. Oleh karena itu, tugas ekualiser adalah memperbaiki masukan sinyal dan estimasi respon channel impuls tanpa sinyal training.

Kelompok algoritma ekualisasi buta yang berdasarkan pada sifat statistik sinyal yang diterima adalah :

1. Ekualisasi berdasarkan *second-order statistic* (SOS). Metode ini memakai prosedur subspace dekomposisi yang memanfaatkan karakteristik inherent pada sinyal yang diterima menggunakan cyclostationary statistic, yaitu berdasarkan second-order statistic [2].

2. Ekualisasi berdasarkan *high-order statistic* (HOS). Metode ini *high-order cumulant* dan polyspectra yang memanfaatkan cumulant dan polyspectra yang memanfaatkan karakteristik pada sinyal yang diterima [3]. Kelompok ini disebut juga sebagai metode Busssgang [3], yang dibahas pada penelitian ini.

Algoritma berdasarkan HOS biasanya menyebabkan konvergensi lambat, sensitivitas untuk timing jitter dan potensial konvergensi untuk local minimum (bukan untuk global minimum). Metode Busssgang relatif sederhana diimplementasikan dalam sistem komunikasi digital jika dibandingkan dengan metode polyspectra. Oleh karena itu, pembahasan dalam penelitian ini menggunakan ekualisasi buta yaitu class algoritma Busssgang. Dalam literatur yang termasuk algoritma Busssgang adalah algoritma decision-directed, algoritma Sato, algoritma Shalvi-Weinstein dan algoritma Godard yang disebut juga sebagai Constant modulus algorithm (CMA).

2.2. Algoritma Ekualisasi Buta dengan Metode Dekomposisi

Algoritma dekomposisi ekualisasi buta dibagi menjadi dua bagian yaitu metode dekomposisi untuk konvolusi dan koefisien adaptasi. Selanjutnya akan dijelaskan sebagai berikut :

a. Metode Dekomposisi untuk Konvolusi

Bentuk konvolusi filter transversal konvensional adalah :

$$z(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(n-k)w_k(n) \quad (2.1)$$

dimana n adalah time index, $x(n-k)$ adalah filter input, $w_k(n)$ adalah k koefisien filter dan $z(n)$ adalah filter output.

Chen dan Tsay [9] memperoleh (2.2) yang disusun lagi sebagai berikut :

$$z(n) = \sum_{k=0}^{\frac{N}{2}-1} [x(n-2k) + w_{2k+1}(n)] \times [x(n-2k-1) + w_{2k}(n)] \quad (2.2)$$

$$- \sum_{k=0}^{\frac{N}{2}-1} x(n-2k)x(n-2k-1) - \sum_{k=0}^{\frac{N}{2}-1} w_{2k}(n)w_{2k+1}(n)$$

dimana, tanpa significant loss secara general, dianggap N genap. Ini adalah pendekatan dekomposisi untuk menghitung konvolusi.

Pada ruas kanan (2.2), pola pertama memerlukan perkalian $N/2$ dan penambahan $(3N/2)-1$ pada setiap waktu. Untuk $\gamma(n)$ sebagai pola kedua ruas kanan dalam (2.2). Ini dapat dikomputasi sebagai berikut:

$$\gamma(n) = g(n-2) + x(n)x(n-1) - x(n-N)x(n-N-1) \quad (2.2)$$

Komputasi memerlukan dua perkalian dan dua penambahan. Alternatifnya, kita dapat menyimpan nilai $x(n)x(n-1)$ dalam delay line untuk penggunaan terakhir. Ketika perkalian disimpan pada cost untuk beberapa memory space dan operasi. Terakhir pola ruas kanan, dalam kasus constant-coefficient filter dapat dihitung pada design stage. Dalam ringkasan, untuk constant-coefficient filter formula dekomposisi (2.2) diperoleh output setiap waktu dengan perkalian order $N/2$ dan penambahan $3N/2$. Dibandingkan dengan perkalian order N dan penambahan N untuk metode konvensional, metode dekomposisi menghasilkan jumlah perkalian berkurang hampir 50% untuk jumlah penambahan meningkat 50%. Tetapi perkalian kompleksitas digital dapat lebih besar dari penambahan, khususnya untuk signal kompleks dalam proses signal baseband QAM. Sehingga, metode dekomposisi mengurangi kompleksitas yang signifikan untuk perhitungan konvolusi.

