

Jurnal ELTIKOM, Vol. 2, No. 2, Desember 2018, hal. 78-86
ISSN 2598-3245 (Print), ISSN 2598-3288 (Online)
Tersedia online di <http://eltikom.poliban.ac.id>
DOI : <http://doi.org/10.31961/eltikom.v2i2.84>

ANALISIS SIGNAL-TO-NOISE RATIO PADA SINYAL AUDIO DENGAN TEKNIK KONVOLUSI

Khairunnisa¹⁾, Nurkamilia²⁾, Zuraidah³⁾

^{1,2,3)}Politeknik Negeri Banjarmasin

e-mail: khairunnisa@poliban.ac.id¹⁾, mia.nurkamilia@gmail.com²⁾, zuraidah469@gmail.com³⁾

ABSTRACT

In college, noise and connection with signal quality are usually discussed in the signal processing subject. One of methods used is the convolution method. The algorithm used is quite complex and is not easily understood by students and this is a challenge for lecturers. The author developed an application that can display the results of audio signal reduction analysis with convolution techniques so as to provide a better understanding to students as well as to prove the existing theory. The research steps carried out in this paper is to determine the audio signal to be analyzed, and then determine the parameters that will be used as variables to calculate SNR. These parameters include amplitude, analog frequency, and sampling frequency. The next step is to run the convolution of the signals with variable changes, determining the result of convolution according to the conditions we want reduced its noise, calculate the resulting SNR, and compare it with the convolution SNR. For SNR testing with sinusoidal signal amplitude of 5 V and sampling frequency of 8000 sample / second on several frequency values namely, 100 Hz, 500 Hz, 1000 Hz and 2000 Hz. The discrete convolution SNR value is lower than the continuous convolution SNR. At high frequency, the SNR value decreases. At 852 Hz audio frequency, SNR options for several sampling frequencies are 8520 sample / s, 25560 sample / s, 51120 sample / s and 153360 sample / s. SNR convolution tends to increase when the sampling frequency (F_p) is increased. Discrete SNR convolution is still relatively lower than the continuous convolution SNR. In the PC's internal audio signal works on a frequency of 8192 Hz. SNR tested at some F_p values. Continuous convolution SNR is relatively constant, whereas discrete convolution SNR is relatively increased from the increased F_p value.

Keywords: noise reduction, convolution, audio signal.

ABSTRAK

Di bangku kuliah, derau dan kaitannya dengan kualitas sinyal biasanya dibahas pada mata kuliah pengolahan sinyal. Salah satu metode yang digunakan adalah metode konvolusi. Algoritma yang digunakan cukup kompleks dan tidak mudah cepat dipahami oleh mahasiswa dan ini merupakan tantangan bagi dosen pengajar. Penulis membuat suatu aplikasi yang dapat menampilkan hasil analisis reduksi sinyal audio dengan teknik konvolusi sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih baik kepada mahasiswa sekaligus mem-buktikan teori yang sudah ada. Langkah-langkah penelitian yang di-lakukan adalah menentukan sinyal audio berderau yang akan dianalisis, kemudian menentukan parameter sinyal yang akan digunakan sebagai varia-ble untuk menghitung SNR. Parameter sinyal yang dimaksud adalah amplitudo, frekuensi analog, dan frekuensi pencuplikan. Langkah selanjutnya adalah menjalankan sistem konvolusi terhadap sinyal objek dengan mengubah-ubah variable, menentukan hasil tanggapan konvolusi sesuai dengan karakteristik sinyal yang kita inginkan direduksi deraunya, menghitung SNR sinyal keluaran, dan membandingkannya dengan SNR hasil konvolusi. Untuk pe-ngujian SNR dengan sinyal sinusoida amplitudo 5 V dan frekuensi pencuplikan 8000 cuplikan/detik pada beberapa nilai frekuensi yaitu, 100 Hz, 500 Hz, 1000 Hz dan 2000 Hz. SNR konvolusi diskrit nilainya lebih rendah daripada SNR konvolusi kontinyu. Semakin tinggi frekuensi, nilai SNR semakin turun. Pada frekuensi audio 852 Hz, SNR sinyal diuji pada beberapa nilai frekuensi pencuplikan yaitu, 8520 cup/s, 25560 cup/s, 51120 cup/s dan 153360 cup/s. SNR konvolusi cenderung naik apabila frekuensi pen-cuplikan (F_p) ditambah. SNR konvolusi diskrit relative masih lebih rendah daripada SNR konvolusi kontinyu. Pada sinyal audio internal PC bekerja pada frekuensi 8192 Hz. SNR diuji pada beberapa nilai F_p . SNR konvolusi kontinyu relatif konstan, sedangkan SNR konvolusi diskrit relatif meningkat apabila nilai F_p ditambah.

