

ANALISIS UNJUK KERJA EKUALIZER PADA SISTEM KOMUNIKASI DENGAN ALGORITMA *LEAST MEAN FOURTH BASED POWER OF TWO QUANTIZER* (LMF-PTQ)

Ginda Utama Putri, Rahmad Fauzi

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

e-mail: gindautamaputri@students.usu.ac.id or gindautamaputri@yahoo.com

Abstrak

Karakteristik kanal komunikasi yang tidak ideal menimbulkan terjadinya distorsi pada sinyal informasi yang melewatinya. Distorsi tersebut dapat mengakibatkan kenaikan *Symbol Error Rate* (SER) data informasi hasil deteksi di sisi penerima. Teknik ekualisasi adalah proses pengolahan sinyal yang digunakan untuk mengatasi *Intersymbol Interference* (ISI). *Intersymbol Interference* (ISI) adalah sebuah fenomena masalah yang selalu ada dalam komunikasi dengan transmisi data yang berbasis simbol. Paper ini menganalisis tentang kinerja ekualizer adaptif dengan algoritma *Least Mean Fourth based Power OF Two Quantizer* (LMF-PTQ) dalam mengatasi *noise* dan ISI. Agar ekualizer adaptif dapat bekerja dengan baik, maka parameter-parameter ekualizer perlu diatur terlebih dahulu. Berdasarkan hasil pemrosesan simulasi diperoleh besar SER untuk sinyal yang dipengaruhi oleh *Fading Rayleigh* dan AWGN menggunakan ekualizer pada saat SNR = 15 sampai 27 adalah 0.8067 sampai 0.7094, pada pengujian panjang filter (N) mulai 20 sampai 41 maka nilai SER yang dihasilkan adalah 0.6856 sampai 0.7171 dan untuk pengujian *step size* mulai dari 0.001 sampai 0.032 maka nilai SER yang dihasilkan adalah 0.8242 sampai 0.6849.

Kata Kunci: *Symbol Error Rate (SER), Least Mean Fourth based Power of Two Quantizer (LMF-PTQ), ekualizer, Intersymbol Interference (ISI)*

1. Pendahuluan

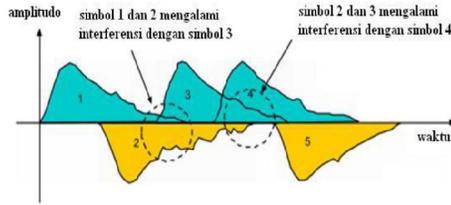
Dalam telekomunikasi, gangguan *Intersymbol Interference* (ISI) merupakan bentuk distorsi sinyal dimana satu simbol mengganggu simbol berikutnya. Distorsi tersebut dapat mengakibatkan kenaikan *Symbol Error Rate* (SER) data informasi hasil deteksi di sisi penerima. Ini adalah keadaan yang tidak diinginkan dan menyebabkan gangguan, sehingga membuat komunikasi tidak baik. Karena kanal fading *random* dan berubah terhadap waktu, ekualizer harus mendeteksi karakteristik perubahan waktu pada kanal yang disebut adaptif ekualizer. Di dalam paper ini dilakukan simulasi unjuk kerja ekualizer untuk mendapatkan nilai SER dengan menggunakan algoritma *Least Mean Fourth based Power of Two Quantizer* (LMF-PTQ) [1].

2.1 *Intersymbol Interference* (ISI)

Dalam telekomunikasi, gangguan *Intersymbol Interference* (ISI) merupakan bentuk distorsi sinyal di mana satu simbol

mengganggu simbol berikutnya. Salah satu penyebab gangguan *Intersymbol Interference* (ISI) adalah propagasi *multipath* dimana sinyal nirkabel dari pemancar mencapai penerima melalui banyak jalur yang berbeda. Ini berarti bahwa sebagian atau seluruh simbol tertentu akan menyebar ke simbol berikutnya, sehingga mengganggu deteksi yang benar dari simbol-simbol.

