

# Transformasi Sinyal Pada Sistem Kendali Menggunakan GUI dan Simulink Matlab

**Adhi Kusmantoro**

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang*

*Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto Semarang*

Email : adhiteknic@gmail.com

**Abstract** – *In the conventional control systems and digital control signals used analog / continuous and discrete signals. To analyze the conventional control systems used in the form of transformation Laplace equation, whereas in the analysis of digital controllers use z-transform. In contrast to the fuzzy logic controller or other intelligent controllers that do not require a mathematical model, so it is not necessary analysis using Laplace transform or z-transform. Laplace transformation is widely used to express the transfer function of a conventional control system, while the reverse Laplace transformation (inverse Laplace) is used to regain function in the region over time. Z-transform are widely used in digital signal processing, which is part of the digital control system. Matlab GUI can be used to assist in the calculation of signal transformation, namely transformation of Laplace, Laplace transformation behind, z-transform and z-transform back. To determine the characteristics of a system used modeling. By using simulation facility Matlab program (Simulink) can help to design a simulation model, both models are linear and non-linear. With the simulation takes a short time and the cost is not too large compared to experiments using the tool. Matlab Simulink is a part of which is used to observe and analyze the characteristics of the artificial system. In this study Simulink is very helpful in understanding the signal conversion of analog signals into discrete signals, by setting the sampling time change or sampling. 0.2 seconds and 0.5 seconds.*

**Keyword :** *Matlab GUI, continuous signals, discrete signals*

**Abstrak** – Pada sistem pengendali konvensional dan pengendali digital digunakan sinyal analog/kontinu dan sinyal diskret. Untuk menganalisa sistem pengendali konvensional digunakan persamaan dalam bentuk transformasi laplace, sedangkan dalam analisa pengendali digital digunakan transformasi z. Berbeda dengan pengendali fuzzy logic atau pengendali cerdas lainnya yang tidak membutuhkan model matematis, sehingga tidak diperlukan analisa menggunakan transformasi laplace atau transformasi z. Transformasi laplace banyak digunakan untuk menyatakan fungsi alih sistem kendali konvensional, sedangkan transformasi laplace balik (*inverse laplace*) digunakan untuk mendapatkan kembali fungsi alih dalam kawasan waktu. Transformasi z yang banyak digunakan pada pengolahan sinyal digital yang merupakan bagian dari sistem kendali digital. GUI Matlab dapat digunakan untuk membantu proses perhitungan transformasi sinyal, yaitu transformasi laplace, transformasi laplace balik, transformasi z, dan transformasi z balik. Untuk menentukan karakteristik suatu sistem digunakan pemodelan. Dengan menggunakan fasilitas simulasi program Matlab (simulink) dapat membantu untuk merancang simulasi suatu model, baik model yang bersifat linear maupun

yang tidak linear. Dengan simulasi dibutuhkan waktu yang singkat dan biaya yang tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan eksperimen menggunakan alat. Simulink merupakan bagian dari Matlab yang digunakan untuk mengamati dan menganalisa karakteristik dari tiruan sistem. Dalam penelitian ini simulink sangat membantu dalam memahami konversi sinyal dari sinyal analog menjadi sinyal diskret, dengan mengatur perubahan waktu pencuplikan atau sampling. 0.2 detik dan 0.5 detik.

**Kata Kunci :** GUI Matlab, Sinyal Kontinyu, Sinyal Diskret

## **PENDAHULUAN**

Sistem pengendali yang banyak digunakan di industri sudah mengalami banyak perkembangan, yang diawali dengan sistem pengendali konvensional sampai dengan sistem pengendali cerdas. Sistem pengendali cerdas merupakan sistem pengendali yang menggunakan fuzzy logic (*fuzzy logic controller*), jaringan syaraf tiruan, algoritma genetik, dan dapat merupakan gabungan ketiganya. Dalam sistem pengendali konvensional dan pengendali digital digunakan sinyal analog/kontinyu dan sinyal diskret. Sinyal kontinyu adalah sinyal yang nilainya dapat ditemukan setiap saat dalam kawasan waktu, sedangkan sinyal diskret merupakan sinyal kontinyu yang mengalami pencuplikan atau sampling. Untuk menganalisa sistem pengendali konvensional digunakan persamaan dalam bentuk transformasi laplace, sedangkan dalam analisa pengendali digital digunakan transformasi z. Berbeda dengan pengendali fuzzy logic atau pengendali cerdas lainnya

yang tidak membutuhkan model matematis, sehingga tidak diperlukan analisa menggunakan transformasi laplace atau transformasi z. Oleh karena itu permasalahan sinyal kontinyu dan sinyal diskret tidak terdapat pada pengendali cerdas. Dalam sistem pengendali digital terdapat proses konversi sinyal, yaitu konversi sinyal analog menjadi sinyal digital (ADC) dan sinyal digital menjadi sinyal analog (DAC).

## **I. Tinjauan Pustaka**

### **A. Transformasi Laplace**

Transformasi laplace banyak dipakaidalam perhitungan dan analisa sinyal kontinyu dan hanya dapat digunakan pada sistem linier tak ubah waktu. Karena sistem yang akan dianalisa merupakan sistem yang linear maka digunakan persamaan diferensial yang linear. Transformasi laplace banyak digunakan untuk menyatakan fungsi alih sistem kendali konvensional.

Tabel 2.1 Transformasi laplace

No	$f(t)$	$F(s)$
1	$\delta(t)$	1
2	1	$\frac{1}{s}$
3	$t$	$\frac{1}{s^2}$
4	$t^n$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
5	$e^{-at}$	$\frac{1}{s+a}$
6	$te^{-at}$	$\frac{1}{(s+a)^2}$
7	$t^n e^{-at}$	$\frac{n!}{(s+a)^{n+1}}$
8	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)}$	$\frac{1}{s^n}$
9	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1} e^{-at}$	$\frac{1}{(s+a)^n}$
10	Sin wt	$\frac{w}{s^2 + w^2}$
11	Cos wt	$\frac{s}{s^2 + w^2}$

Transformasi laplace dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\ell(F(t))=F(s)=\int_0^{\infty} f(t)e^{-st}$$

Variabel s adalah adalah bilangan kompleks yaitu  $s=\sigma+j\omega$ . Berdasarkan persamaan 2.1 transformasi laplace berfungsi untuk mengubah sinyal atau suatu fungsi dalam kawasan waktu menjadi fungsi dalam kawasan frekuensi (variabel kompleks s). Untuk memudahkan dalam penyelesaian menggunakan transformasi laplace digunakan tabel transformasi laplace.

Sebagai contoh tabel transformasi laplace diperlihatkan pada tabel 2.1.