Kata Kunci: reduksi derau, konvolusi, sinyal audio

I. PENDAHULUAN

SINYAL audio adalah salah satu bentuk sinyal informasi yang kualitasnya dapat dipengaruhi derau (noise). satu metode yang digunakan untuk mengurangi derau pada sinyal adalah metode konvolusi. Metode ini dapat digunakan sebagai algoritma yang sederhana untuk dibuat aplikasinya, sehingga dapat dimanfaatkan oleh dosen pengajar untuk mentransfer wawasan dan pemahaman yang lebih baik kepada mahasiswa, khususnya tentang reduksi derau dan metode konvolusi.

Derau menyebabkan kualitas sinyal informasi menurun karena dapat mengganggu kenyamanan, konsentrasi, dan menyebabkan terjadinya kesalahan persepsi ketika kita sedang menyimak suatu informasi dari sinyal audio. Derau dapat timbul di hampir semua kondisi. Aplikasi peningkatan kualitas sinyal audio menjadi sangat penting dan digunakan di banyak area terutama ketika suatu sistem diharapkan memiliki kinerja yang tahan terhadap derau.

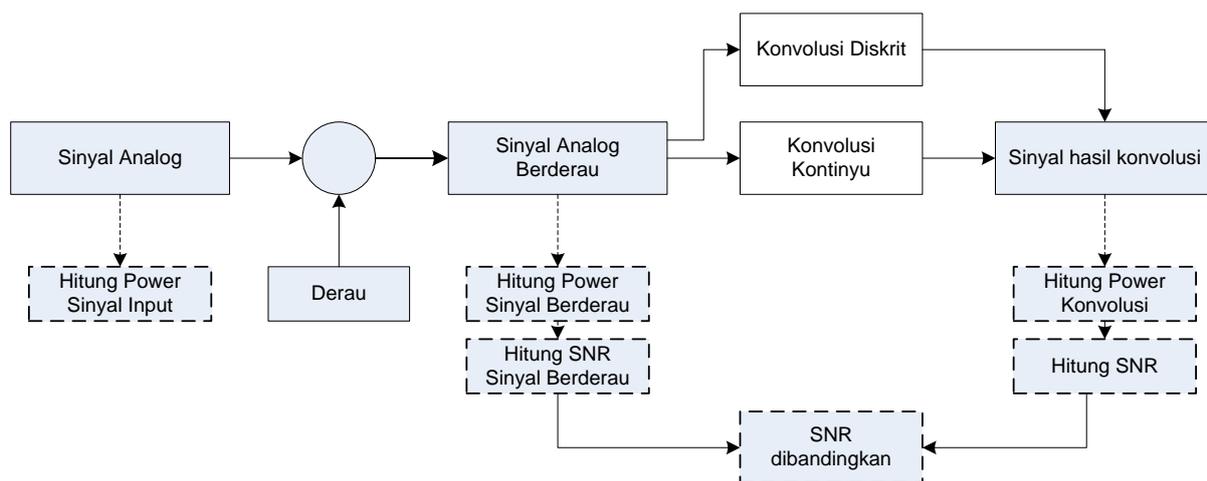
Secara umum konvolusi didefinisikan sebagai cara untuk mengkombinasikan dua buah deret angka yang menghasilkan deret angka yang ketiga [1][2]. Algoritma yang digunakan cukup kompleks dan tidak mudah cepat dipahami oleh mahasiswa. Penulis tertarik untuk membuat suatu aplikasi yang dapat menampilkan hasil analisis reduksi sinyal audio dengan teknik konvolusi sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih baik kepada mahasiswa sekaligus membuktikan teori yang sudah ada.