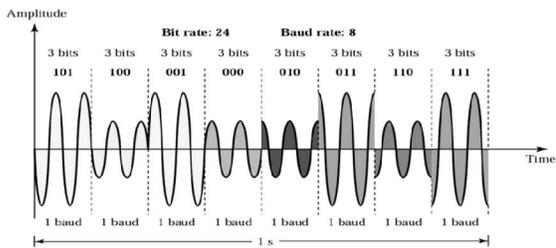
Untuk menghilangkan ISI dapat dilakukan dengan memberikan filter ekualizer disisi penerima. Selain gangguan yang berupa ISI, gangguan lain yang biasanya terjadi adalah *noise*. Gambar 1 menunjukkan sinyal yang dikirimkan mengalami banyak peristiwa pada kanal yang mengakibatkan sinyal tersebut tercampur dengan *noise* dan mengalami ISI sehingga pada saat diterima simbol-simbol melebar dan mengganggu simbol yang lain[2].



Gambar 1. Intersymbol Interference

2.2 Konsep Modulasi Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

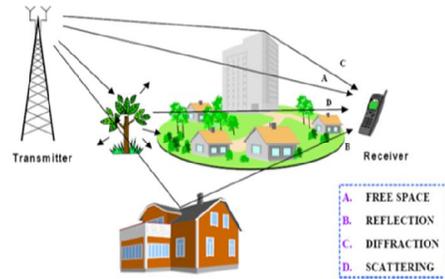
Modulasi adalah suatu proses untuk merubah gelombang pembawa (*carrier*) sebagai fungsi dari sinyal informasi[3]. *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) merupakan salah satu teknik modulasi digital. Pada QAM, informasi yang akan dikirimkan diubah menjadi simbol QAM yang dapat direpresentasikan sebagai sinyal analog pemodulasi. Orde QAM yang sering dinyatakan sebagai M-ary QAM menunjukkan jumlah simbol QAM yang dapat dihasilkan ($M = 2^n$), dengan n adalah jumlah bit penyusun satu simbol. Bentuk sinyal modulasi QAM dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk sinyal 8-QAM untuk jumlah

2.3 Fading Rayleigh

Perbedaan jalur propagasi menimbulkan komponen *multipath* dari sinyal yang dipancarkan tiba pada penerima melalui jalur propagasi yang berbeda dan pada waktu yang berbeda pula. Perbedaan waktu tiba pada penerima tersebut menyebabkan sinyal yang diterima mengalami interferensi, yang akan menimbulkan fenomena fluktuasi amplitudo dan fasa sinyal yang diterima, dan menimbulkan fenomena mendasar yang disebut fading. Lingkungan kanal *multipath* ditunjukkan pada Gambar 3[2].



Gambar 3 Lingkungan kanal *multipath*

2.4 AWGN (Additive White Gaussian Noise)

Salah satu jenis noise yang ada pada sistem komunikasi adalah *noise thermal*. *Noise thermal* ini disebabkan oleh pergerakan-pergerakan elektron di dalam konduktor yang ada pada sistem telekomunikasi, misalnya pada perangkat penerima. Persamaan Distribusi Gaussian yang mewakili AWGN yaitu[1]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2\right) \tag{1}$$

Dimana : μ = rata-rata x x = nilai data

σ = standar deviasi $\pi = 3.14$

2.5 Filter Digital Finite Impuls Respons (FIR)

Filter digital adalah sebuah implementasi algoritma matematik ke dalam perangkat keras dan/atau perangkat lunak yang beroperasi pada sebuah sinyal input digital untuk menghasilkan sebuah output sinyal digital agar tujuan pemfilteran tercapai[4]. Filter digital FIR dapat dituliskan dengan persamaan[4]:

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)x(n - k) \tag{2}$$

$$H(z) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)z^{-k} \tag{3}$$

Dimana : $k = 0, 1, \dots, N-1$ adalah respons impuls atau koefisien dari filter, $H(z)$ adalah fungsi alih dari filter, N adalah panjang dari filter yang merupakan jumlah dari koefisien filter.