Transformasi laplace balik (*inverse laplace*) digunakan untuk mendapatkan kembali fungsi dalam kawasan waktu dan untuk memudahkan dalam perhitungan digunakan tabel transformasi laplace. Transformasi laplace balik dinyatakan dengan persamaan

$$f(t) = \ell^{-1}[F(s)]$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\infty}^{c+j\infty} F(s)e^{st} ds (t > 0)$$

Beberapa sinyal yang digunakan dalam transformasi laplace adalah sinyal impuls, sinyal tangga satuan (*unit step function*), sinyal ramp, sinyal eksponensial, sinyal cosinus, dan sinyal sinusoida (David E., John L., Johnny R., 1995).

**B. Transformasi Z**

Transformasi z yang banyak digunakan pada pengolahan sinyal digital yang merupakan bagian dari sistem kendali digital. Fungsi alih yang digunakan untuk melihat grafik respon sistem juga menggunakan transformasi z. Transformasi z mempunyai metode yang sama dengan penggunaan transformasi laplace dalam pengolahan sinyal kontinyu. Transformasi z pada

sinyal diskret  $x(n)$  dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)Z^{-n}$$

$$X(z) = Z[x(n)]$$

Transformasi Z merupakan deret yang tidak terbatas, sehingga terdapat harga atau nilai z sehingga deretnya konvergen pada ROC (region of Convergence).Persamaan  $X(z)$  memperlihatkan himpunan seluruh harga z dengan harga yang terbatas, sehingga dalam penggunaan transformasi z juga ditentukan konvergen pada ROC.Transformasi z juga digunakan pada sistem yang linear (LTI). Dalam bentuk fungsi alih transformasi z dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$X(z) = \frac{N(z)}{D(z)} = \frac{b_0 + b_1z^{-1} + \dots + b_Mz^{-M}}{a_0 + a_1z^{-1} + \dots + a_Nz^{-N}} = \frac{\sum_{k=0}^M b_k z^{-k}}{\sum_{k=0}^N a_k z^{-k}}$$

Jika  $a_0$  dan  $b_0$  tidak sama dengan nol maka persamaan fungsi alih dinyatakan sebagai berikut :

$$X(z) = \frac{N(z)}{D(z)} = \frac{b_0 z^{-M}}{a_0 z^{-N}} \frac{z^M + \left(\frac{b_1}{b_0}\right)z^{-M-1} + \dots + \left(\frac{b_M}{b_0}\right)}{z^N + \left(\frac{a_1}{a_0}\right)z^{N-1} + \dots + \left(\frac{a_N}{a_0}\right)}$$

$$X(z) = \frac{N(z)}{D(z)} = \frac{b_0}{a_0} z^{N-M} \frac{(z - z_1)(z - z_2) \dots (z - z_M)}{(z - p_1)(z - p_2) \dots (z - p_M)}$$

$$X(z) = G z^{N-M} \frac{\prod_{k=1}^M (z - z_k)}{\prod_{k=1}^N (z - p_k)}$$

Sedangkan transformasi z balik menggunakan teori residu diturunkan dari persamaan transformasi z deret kausal sebagai berikut :

$$X(z) = \sum_{n=0}^{\infty} x(n)z^{-n}$$

Dengan menggunakan integral kontur pada kedua sisi persamaan di atas menghasilkan persamaan transformasi z balik sebagai berikut (Roman Kuc, 1988) :

$$x(n) = \frac{1}{2\pi \cdot j} \oint_C X(z) \cdot z^{n-1} dz$$

$$\text{Res} \left[ z^{n-1} X(z) \right]_{z=p_i} = \left[ (z-p_i) z^{n-1} X(z) \right]_{z=p_i}$$

$$x(n) = \sum_{i=1}^N \text{Res} \left[ z^{n-1} X(z) \right]_{z=p_i}$$

**METODE PENELITIAN**

Perancangan GUI dan simulink Matlab untuk transformasi sinyal pada sistem kendali analog dan diskret melalui dua tahap.

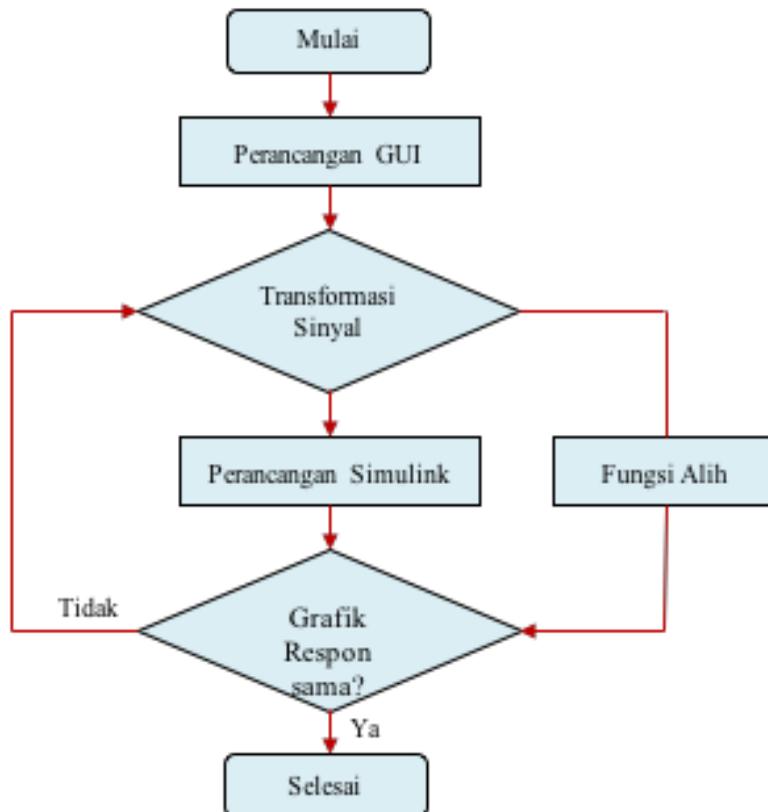
**A. Perancangan GUI**

Dalam pembuatan GUI memuat beberapa proses transformasi sinyal, yaitu transformasi laplace, transformasi laplace balik, transformasi z, transformasi z balik, sinyal kontinyu ke

diskret, sinyal diskret ke kontinyu, dan respon fungsi alih kalang terbuka dan kalang tertutup.

**B. Perancangan Simulink**

Pada pembuatan simulink dengan tujuan untuk melakukan simulasi sinyal analog, sinyal diskret, dan hybrid sinyal kontinyu dan diskret. Selain itu dalam pembuatan simulink juga menggunakan blok *subsystem*.