II. METODE PENELITIAN

Secara berturut-turut, langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Menentukan sinyal audio yang akan dianalisis
2. Membangkitkan sinyal berderau (noise)
3. Menentukan sinyal diskrit dari sinyal audio analog dan sinyal berderau
4. Menentukan parameter sinyal
5. Menjalankan mekanisme konvolusi:
 - Mekanisme sinyal kontinu
 - Mekanisme sinyal diskrit
6. Menentukan sinyal keluaran hasil konvolusi
7. Menghitung SNR
8. Membandingkan SNR hasil konvolusi sinyal kontinu dan sinyal diskrit
9. Membandingkan SNR sebelum konvolusi dan SNR hasil konvolusi

Langkah-langkah penelitian secara sistematis ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flow Chart Metode Penelitian

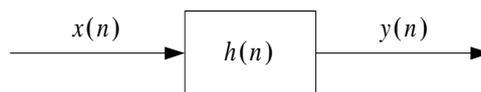
Sinyal analog yang akan dianalisis adalah sinyal audio internal berderau dari PC dalam format ‘.wav’. Sinyal derau yang dibangkitkan pada sinyal sinusoida adalah sinyal acak yang terdistribusi normal, sedangkan pada sinyal audio, ditambahkan sinyal white gaussian noise (WGN). Noise gaussian memiliki intensitas yang sesuai dengan distribusi normal yang memiliki rerata (mean) dan varian tertentu [3]. Sinyal diskrit didapatkan dengan mekanisme pencuplikan sinyal analog dengan terlebih dahulu menentukan frekuensi sampling atau frekuensi pencuplikan (Fp) [4]. Hasil konvolusi diskrit

diubah kembali menjadi analog dengan metode interpolasi [5]. Parameter sinyal ditentukan dengan menetapkan:

- nilai amplitudo sinyal
- frekuensi sinyal
- frekuensi pencuplikan

A. Menjalankan Mekanisme Konvolusi

Konvolusi adalah salah satu cara matematis untuk mengkombinasikan dua sinyal Linier Time Invariant (LTI) untuk membentuk sinyal baru [2][3][6].



Gambar 2. Konvolusi pada sistem linear

Blok diagram sistem konvolusi ditunjukkan pada Gambar 2 dimana sinyal masukan $x(n)$ masuk ke dalam sistem linear yang mempunyai tanggapan impuls $h(n)$ sehingga menghasilkan sinyal keluaran $y(n)$ dan dinyatakan dengan persamaan (1) sampai (4) [2][3][6].

$$y(n) = x(n) * h(n) \tag{1}$$

Jika sifat LTI adalah invarian-waktu, maka respons sistem terhadap tunda deret cuplikan unit $\delta(n - k)$ adalah,

$$h(n - k) \equiv \mathcal{T} [\delta(n - k)] \tag{2}$$

Maka respons sistem $y(n)$ terhadap $h(n - k)$ dan adalah [8],

$$y(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)h(n - k) \tag{3}$$

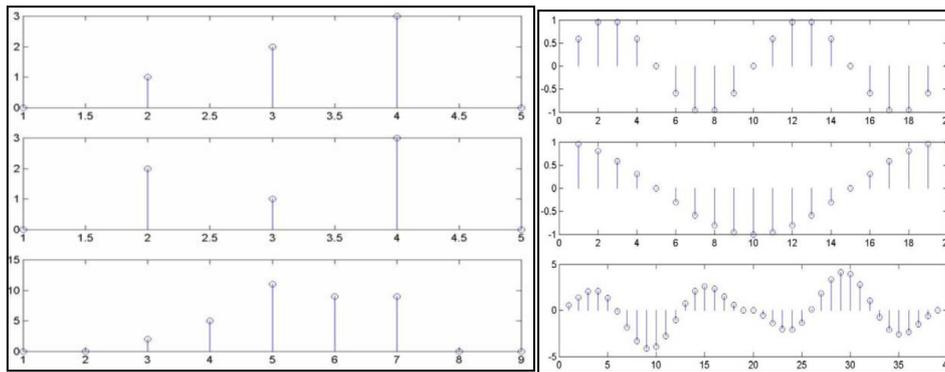
Jika kita ingin menghitung keluaran sistem pada waktu sesaat, $n = n_0$, sesuai dengan persamaan (3),

$$y(n_0) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)h(n_0 - k) \tag{4}$$

Algoritma konvolusi berdasarkan persamaan (4)

1. **Pencerminan (Folding)**. Cerminkan $x(k)$ pada $k = 0$ untuk memperoleh $h(-k)$.
2. **Pergeseran (Shifting)**. Geser $h(-k)$ sejauh n_0 ke kanan / kiri jika n_0 positif / negatif untuk memperoleh $h(n_0 - k)$.
3. **Perkalian (Multiplication)**. Kalikan $x(k)$ dengan $h(n_0 - k)$ untuk memperoleh deret produk $v_{n_0}(k) \equiv x(k)h(n_0 - k)$.
4. **Penjumlahan (Summation)**. Jumlahkan seluruh nilai deret produk $v_{n_0}(k)$ untuk memperoleh nilai keluaran pada waktu $n = n_0$.