Dalam adaptive filter, koefisien $w_k(n)$ adalah time varying dan pola terakhir ruas kanan (2.2) tidak dapat dihitung lebih lanjut. Perhitungan secara tepat pada pola ini diperlukan perkalian $N/2$ dan penambahan $N/2 - 1$ pada setiap waktu, membuat perhitungan menurut (2.2) lebih rumit dari metode konvensional. Untuk menghindari masalah ini, Chen mendefinisikan variable baru $h(n)$ dalam hal ini yakni memodifikasi (2.2) kedalam

$$z(n) = \sum_{k=0}^{\frac{N}{2}-1} [x(n-2k) + w_{2k+1}(n)] \times [x(n-2k-1) + w_{2k}(n)] - \sum_{k=0}^{\frac{N}{2}-1} x(n-2k)x(n-2k-1) - h(n) \quad (2.3)$$

dimana variabel $h(n)$ diadaptasikan ke estimasi $\sum_k w_{2k}(n)w_{2k+1}(n)$. Dengan metode dekomposisi mengatasi kompleksitas. Dengan adaptasi yang tepat, $h(n)$ dapat melalui $\sum_k w_{2k}(n)w_{2k+1}(n)$ yang terakhir. Metode dekomposisi filter yang digunakan dalam *equalizer* buta.

B. Adaptasi Koefisien

Banyak algoritma adaptasi koefisien yang umum digunakan dalam filter adaptif tak buta dan buta yaitu type stochastic gradient. Untuk ini, sifat pertama yaitu cost function (pada *equalizer* output $z(n)$) merupakan global minimum yang cocok diperlukan koefisien filter. Untuk contoh, dalam kasus filter adaptif tak buta, banyak mengurangi fungsi mean-square error (MSE) yaitu $E|z(n) - d_n|^2$, dimana d_n filter output yang diinginkan. Untuk ekualisasi buta, memperbaiki cost function berupa global minima yang sesuai untuk ekualisasi sempurna yaitu *limit of infinitely long equalizer*. Cost function Menurut Godard's[4]. Misal untuk $\Psi(z(n))$ sebagai cost function dan $\Phi(z(n))$ sebagai nilai sampel pada waktu n , maka, $\Psi(z(n)) = E\{\Phi(z(n))\}$, menurut Godard adalah :

$$\Phi(z(n)) = (|z(n)|^p - R_p)^2, \quad R_p = \frac{E|a_n|^{2p}}{E|a_n|^p} \quad (2.4)$$

dimana p adalah positive integer. Dengan pendekatan stochastic gradient, diperoleh persamaan adaptasi untuk koefisien *equalizer* dalam struktur transversal konvensional :

$$w_k(n+1) = w_k(n) - \mu \nabla_{w_k(n)} \Phi(z(n)) = w_k(n) - \mu \phi(z(n)) x^*(n-k) \quad (2.5)$$

dimana

$$\phi(z(n)) = \nabla_{z(n)} \Phi(z(n)) = 2pz(n)|z(n)|^{p-2} (|z(n)|^p - R_p) \quad (2.6)$$

dan gradient operator ∇ didefinisikan sebagai $\nabla_c q = (\partial q) / (\partial \Re\{c\}) + j(\partial q) / (\partial \Im\{c\})$. Pilihan populer untuk p adalah $p = 2$. dalam kenyataan jika $p > 2$ ketika dynamic range pada $\Phi(z(n))$ menjadi besar, menurunkan performansi.