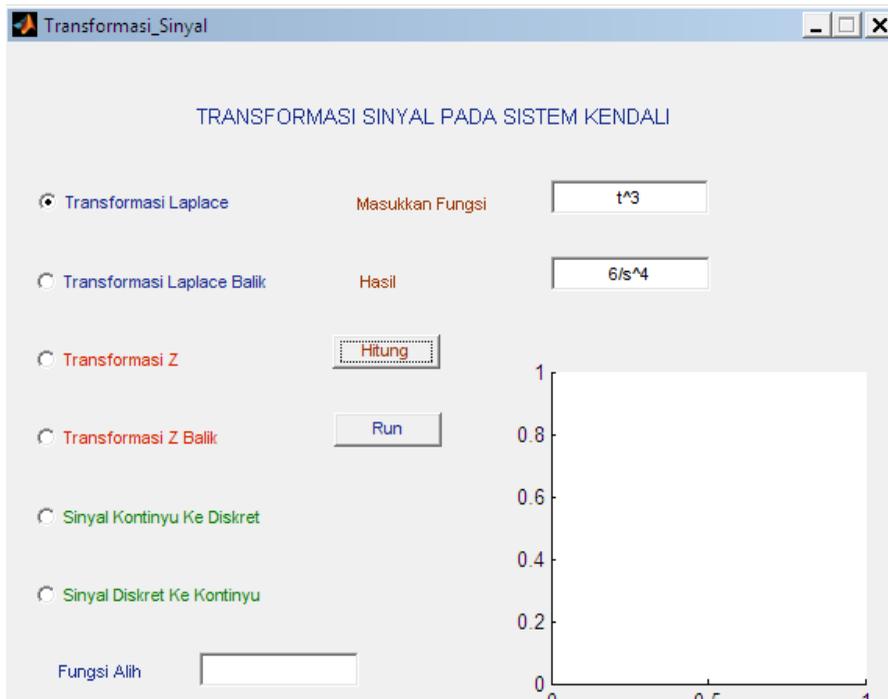
Gambar 3.1 Flowchart penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

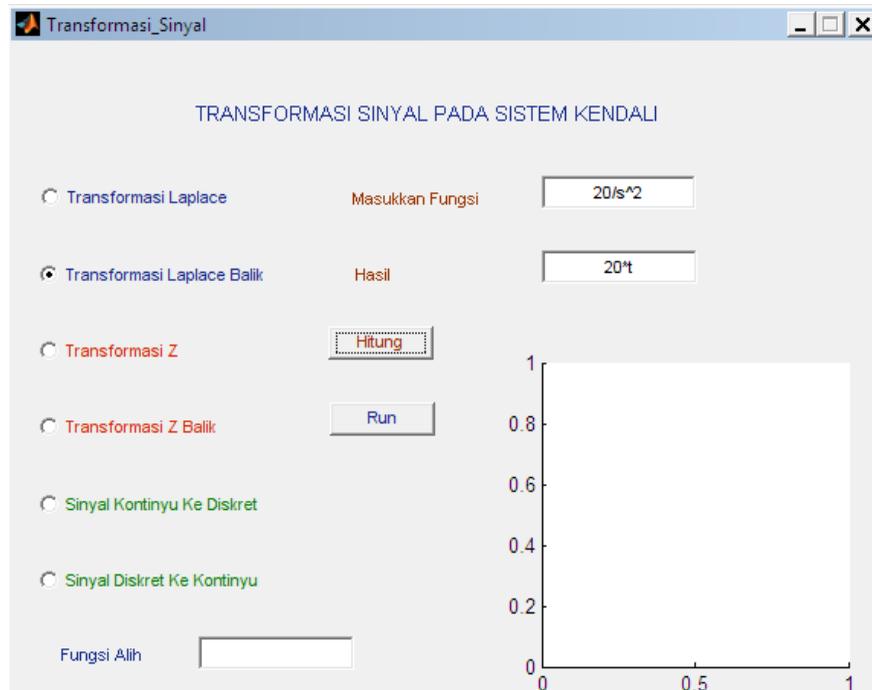
### A. Pengujian GUI

Dalam pengujian GUI Matlab dimulai dengan transformasi laplace. Pengujian

transformasi laplace dengan menggunakan fungsi dalam kawasan waktu  $y(t) = t^3$ . Hasil transformasi laplacenya adalah  $Y(s) = 6 / s^4$ .