Contoh hasil konvolusi dua sinyal diskrit ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh hasil konvolusi dua sinyal [1]

B. Menentukan Hasil Tanggapan Keluaran

Hasil tanggapan sumber suara ditentukan sesuai dengan karakteristik sinyal yang diinginkan untuk direduksi deraunya. Hasil akhirnya diharapkan derau tersebut bisa dikurangi secara signifikan. Hasil tanggapan berupa grafik sinyal hasil konvolusi.

C. Menghitung SNR sebagai Parameter Kualitas Sinyal yang Diukur

Signal-to-Noise Ratio (SNR) didefinisikan sebagai perbandingan daya sinyal (P_{sinyal}) yang diinginkan dengan daya derau (P_{noise}), dimana daya sinyal sebanding dengan kuadrat tegangan (V_{sinyal} dan V_{noise}) [7],

$$SNR = \frac{P_{sinyal}}{P_{noise}} = \frac{(V_{sinyal})^2}{(V_{noise})^2} \tag{5}$$

$$SNR_{dB} = 10 \log \left(\frac{P_{sinyal}}{P_{noise}} \right) = 20 \log \left(\frac{V_{sinyal}}{V_{noise}} \right) \tag{6}$$

Nilai daya (P) dan tegangan (V) pada sinyal sinusoida analog didapatkan dengan menentukan nilai *root mean square* (rms),

$$V_s = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \tag{6}$$

Sedangkan untuk sinyal random dapat menggunakan rumus standar deviasi terdistribusi normal (σ) [8],

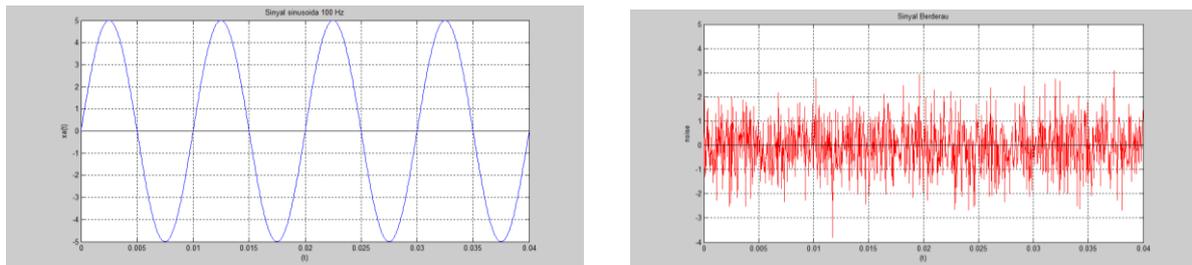
$$SNR = \frac{\sigma_{sinyal}^2}{\sigma_{noise}^2} \tag{7}$$

SNR yang dihitung adalah SNR sebelum konvolusi dan SNR setelah dikonvolusi pada mekanisme konvolusi diskrit dan konvolusi kontinyu. Selanjutnya hasil SNR dibandingkan.

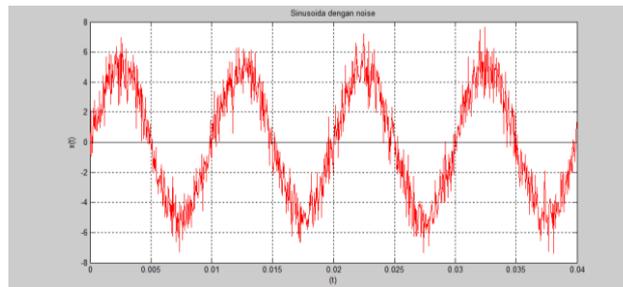
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Membangkitkan Sinyal Kontinyu dan Sinyal Diskrit

Sinyal kontinyu yang akan menjadi masukan pada sistem konvolusi untuk pengujian awal adalah sinyal sinusoida dengan frekuensi tertentu, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4 (kiri), sedangkan sinyal derau yang digunakan adalah sinyal noise Gaussian terdistribusi normal yang ditunjukkan pada Gambar 4 (kanan).