Ketika *equalizer* mengasumsikan struktur filter dekomposisi (2.7), pendekatan stochastic gradient menghasilkan formula koefisien adaptasi berikut :

$$w_{2k}(n+1) = w_{2k}(n) - \mu \nabla_{w_{2k}(n)} \Phi(z(n)) = w_{2k}(n) - \mu \phi(z(n)) \times (x(n-2k) + w_{2k+1}(n))^* \quad (2.8)$$

$$w_{2k+1}(n+1) = w_{2k+1}(n) - \mu \nabla_{w_{2k+1}(n)} \Phi(z(n)) = w_{2k+1}(n) - \mu \phi(z(n)) \times (x(n-2k-1) + w_{2k}(n))^* \quad (2.9)$$

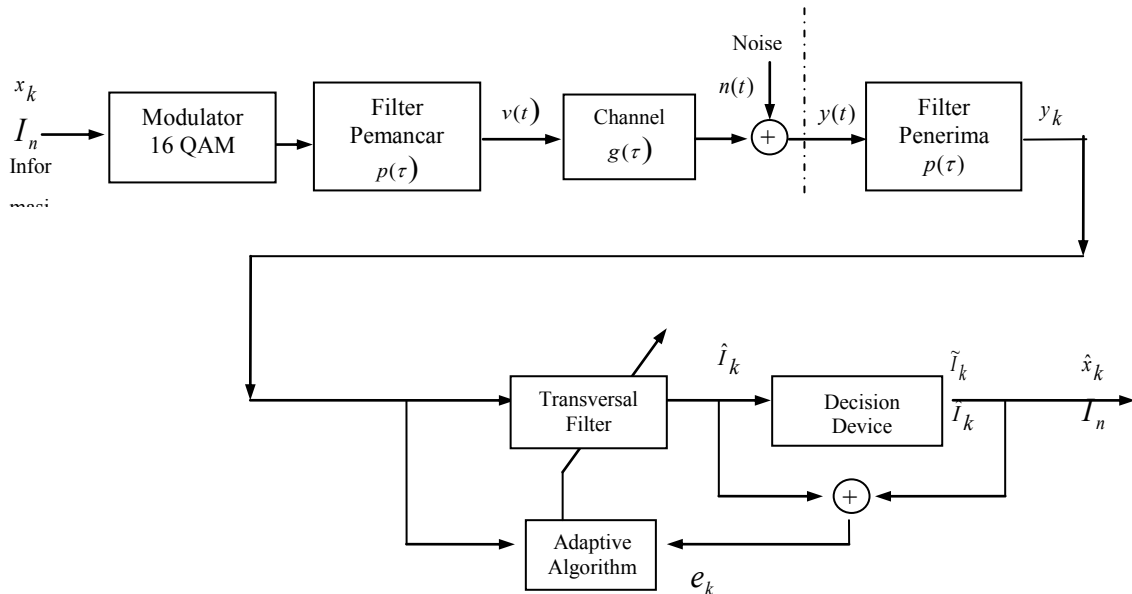
$$h(n+1) = h(n) - \nu \nabla_{h(n)} \Phi(z(n)) = h(n) + \nu \phi(z(n)) \quad (2.4)$$

dimana μ dan ν adalah adaptation step size.

3. Metode Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan yaitu :

1. Study literatur
 Metode ini digunakan untuk mengumpulkan informasi dan mempelajari beberapa literatur-literatur yang digunakan dalam penelitian ini, seperti teori tentang blind equalization dan Algoritma blind equalization dengan metode dekomposisi.
2. Pemodelan dan simulasi sistem
 Penelitian ini ditekankan pada permasalahan distorsi di sistem telekomunikasi digital. Distorsi pada kanal komunikasi menyebabkan pelebaran pulsa-pulsa informasi, sehingga menimbulkan efek *intersymbol interference* (ISI). Oleh karena itu, ekualiser dapat digunakan sebagai salah satu alternatif metode pemecahannya. Model ekualiser yang digunakan pada gambar 3.1 adalah ekualiser linier menggunakan adaptive algorithm menggunakan algoritma CMA dan Sato dengan metode dekomposisi akan disimulasikan pada penelitian ini.