Gambar 4.1 GUI transformasi laplace

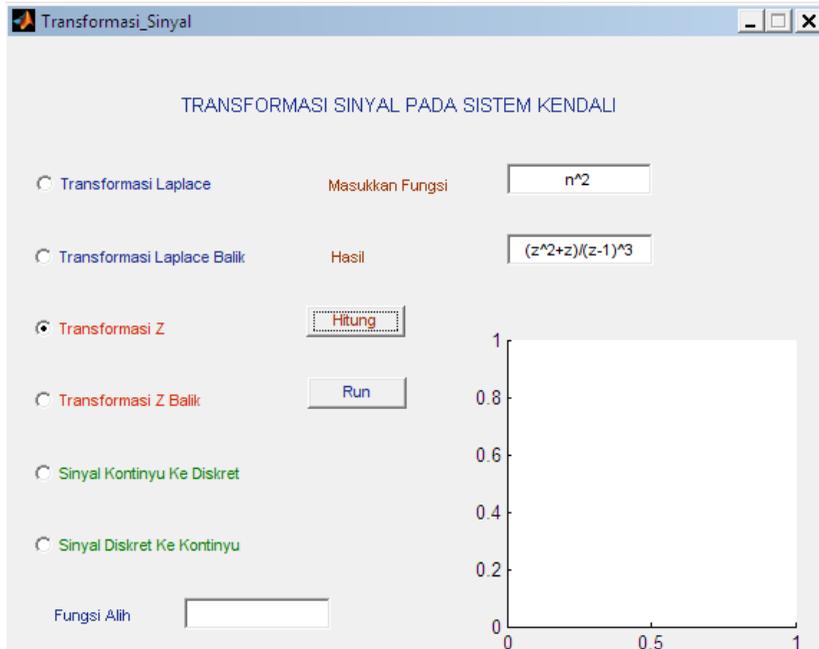


Gambar 4.2 GUI transformasi laplace balik

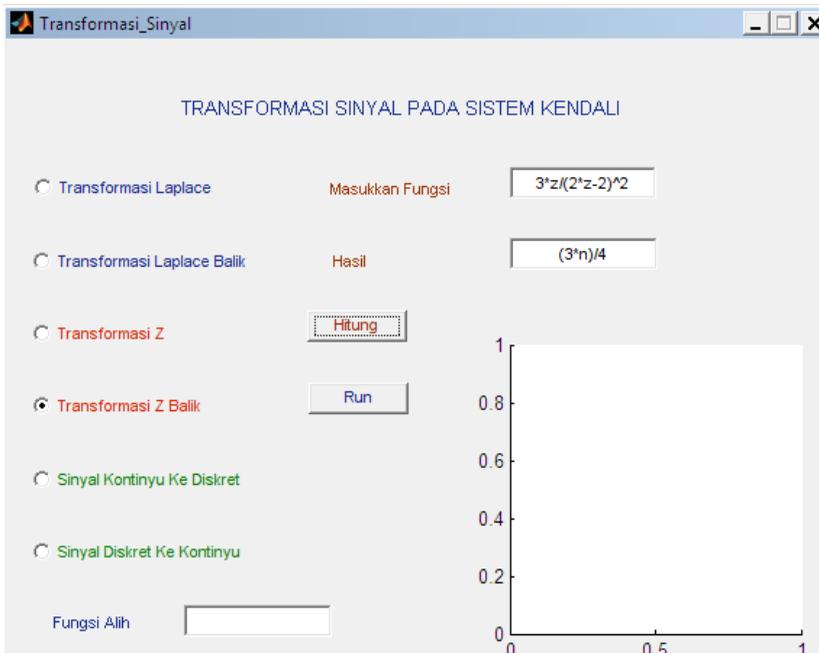
Demikian juga untuk transformasi laplace balik diuji menggunakan fungsi  $Y(s) = 20 / s^2$  dan hasilnya  $y(t) = 20t$ . Fungsi runtun waktu  $n^2$  jika dilakukan transformasi z akan menghasilkan fungsi diskret  $(z^2 + z) / (z-1)^3$ . Demikian juga sebaliknya fungsi

diskret  $3z / (2z - 2)^2$  dengan transformasi z balik dihasilkan  $3n/4$ . Pada gambar 4.5 memperlihatkan perubahan sinyal kontinyu ke diskret dengan  $T_s = 0.3$  menghasilkan fungsi diskret sebagai berikut :

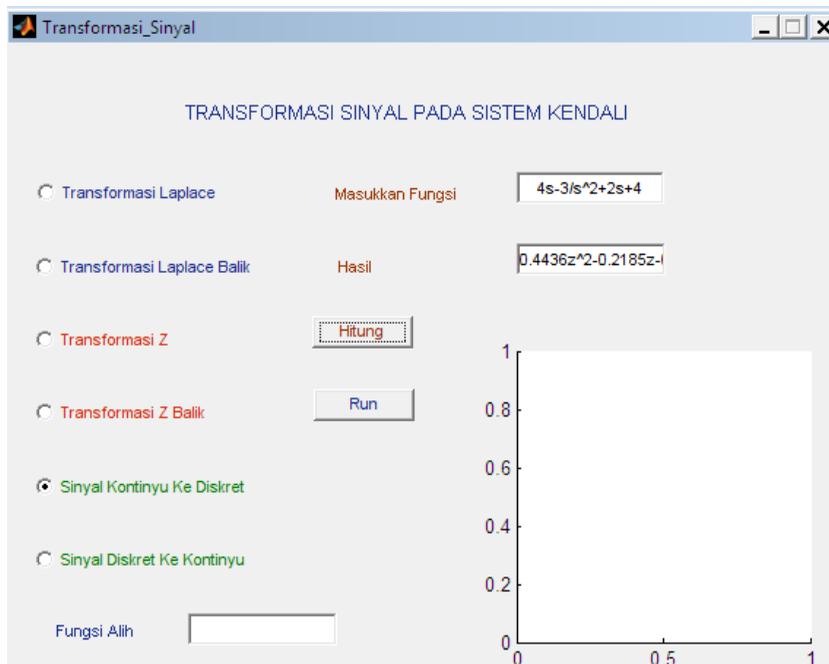
$$0.4436 z^2 - 0.2185 z - 0.4222 / z^2 - 1.286 z + 0.5488.$$