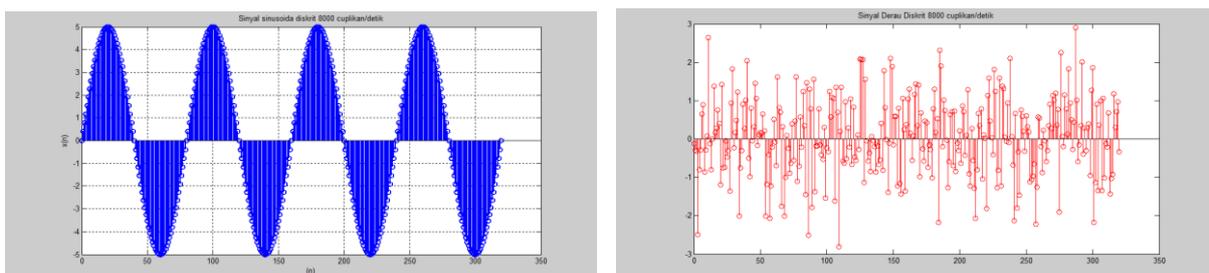


Gambar 4. Sinyal Sinusoida (kiri) dan Sinyal Derau (kanan)



Gambar 5. Sinyal Sinusoida Berderau

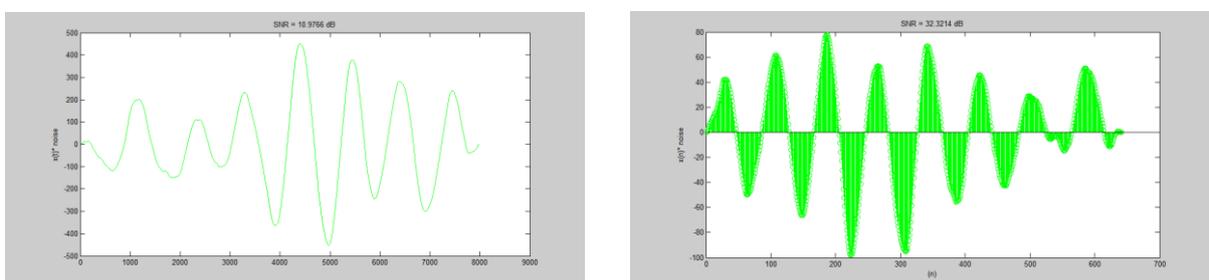
Dengan menggunakan Matlab, sinyal derau tadi diterapkan pada sinyal sinusoida sehingga menghasilkan sinyal sinusoida berderau sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5. Selanjutnya ditentukan sinyal diskrit untuk menghasilkan bentuk sinyal sinusoida diskrit dan sinyal derau diskrit yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sinyal sinusoida diskrit dan Sinyal Derau diskrit

B. Menentukan Hasil Tanggapan Keluaran

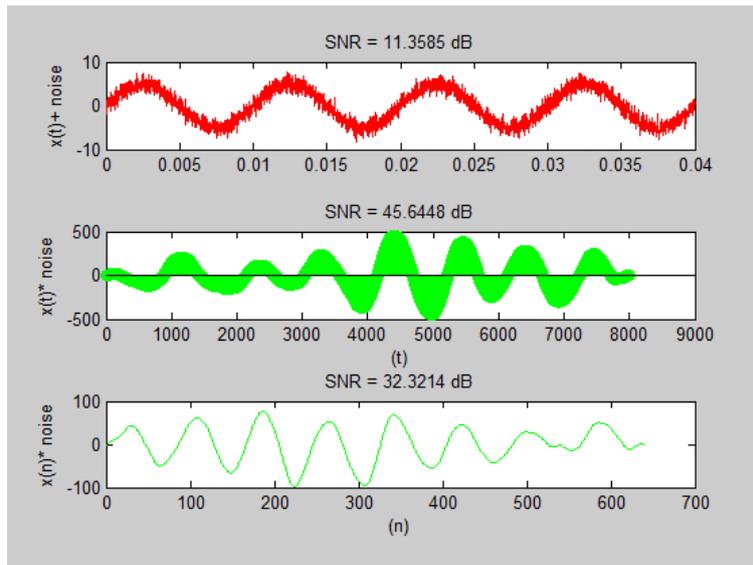
Selanjutnya diterapkan algoritma konvolusi pada sinyal kontinu dan sinyal diskrit. Hasil konvolusi kontinu dan hasil konvolusi diskrit ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Sinyal hasil konvolusi kontinu dan Sinyal hasil konvolusi diskrit