Gambar 3.1. Sistem digital komunikasi dengan ekualiser

Simulasi menggunakan program Matlab 7 disesuaikan blok diagram gambar 3.1. Selanjutnya akan ditampilkan hasil plot dari setiap blok diatas, prosedurnya sebagai berikut :

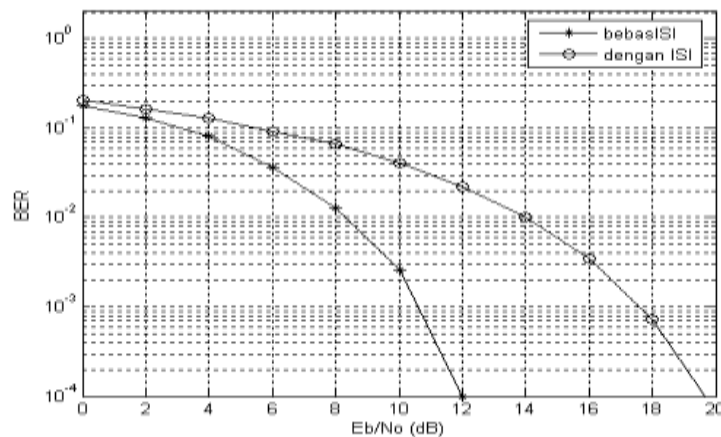
1. Pembangkitan Sinyal Informasi Polar NRZ
 Bit-bit yang akan dikirimkan, dibangkitkan dengan menggunakan fungsi randint.
2. Modulasi menggunakan 16 QAM
 Fungsi qammod digunakan sebagai modulator 16 QAM untuk penelitian ini.
3. Filter Pemancar
 Fungsi filter pemancar adalah untuk mengubah bentuk sinyal informasi *baseband* ekuivalen yang berupa pulsa-pulsa persegi menjadi bentuk pulsa *square root raised cosine* yang mempunyai *bandwidth* sinyal terbatas.
 Fungsi yang digunakan pada filter pemancar adalah rcosfit. Kemudian Fungsi tersebut disimulasikan menghasilkan keluaran filter pemancar.
4. Model Kanal AWGN dengan ISI
 Penelitian ini menggunakan model kanal AWGN yang menyebabkan terjadinya ISI pada sinyal yang ditransmisikan melaluinya. Nilai impuls respon yang digunakan adalah $h = [0.9631 \ 0.2408 \ 0.1204]$.
5. Filter Penerima
 Keluaran dari kanal AWGN selanjutnya dilewatkan melalui filter penerima.
6. Konstelasi Sinyal 16 QAM
 Konstelasi yang akan ditampilkan ada dua bagian yaitu di pemancar dan penerima.
3. Menganalisa hasil simulasi
 Metode selanjutnya menganalisa hasil simulasi sistem sebagai dasar pembuktian adanya peningkatan kinerja dari sistem telekomunikasi. Pengujian kanal dan pengujian sistem *blind equalizer* menggunakan algoritma ekualisasi buta dengan metode dekomposisi yaitu algoritma CMA dan Sato hasil simulasinya berupa grafik laju konvergensi.

3. Hasil dan Analisa

Analisa hasil simulasi sistem sebagai dasar pembuktian adanya peningkatan kinerja dari sistem telekomunikasi. Pengujian kanal dan pengujian sistem *blind equalizer* menggunakan algoritma ekualisasi buta dengan metode dekomposisi yaitu algoritma CMA dan Sato hasil simulasinya berupa grafik laju konvergensi.