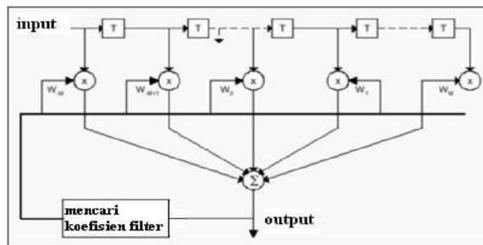
2.6 Ekuwalizer

Ekuwalizer merupakan filter digital yang dipasang pada sisi penerima yang bertujuan agar sinyal yang masuk pada sisi penerima tidak lagi

berupa sinyal yang mengalami interferensi. Ada beberapa jenis ekualizer diantaranya :

1. *Maximum Likelihood (ML) Sequence Detection*, ekualizer jenis ini bekerja secara optimal namun tidak ada dalam praktik.
2. *Linear Equalization*, ekualizer jenis ini bekerja tidak begitu optimal namun sederhana.
3. *Non-Linear Equalization*, ekualizer jenis ini digunakan untuk beberapa jenis ISI.

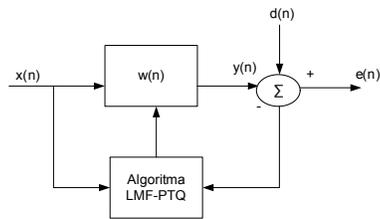
Struktur ekualizer jenis *Linear Equalization* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4[2].



Gambar 4 Struktur Ekualizer

2.7 Algoritma Least Mean Fourth Based Power Of Two Quantizer (LMF-PTQ)

LMF-PTQ adalah salah satu algoritma untuk sistem adaptif yang baru dan belum banyak digunakan. Sistem adaptif ini adalah sistem yang dirancang untuk mengatasi gangguan dari berbagai sumber yang berubah-ubah dengan menyesuaikan terhadap perubahan yang terjadi. Algoritma LMF-PTQ ini diperkenalkan oleh Duttweiler. Model saluran linear dengan tap ekualizer ditunjukkan pada Gambar 5[5].



Gambar 5 Adaptive System Equalizer

Input ekualizer dapat dinyatakan dengan persamaan 4[6] :

$$x(n) = \sum_{i=0}^{N-1} h(i)a(n - i) + v(n) \tag{4}$$

Pada output ekualizer diperkirakan y (n):

$$y(n) = w^T(n)x(n) \tag{5}$$

Error output sistem dinyatakan dengan e(n):

$$d(n) = w^T(n)x(n) + z(n) \tag{6}$$

$$e(n) = d(n) - w^T(n)x(n) \tag{7}$$

Update koefisien ekualizer dinyatakan dengan w(n):

$$w(n + 1) = w(n) + 2\mu q[e^3(n)]sgn[x(n)] \tag{8}$$

di mana $q[e^3(n)]$ adalah *power of two quantizer* dimodifikasi untuk LMF algoritma dapat dinyatakan dengan persamaan 9:

$$q[e^3(n)] = \begin{cases} sgn[e(n)] & |e(n)| \geq 1 \\ 2^{\lfloor 3 \ln |e(n)| \rfloor} sgn[e(n)] & 2^{-\frac{B+1}{3}} \geq |e(n)| < 1 \\ 0 & |e(n)| < 2^{-\frac{B+1}{3}} \end{cases} \tag{9}$$

2.8 Symbol Error Rate (SER)

Nilai *Symbol Error Rate* (SER) diperoleh dengan membandingkan jumlah kesalahan simbol yang diterima dengan jumlah simbol yang dikirimkan, mengikuti ketentuan dengan persamaan 10[7]:

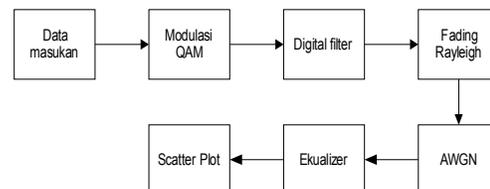
$$SER = \frac{st}{sd} \tag{10}$$

st = jumlah kesalahan simbol yang diterima

sd = jumlah simbol yang dikirim

3. Permodelan Ekualizer Dan Sistem Komunikasi

Penganalisan suatu sistem yang efektif adalah dengan cara memodelkan dan menjalankan sistem tersebut. Permodelan merupakan penggambaran dari sistem yang sebenarnya. Pada Tugas Akhir ini penganalisan kinerja ekualizer dapat dimodelkan seperti Gambar 6.