Gambar 4.3 GUI transformasi z



Gambar 4.4 GUI tranformasi z balik

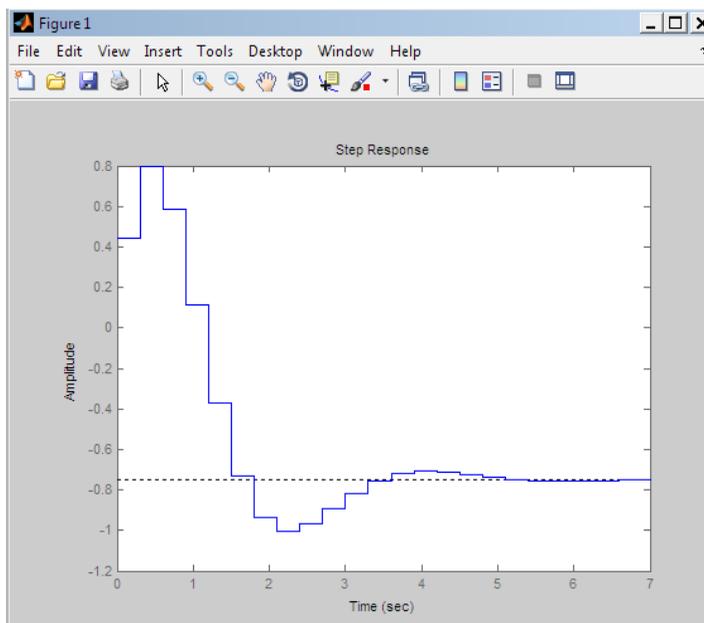


Gambar 4.5 GUI sinyal kontinyu ke diskret

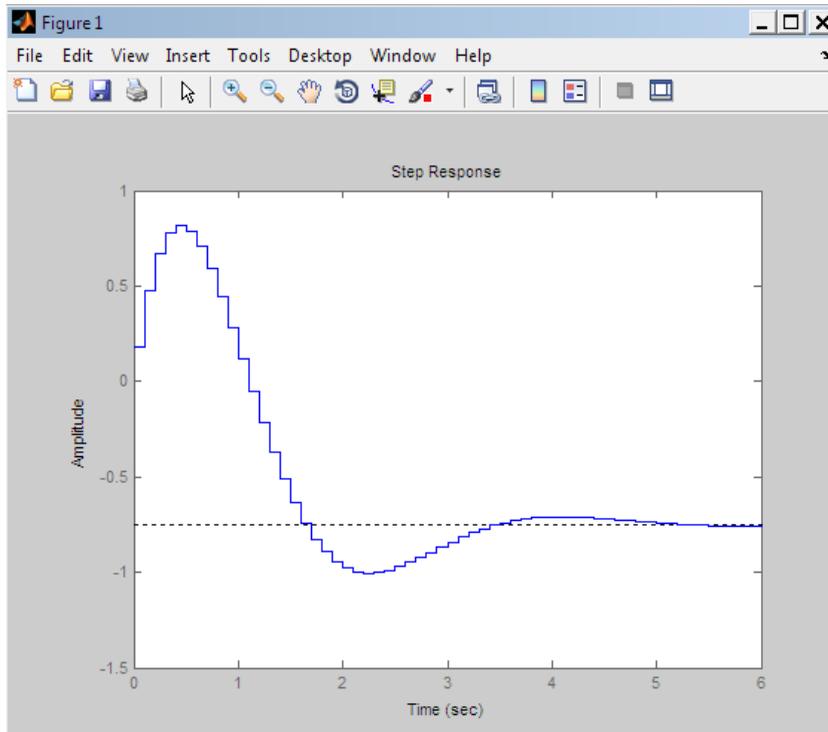
Perubahan sinyal kontinyu menjadi sinyal diskret pada pengujian GUI gambar 4.5 menghasilkan sinyal diskret yang diperlihatkan pada gambar 4.6. Dengan menggunakan sampling  $T_s = 0.1$  menghasilkan sinyal diskret sebagai berikut :

$$0.1819 z^2 - 0.0301 z - 0.1789 / z^2 - 1.783 z + 0.8187$$

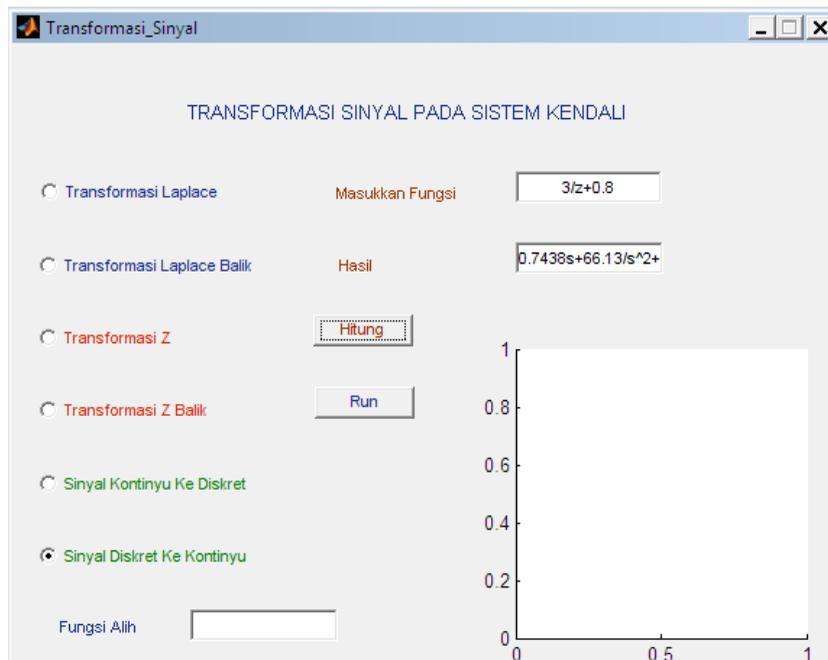
Sedangkan sinyal diskret dari fungsi diatas diperlihatkan pada gambar 4.7. Pada pengujian GUI perubahan sinyal diskret ke sinyal kontinyu dilakukan dengan sampling 0.5 detik dan sampling 0.1 detik.



Gambar 4.6 Sinyal diskret dengan  $T_s = 0.3$ .



Gambar 4.7 Sinyal diskret dengan  $T_s = 0.1$ .



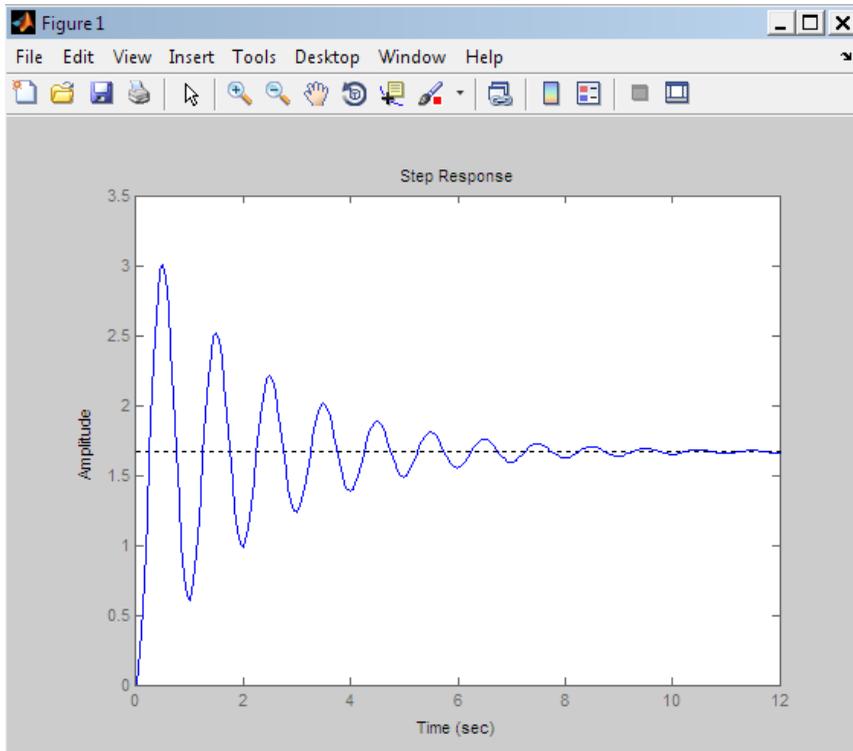
Gambar 4.8 GUI sinyal diskret ke kontinyu

Fungsi sinyal diskret  $3 / z+0.8$  dengan sampling 0.5 menghasilkan fungsi sinyal kontinyu