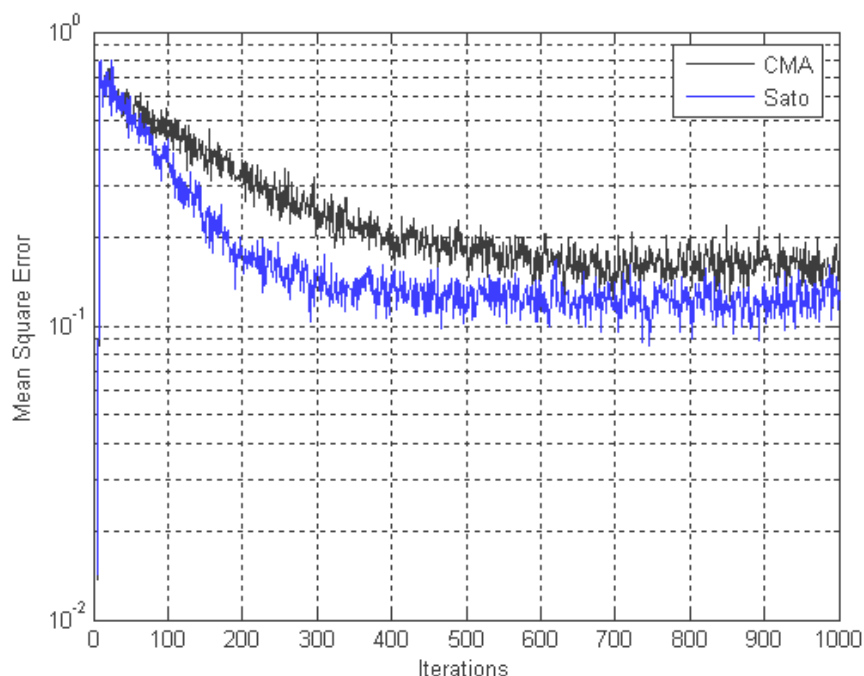
3.1. Pengujian Kanal

Pengujian kinerja dari sistem 16 QAM dengan menggunakan model kanal AWGN dan hasilnya dibandingkan dengan kinerja yang bebas ISI seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.2. BER sistem ISI dengan bebas ISI

Pada gambar 3.2 dapat dilihat perbandingan antara sistem dengan ISI dan sistem bebas ISI dengan *bit error rate* yang sama yaitu 10^{-3} , maka diperoleh nilai $E_b/N_0 = 10.58$ dB untuk sistem bebas ISI dan nilai $E_b/N_0 = 17.6$ dB untuk sistem dengan ISI. Dari hasil tersebut didapatkan perbedaan nilai E_b/N_0 sebesar 7.02 dB. Jadi sistem komunikasi digital mengalami kerugian daya sebesar 7.02 dB.



Gambar 3.3. Konvergensi *mean square error* dengan CMA dan algoritma Sato menggunakan metode dekomposisi

Pada gambar 3.3 hasil simulasi laju konvergensi *mean square error* (MSE) algoritma Sato menggunakan teknik dekomposisi konvergen pada iterasi ke 300 sedangkan laju konvergensi *mean square error* CMA konvergen pada iterasi ke 400. Jadi laju konvergensi *mean square error* algoritma Sato menggunakan

teknik dekomposisi lebih cepat konvergen dibandingkan dengan laju konvergensi *mean square error* CMA menggunakan teknik dekomposisi.

Tabel 3.1. Tabel Perbandingan MSE Algoritma-Algoritma Ekualisasi Buta

No	Algoritma-Algoritma Ekualisasi Buta	MSE
1.	CMA dengan metode dekomposisi	10^{-7}
2.	Algoritma Sato dengan metode dekomposisi	10^{-9}

Hasil MSE pada tabel 3.1. Diperlihatkan bahwa mean square error algoritma Sato lebih rendah dibandingkan mean square error CMA.