C. Menghitung SNR sebagai Parameter Kualitas Sinyal yang Diukur

Selanjutnya dihitung SNR untuk setiap hasil konvolusi kontinu dan diskrit. Contoh hasil perhitungan SNR hasil konvolusi ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. SNR hasil konvolusi

Variabel parameter sinyal sinusoida diubah-ubah untuk mendapatkan karakteristik SNR sinyal hasil konvolusi. Hasil pengujian SNR untuk sinyal sinusoida 5 V dengan $F_p = 8000$ cuplikan/detik ditunjukkan dalam Tabel 1.

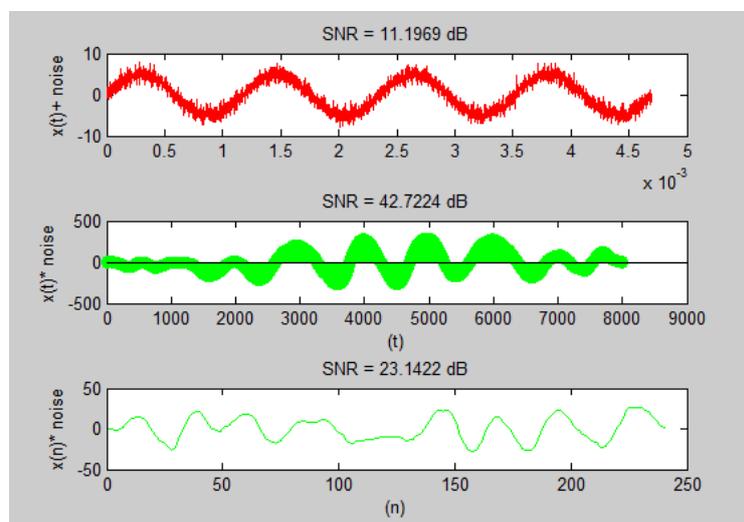
TABEL I
DATA PENGUJIAN SNR UNTUK SINYAL SINUSOIDA 5 V DENGAN $F_p = 8000$ CUPLIKAN/DETIK

Frekuensi sinyal $x(t)$ (Hz)	SNR (dB) $x(t) + \text{derau}$	SNR (dB) Konvolusi Kontinyu $x(t) * \text{derau}$	SNR (dB) Konvolusi Diskrit $x(n) * \text{derau}$
100	11.3585	45.6448	32.3214
500	11.2641	40.6722	28.5762
1000	11.3249	40.8527	19.3389
2000	11.2271	39.3815	16.9439

Berdasarkan data pengujian Tabel 1, SNR sinyal konvolusi cenderung turun apabila frekuensi sinyal di-tambah. SNR konvolusi diskrit relatif masih lebih rendah daripada SNR konvolusi kontinyu.

D. Analisis SNR Sinyal Audio dengan Frekuensi 852 Hz

Langkah-langkah pengujian pada sinyal sinusoida diulangi kembali untuk sinyal sinusoida pada frekuensi 852 Hz, yaitu suara nada dasar A pada not lagu. Nada sinyal disimpan dalam format file '.wav' sehingga bisa didengar bagaimana audio sinyal input dan audio hasil proses konvolusi. Sinusoida 852 Hz dan sinyal derau diubah menjadi sinyal diskrit, kemudian dikonvolusi diskrit dengan mengganti variable frekuensi pencuplikan. Hasil dari pengujian ini ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 9. SNR Hasil Konvolusi Sinyal Audio 852 Hz