Gambar 6 Permodelan Ekualizer dan Sistem Komunikasi

3.1 Asumsi Dan Parameter Pada Simulasi

Adapun asumsi-asumsi yang digunakan pada permodelan LMF-PTQ ekualizer adalah:

1. Modulasi yang digunakan QAM
2. Pengkodean menggunakan LMF-PTQ *code*
3. *Noise* yang digunakan adalah AWGN, yaitu *noise* yang terdapat pada semua spektrum frekuensi dan merupakan *noise thermal* yang sifatnya menjumlah.

Adapun parameter yang digunakan pada permodelan LMF-PTQ ekualizer adalah:

- a. Jumlah data
- b. Jumlah simbol
- c. Rentang SNR yang dipakai
- d. Panjang filter
- e. *Step size*

3.2 Pembangkitan Bilangan Acak

Pembangkitan bilangan acak digunakan untuk menghasilkan deretan angka-angka sebagai hasil perhitungan yang diketahui distribusinya sehingga angka-angka tersebut muncul secara acak. Fungsi kepadatan probabilitas dinyatakan dengan persamaan 11[2]:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{untuk } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{untuk lainnya} \end{cases} \quad (11)$$

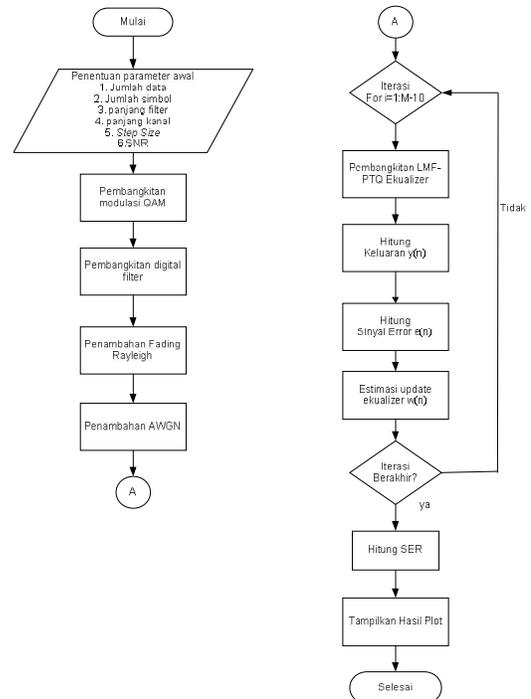
Dimana : a dan b = konstanta

Proses pembangkitan distribusi *Uniform* dilakukan dengan persamaan 12:

$$X = a + (b - a)U_n \quad (12)$$

3.3 Algoritma LMF-PTQ

Dalam perancangan program diperlukan algoritma perancangan yang digunakan sebagai langkah-langkah yang harus dilakukan dalam membuat suatu program. Pembuatan algoritma ini bertujuan agar langkah-langkah yang akan dilakukan tersusun dengan benar. Pada paper ini *flowchart* atau diagram alir yang digunakan tampak pada Gambar 7.



Gambar 7 *Flowchart* Algoritma LMF-PTQ Ekuwalizer

4. Hasil Simulasi Dan Analisis

Dari simulasi yang telah dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Matlab, berikut adalah hasil analisis untuk melihat kinerja SER pada sistem komunikasi menggunakan algoritma LMF-PTQ:

4.1 Analisis Unjuk Kerja Ekuwalizer Pada Sistem Komunikasi

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui besarnya probabilitas *error* (SER) yang terjadi pada sistem komunikasi dengan menggunakan algoritma LMF-PTQ. Adapun masukan-masukan pada analisis ini adalah sebagai berikut:

Jumlah data : 3000
 Jumlah bit : 2000
 Panjang kanal : 5
 Rentang SNR : 15 sampai 27
 Panjang filter : 20 sampai 41
 Step size : 0.001 sampai 0.032