Tabel 3.2. Tabel Perbandingan Laju Konvergensi Algoritma-Algoritma Ekualisasi Buta

No	Algoritma-Algoritma Ekualisasi Buta	Laju Konvergensi
1.	CMA dengan metode dekomposisi	Konvergen pada iterasi ke 400
2.	Algoritma Sato dengan metode dekomposisi	Konvergen pada iterasi ke 300

Hasil laju konvergensi pada tabel 3.2. diperlihatkan bahwa laju konvergensi mean square error algoritma Sato lebih cepat konvergen dibandingkan dengan laju konvergensi mean square error CMA sedangkan laju konvergensi mean square error algoritma Sato menggunakan metode dekomposisi lebih cepat konvergen dibandingkan dengan laju konvergensi mean square error CMA menggunakan metode dekomposisi. Jadi laju konvergensi menggunakan algoritma Sato lebih cepat konvergen dari CMA.

4. Kesimpulan

1. Pengujian kinerja dari sistem 16 QAM tanpa ekualiser didapatkan hasil perbandingan antara sistem dengan BER yang sama yaitu 10^{-3} , maka diperoleh nilai Eb/No = 10.58 dB untuk sistem bebas ISI dan nilai Eb/No = 17.6 dB untuk sistem dengan ISI. Jadi sistem komunikasi digital mengalami kerugian daya sebesar 7.02 dB.
2. Hasil simulasi laju konvergensi *mean square error* algoritma Sato menggunakan metode dekomposisi konvergen pada iterasi ke 300 sedangkan laju konvergensi *mean square error* CMA konvergen pada iterasi ke 400. Jadi laju konvergensi mean square error algoritma Sato menggunakan metode dekomposisi lebih cepat konvergen dibandingkan dengan laju konvergensi *mean square error* CMA menggunakan metode dekomposisi.

Referensi

- [1] C.-I Hwang, and D.W. Lin, A family of low-complexity blind equalizers, *IEEE Trans. Commun.*, vol 52, pp. 395-405, March.2004.
- [2] C. R. Johnson, Jr., P. Schniter, T.J. Endres, J.D. Behm, D. R. Brown and R.A. Casas, Blind Equalization using the constant modulus criterion : A review, *in Proceeding of IEEE*, vol 86, no.10, pp. 1927-1950, Oct, 1998.
- [3] R. Pan, and C.L. Nikias, The complex cepstrum of higher order cumulants and nonminimum phase identification, *IEEE Transactions on Acoustic, Speech, and Signal Processing*, vol 36, no.2, pp.186-205, Feb, 1988.
- [4] C.-I Hwang, T.-C. Tang D.W. Lin, and S.-G. Chen, An efficient FSE/DFE-based HDSL equalizer with new adaptive algorithms, *in Proc. IEEE Int. Conf. Communications*, vol. 1, pp.288-292, 1994.
- [5] J.G Proakis, *Digital Communication*, 4nd Edition New York, McGraw Hill, Inc. 2001.
- [6] Z.Ding, R.A. Kennedy, B.D.O. Anderson, and C.R. Johnson, Jr., Ill-convergence of Godard blind equalizers in data communication systems, *IEEE Trans. Commun.*, vol.39, pp. 1313-1327, Sept.1991.
- [7] J.G Proakis and M. Salehi, *Contemporary Communication System Using MATLAB*. Brooks/Cole, USA. 2000.
- [8] J. M. Morton, *Adaptive Equalization for Indoor Wireless Channels*, Master of Science in Electrical, Blackburg, Virginia, August 3, 1998.
- [9] C. R. Johnson, Jr., P. Schniter, T.J. Endres, J.D. Behm, D. R. Brown and R.A. Casas, Blind Equalization using the constant modulus criterion : A review, *in Proceeding of IEEE*, vol 86, no.10, pp. 1927-1950, Oct, 1998.
- [10] B.Q. Ali, *Blind Adaptive Equalizer*, Departement of Electrical Engineering, King Fahd University of Petroleum and Minerals, 2005.