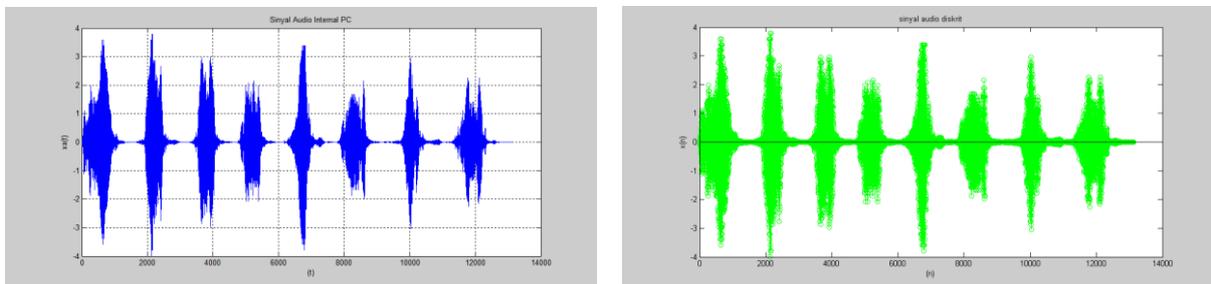
TABEL II
DATA PENGUJIAN SNR UNTUK SINYAL AUDIO 852 HZ DENGAN VARIABEL SNR SINYAL DERAU

Frekuensi Pencuplikan (Fp)	SNR (dB) x(t) + derau	SNR Konvolusi Kontinyu (dB)	SNR Konvolusi Diskrit (dB)
8520	11.3477	41.6009	23.9924
25560	11.1495	38.0516	25.1023
51120	11.4356	47.5895	25.197
153360	11.4139	47.221	37.4721

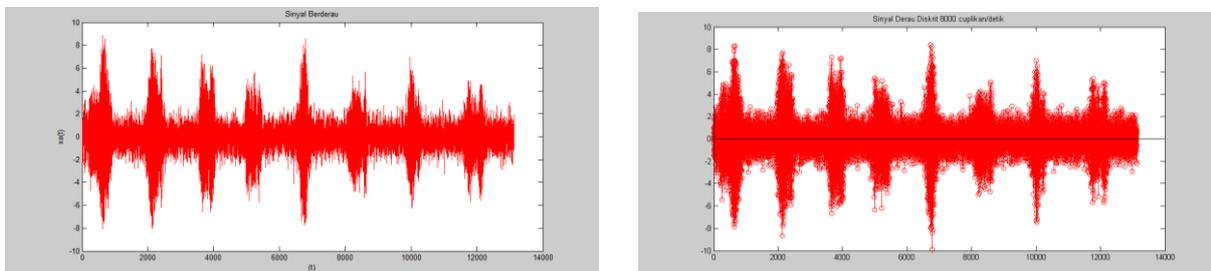
Berdasarkan data pengujian Tabel 2, SNR sinyal konvolusi cenderung naik apabila frekuensi pencuplikan ditambah. SNR konvolusi diskrit relative masih lebih rendah daripada SNR konvolusi kontinyu.

E. Analisis SNR Sinyal Audio Internal PC

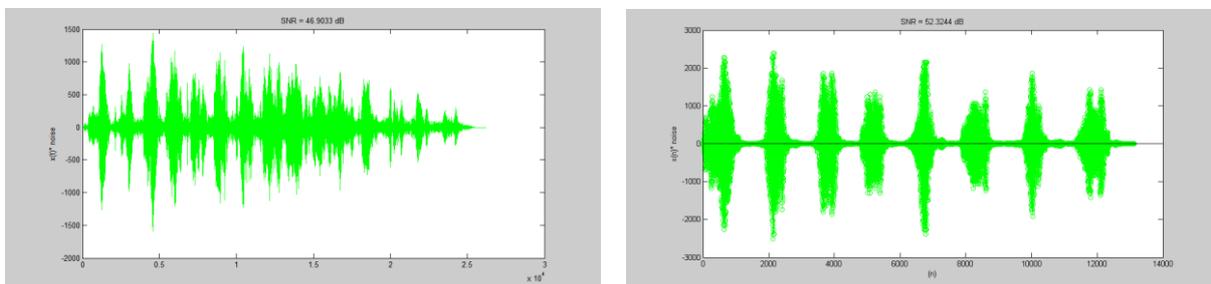
Sinyal audio internal PC tersimpan dalam format '.wav'. Sinyal ini dipanggil dan ditampilkan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10. Sinyal audio diambil nilai sampling untuk dibangkitkan sinyal diskritnya (Gambar 11). Mekanisme konvolusi diskrit dijalankan. Hasil dari konvolusi ini ditampilkan pada Gambar 12 dan hasil pengukuran SNR ditunjukkan dalam Gambar 13. SNR diukur pada nilai frekuensi sampling (Fp) yang berbeda, hasilnya ditampilkan pada Tabel 3.