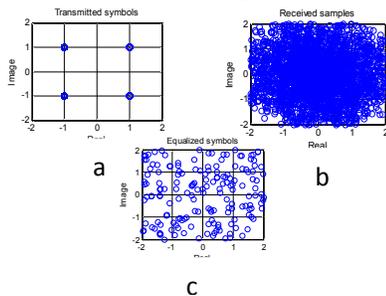
4.2 Pengaruh SNR Terhadap Nilai SER Dengan Algoritma LMF-PTQ

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin besar SNR maka nilai SER semakin kecil, hal ini berarti semakin besar daya sinyal yang dikirimkan menghasilkan SER yang bagus. Semakin besar nilai SNR yang diberikan maka mempengaruhi penurunan ISI secara baik.

Tabel 1 Pengaruh Nilai SNR Terhadap SER menggunakan Ekuwalizer LMF-PTQ

SNR	SER
15	0.8067
16	0.7567
17	0.8211
18	0.7648
19	0.7023
20	0.8218
21	0.8131
22	0.6607
23	0.7661
24	0.8128
25	0.8151
26	0.7577
27	0.7094

Untuk SNR mulai dari 15 dB sampai 27 dB besarnya SER 0.8067 sampai dengan 0.7094. Gambar 8 (a), (b), (c) menunjukkan hasil simulasi ekuwalizer LMF-PTQ.



Gambar 8 Scatter Plot Hasil Simulasi Ekuwalizer Pada Saat SNR = 25 dB

Gambar 8 (a) adalah simbol awal yang akan diproses. Gambar 4.1 (b) adalah simbol setelah diganggu oleh noise atau AWGN. Gambar 4.1 (c) adalah gambar setelah diproses didalam ekuwalizer.

4.3 Pengaruh Panjang Filter Terhadap Nilai SER Dengan Algoritma LMF-PTQ

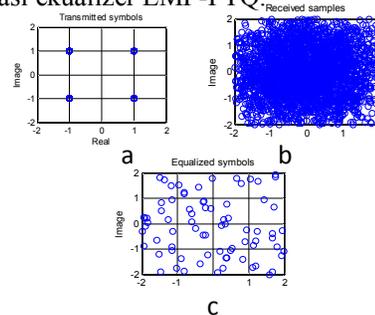
Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin besar panjang filter maka semakin besar SERnya artinya hasil ekuwalizernya tidak baik .Sehingga

semakin kecil panjang filter maka nilai SER akan semakin baik.

Tabel 2 Pengaruh Panjang Filter Terhadap SER menggunakan Ekuwalizer LMF-PTQ.

N	SER
20	0.6856
21	0.8214
23	0.7964
25	0.7597
27	0.7477
29	0.8011
31	0.7551
33	0.6866
35	0.7852
37	0.6878
39	0.7909
41	0.7171

Untuk panjang filter mulai dari 20 sampai 41 besarnya SER 0.6856 sampai dengan 0.7171. Gambar 9 (a), (b), (c) menunjukkan hasil simulasi ekuwalizer LMF-PTQ.



Gambar 9 Scatter Plot Hasil Simulasi Ekuwalizer Pada Saat Panjang Filter = 37

4.4 Pengaruh Step Size Terhadap Nilai SER Dengan Algoritma LMF-PTQ

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa semakin besar step size maka nilai SER semakin kecil. Semakin besar nilai step size yang diberikan maka mempengaruhi penurunan ISI secara baik. Dari Tabel 3 juga dapat dilihat bahwasanya ekuwalizer juga bekerja dengan baik karena menghasilkan nilai SER yang semakin kecil apabila nilai step size semakin besar.