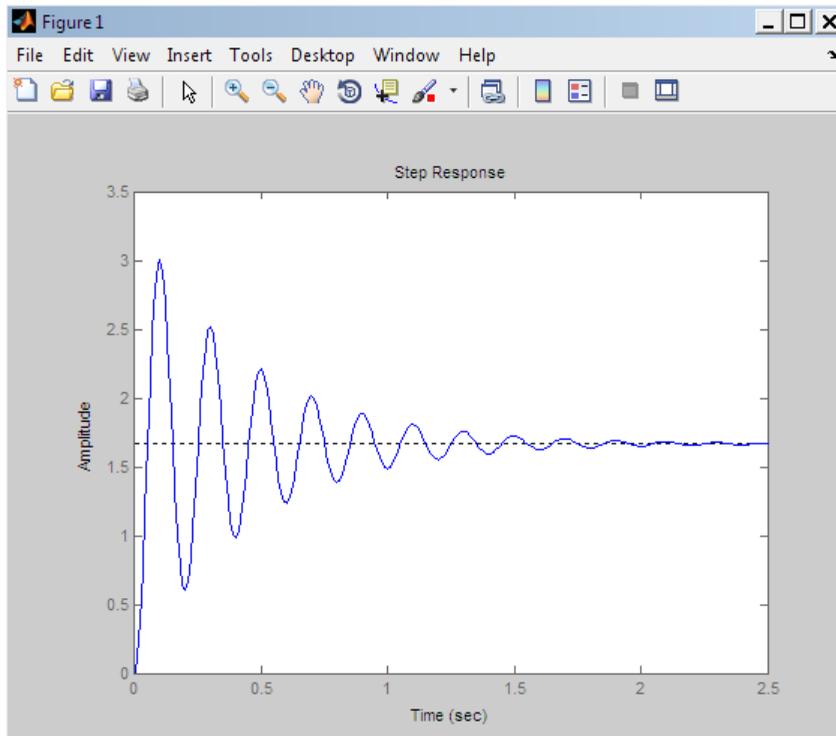
$$0.7438 s + 66.13 / s^2 + 0.8926 s + 39.68$$

Dengan sampling 0.1 detik fungsi sinyal kontinyu yang dihasilkan adalah

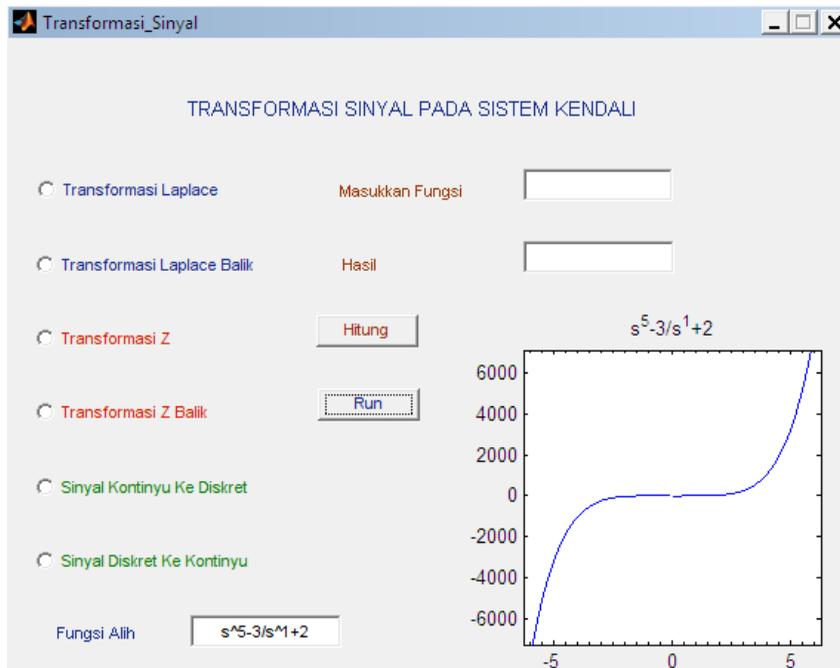
$$3.719 s + 1653 / s^2 + 4.463 s + 991.9$$



Gambar 4.9 Sinyal kontinyu dari sinyal diskret ( $T_s = 0.5$ ).



Gambar 4.10 Sinyal kontinyu dari sinyal diskret ( $T_s = 0.1$ ).



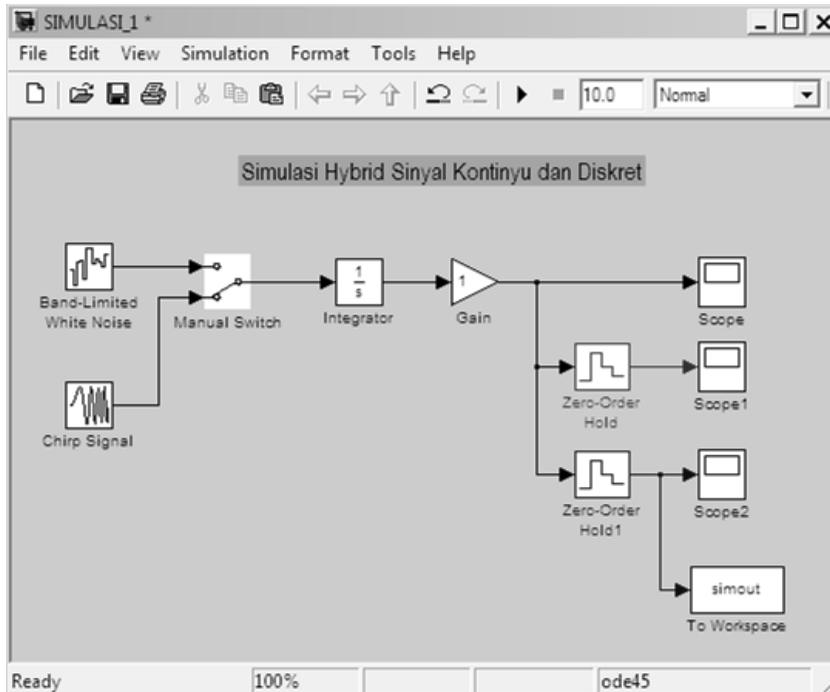
Gambar 4.11 Grafik respon sistem kalang terbuka

Pengujian GUI pada sistem kalang terbuka dengan menggunakan fungsi alih kontinyu sebagai berikut