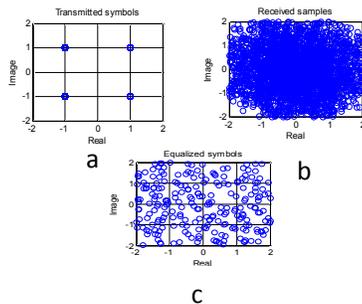
Tabel 3 Pengaruh Panjang Filter Terhadap SER menggunakan Ekuwalizer LMF-PTQ.

mu	SER
0.001	0.8242
0.002	0.8248
0.004	0.8248
0.006	0.6852
0.008	0.6859
0.010	0.6852
0.012	0.6866
0.014	0.6872
0.016	0.6866

Tabel 3 Lanjutan

μ	SER
0.018	0.6856
0.020	0.6852
0.022	0.6852
0.024	0.6849
0.026	0.6852
0.028	0.6846
0.030	0.6849
0.032	0.6849

Untuk *step size* mulai dari 0.001 sampai 0.032 besarnya SER 0.8242 sampai dengan 0.6849. Gambar 10 (a), (b), (c) menunjukkan hasil simulasi ekualizer LMF-PTQ.



Gambar 10 Scatter Plot Hasil Simulasi

Ekualizer Pada Saat *step size* = 0.018. Gambar 10 (a) adalah simbol awal yang akan diproses. Gambar 10 (b) adalah simbol setelah diganggu oleh *noise* atau AWGN. Gambar 10(c) adalah gambar setelah diproses didalam ekualizer.

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan diantaranya adalah:

1. Dari hasil simulasi diperoleh baik tidaknya nilai SER dipengaruhi oleh beberapa hal seperti jumlah *step size*, panjang filter dan SNR.
2. Semakin besar nilai SNR yang digunakan maka semakin kecil nilai SER. Untuk SNR mulai dari 15 dB sampai 27 dB besarnya SER 0.8067 sampai dengan 0.7094.
3. Semakin besar panjang filter yang digunakan maka nilai SER akan semakin besar pula. Untuk panjang filter mulai dari 20 sampai 41 besarnya SER 0.6856 sampai dengan 0.7171.
4. Semakin besar nilai *step size* yang digunakan maka nilai SER akan semakin kecil. Untuk *step size* mulai dari 0.001

sampai 0.032 besarnya SER 0.8242 sampai dengan 0.6849.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Muhammad Yusuf MT dan Farida Aryani, S.Pd selaku orang tua penulis. Yovie Dwi Villasica selaku adik penulis. Rahmad Fauzi, ST.MT selaku dosen pembimbing, Ir. Muhammad Zulfan, MT, Ali Hanafiah Rambe, ST.MT dan Maksum Pinem ST, MT yang sudah membimbing penulis dalam menyelesaikan paper ini. Serta semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu.

7. Daftar Pustaka

- [1] Aulia Dewi Winda, Yoedy Moegiharto, "Perancangan MMSE Equalizer Dengan Modulasi QAM Berbasis Perangkat Lunak", www.eepisits.edu/.../downloadmk.php?id (diakses pada tanggal 2 September 2012).
- [2] Salman. M, 2009, "Analisa Performasi Sistem Diversitas Alamouti menggunakan Teknik Estimasi Kanal, Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara.
- [3]<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Media%20transmisi%20dan%20Modulasi.pdf> (diakses pada tanggal 2 september 2012).
- [4]http://www.vyssotski.ch/BasicsOfInstrumentation/SpikeSorting/Design_of_FIR_Filters.pdf (diakses pada tanggal 2 September 2012)
- [5] Pedro In'acio H'ubscher, Jos'e Carlos M. Bermudez, 2006, "A MeanSquare Stability Analysis of the Least Mean Fourth (LMF) Adaptive Algorithm (diakses pada tanggal 2 September 2012).
- [6] Otaru Musa U, Azzedine Zerguine, Lahouari Cheded, and Asrar U. H. Sheikh, 1984 "Adaptive Equalizer Based on a Power of Two Quantizer LMF Algorithm". <http://www.eurasip.org/Proceedings/Eusipco/Eusipco2006/papers/1568982024.pdf> (diakses pada tanggal 2 September 2012)
- [7] Hartanto, Sri, 2010, "Pengurangan Bit Error Pada Modulasi M-QAM Dalam Kanal Rayleigh Fading, Skripsi padaJurusanTeknik Elektro, Universitas Indonesia.