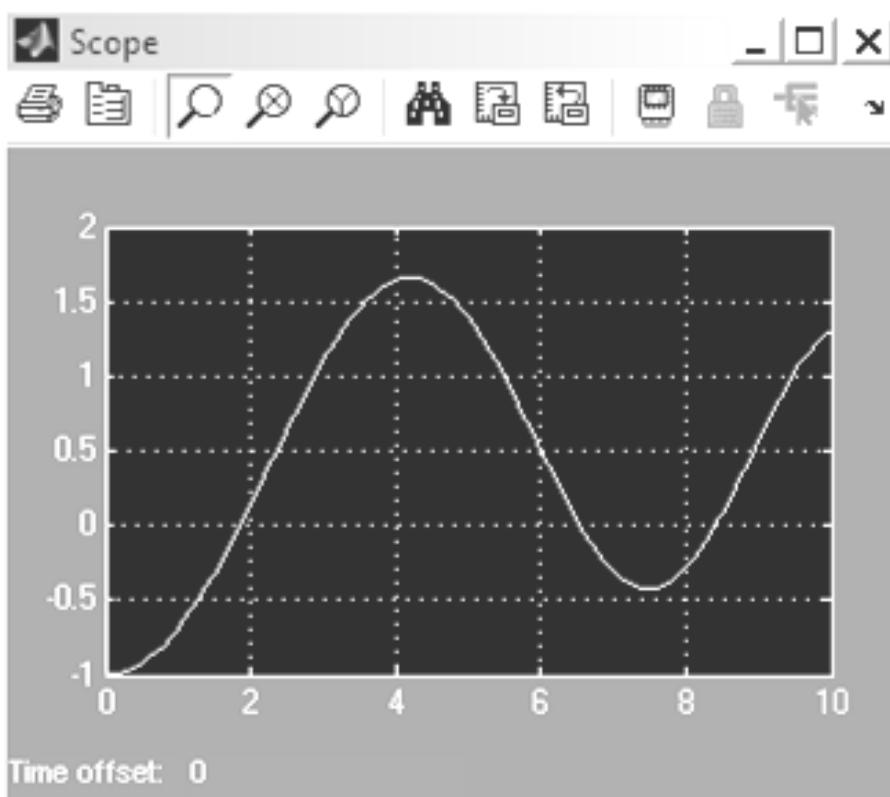
$$G(s) = s^2 - 3 / s + 2$$

Menghasilkan respon yang tidak stabil yang terlihat pada gambar 4.11.

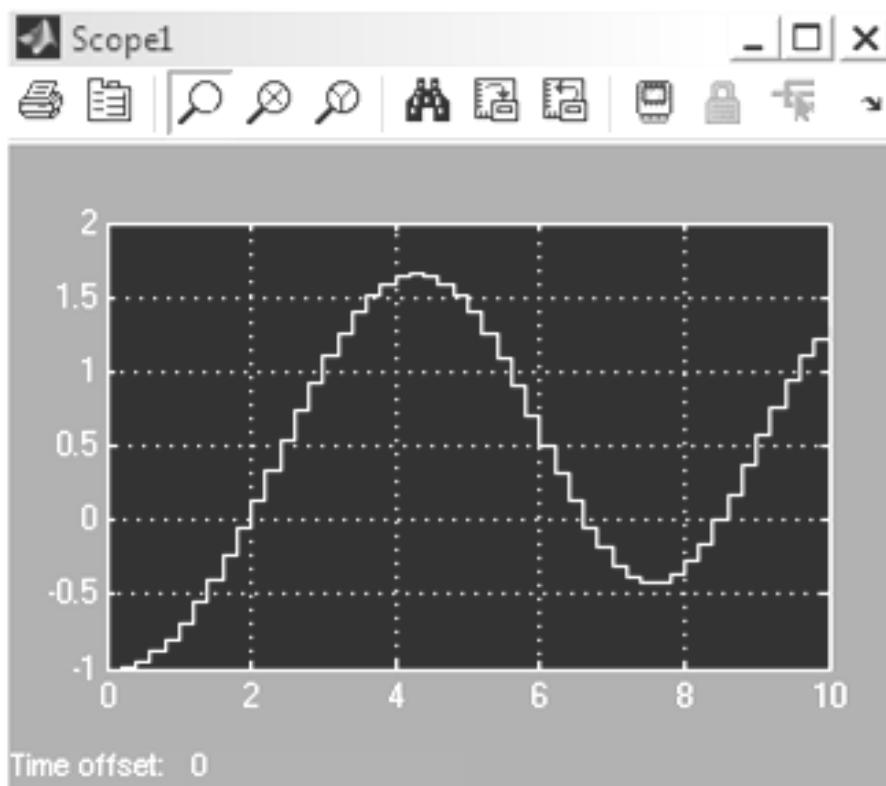
### Pengujian Simulink



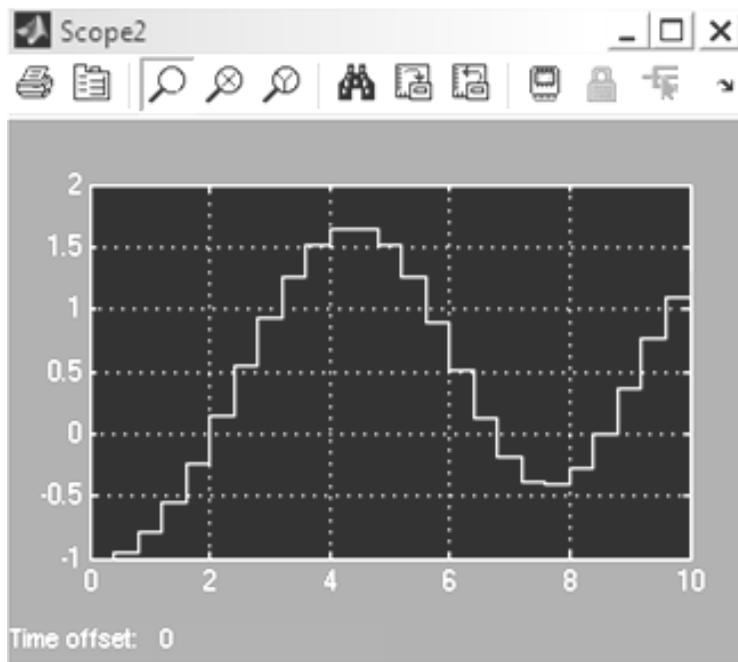
Gambar 4.12 Simulink dengan input chirp signal



Gambar 4.13 Bentuk gelombang chirp signal

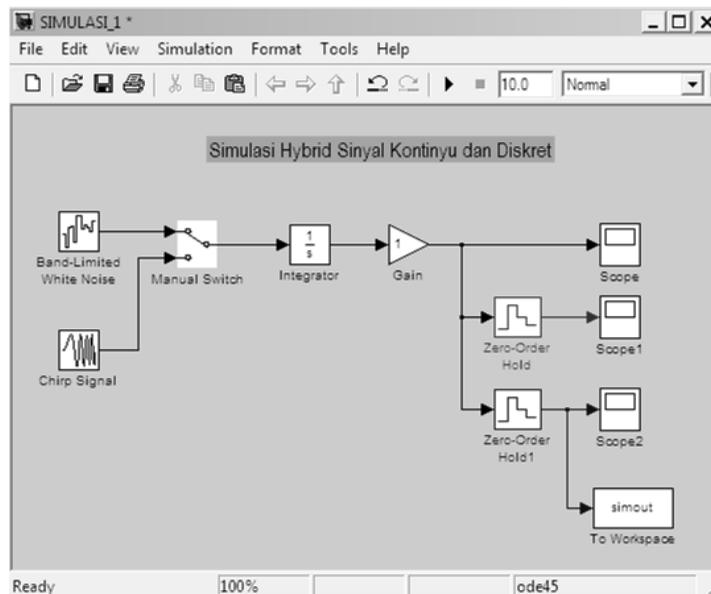


Gambar 4.14 Bentuk gelombang sinyal diskret ( $T_s = 0.2$ ).



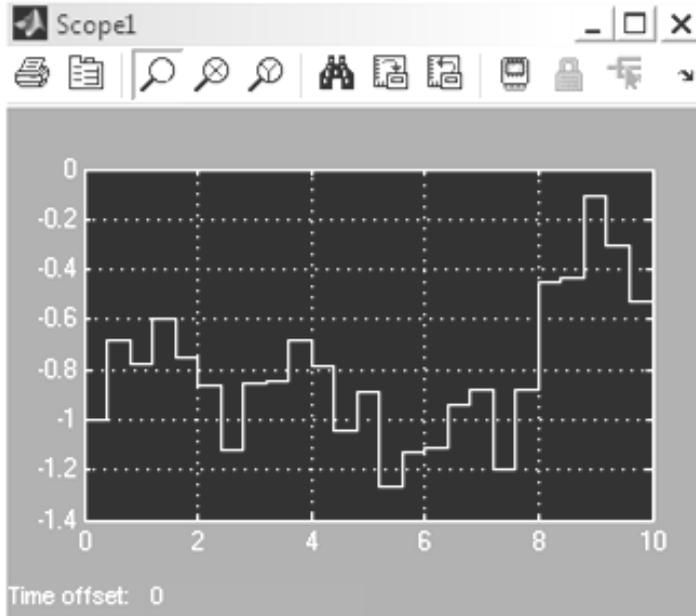
Gambar 4.15 Bentuk gelombang sinyal diskret ( $T_s = 0.5$ ).

Dalam perancangan simulink digunakan dua buah sumber sinyal yaitu sinyal white noise dan chirp signal. Pemakaiannya diatur menggunakan sakelar dua posisi yang bekeja secara manual. Sebelum dilakukan proses konversi sinyal menjadi sinyal diskret digunakan blok gain atau penguat, supaya sinyal mempunyai amplitudo yang tetap. Pada perancangan simulink digunakan dua buah ZOH (zero order hold) dengan waktu sampling yang berbeda. ZOH yang pertama menggunakan waktu sampling 0.2 detik dan ZOH yang kedua menggunakan waktu sampling 0.5 detik. Pengujian simulink menggunakan chirp signal diperlihatkan pada gambar 4.12, sedangkan pengujian menggunakan sinyal white noise ditunjukkan pada gambar 4.16. Bentuk gelombang keluaran dapat ditampilkan secara terpisah menggunakan blok simout.

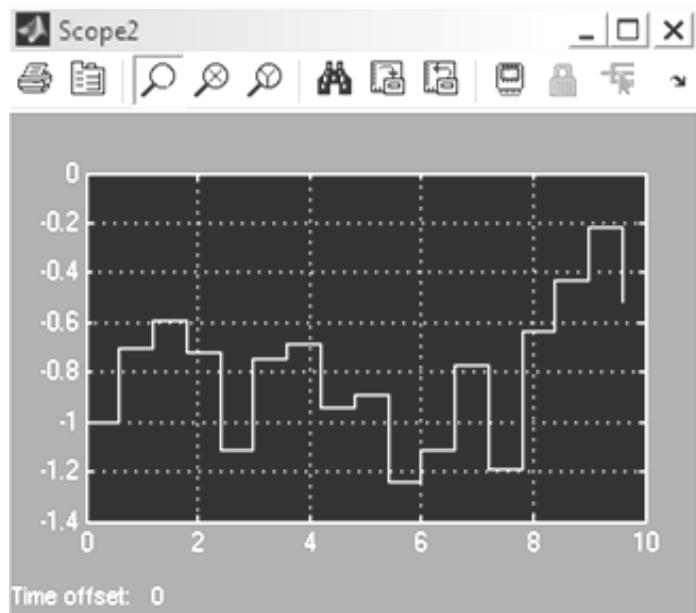


Gambar 4.16 Simulink dengan input white noise

Gambar 4.17 Bentuk gelombang white noise



Gambar 4.18 Bentuk gelombang sinyal diskret ( $T_s = 0.2$ ).



Gambar 4.19 Bentuk gelombang sinyal diskret ( $T_s = 0.5$ ).

## KESIMPULAN

1. Untuk menentukan karakteristik suatu sistem digunakan pemodelan. Dengan menggunakan fasilitas simulasi program Matlab (simulink) dapat membantu untuk merancang simulasi suatu model, baik model yang bersifat linear maupun

yang tidak linear. Dengan simulasi dibutuhkan waktu yang singkat dan biaya yang tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan eksperimen menggunakan alat.

2. Simulink merupakan bagian dari Matlab yang digunakan untuk mengamati dan

menganalisa karakteristik dari tiruan sistem. Dalam penelitian ini simulink sangat membantu dalam memahami konversi sinyal dari sinyal analog menjadi sinyal diskret, dengan mengatur perubahan waktu pencuplikan atau sampling. 0.2 detik dan 0.5 detik.

3. GUI dapat digunakan untuk membantu proses perhitungan transformasi sinyal, yaitu transformasi laplace, transformasi laplace balik, transformasi z, dan transformasi z balik.

[ 8] Roman Kuc, 1988, Introduction To Digital Signal Processing, Department of Electrical Engineering Yale University, McGraw-Hill, New York.

[ 9] Rabiner, Lawrence R., and Bernard Gold, 1975, Theory and Application of Digital Signal Processing, PrenticeHall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [ 1] Cavallo, A., Setola, R., dan Vasca, F, 1996, Using Matlab, Simulink and Control System Toolbox, Prentice Hall, Europe.
- [ 2] David E.Johnson, John L.Hilburn, Johnny R.Johnson, 1995, Basic Electric Circuit Analysis, Prentice Hall International, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- [ 3] Hanselman, D. dan Littlefield, 2000, Matlab Bahasa Komputasi Teknis, Komputasi, Visual, Pemrograman, Pearson Education Asia, New Jersey.
- [ 4] Jong, M.T., 1982, Methods of Discrete Signal and System Analysis, McGraw-Hill, New York.
- [ 5] Jury, E.L., 1964, Theory and Application of the z-Transform Method, Wiley, New York.
- [ 6] Math Works, Inc., 1993, Matlab User's Guide, High performance Numeric Computation and Visualization Software, The Math Works, Inc., United States.
- [ 7] Newcastle University, 2003, Matlab/ Simulink Tutorial, School of Electrical, Electronic and Computer Engineering, Release 13-Version 6.5, second edition, Newcastle.