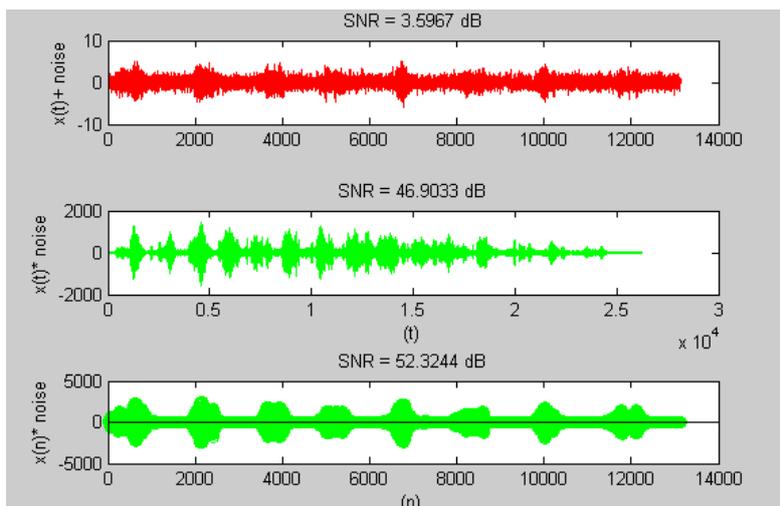
Gambar 10. Sinyal audio internal dan Sinyal audio diskrit



Gambar 11. Sinyal berderau analog dan Sinyal berderau Diskrit



Gambar 12. Hasil konvolusi Kontinyu dan Hasil konvolusi Diskrit



Gambar 13. SNR Hasil Konvolusi Sinyal Audio Internal PC

TABEL III
DATA PENGUJIAN SNR UNTUK SINYAL AUDIO INTERNAL PC 8192 HZ

Frekuensi Pencuplikan (Fp)	SNR (dB) x(t) + derau	SNR Sinyal Hasil Konvolusi Kontinyu (dB)	SNR Sinyal Hasil Konvolusi Diskrit (dB)
10	3.6098	46.9791	30.3485
50	3.6003	46.9033	44.7314
100	3.5944	46.9537	53.8580
500	3.5927	46.8797	58.4766
1000	3.5944	46.9292	61.4863

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 3, SNR sinyal konvolusi kontinyu relatif konstan tetapi SNR sinyal konvolusi diskrit cenderung naik apabila frekuensi pencuplikan ditambah.

IV. KESIMPULAN

Pada amplitudo 5 V dan frekuensi pencuplikan 8000 cuplikan/detik, SNR diuji pada beberapa nilai frekuensi yaitu 100 Hz, 500 Hz, 1000 Hz dan 2000 Hz. SNR konvolusi diskrit nilainya lebih rendah daripada SNR konvolusi kontinyu. Semakin tinggi frekuensi, maka nilai SNR semakin turun. Pada frekuensi audio 852 Hz, SNR sinyal diuji pada beberapa nilai frekuensi pencuplikan yaitu, 8520 cup/s, 25560 cup/s, 51120 cup/s dan 153360 cup/s. SNR konvolusi cenderung naik apabila frekuensi pencuplikan (Fp) ditambah. SNR konvolusi diskrit relatif masih lebih rendah daripada SNR konvolusi kontinyu. Sinyal audio internal PC bekerja pada frekuensi 8192 Hz. SNR diuji pada beberapa nilai Fp. SNR konvolusi kontinyu relatif konstan, sedangkan SNR konvolusi diskrit relatif meningkat apabila nilai Fp ditambah. Untuk konvolusi pada domain waktu, Fp dapat dijadikan sebagai acuan untuk meningkatkan nilai SNR pada nilai frekuensi tertentu. Respon sinyal yang digunakan pada sinyal masukan dapat memiliki amplitudo dan frekuensi sampling yang berbeda tetapi harus tetap dalam frekuensi analog yang sama dengan frekuensi audio. Semakin besar frekuensi sampling sinyal respon, maka karakteristik sinyal hasil konvolusi semakin mendekati karakteristik sinyal audio. Frekuensi sinyal respon yang berbeda akan menghasilkan karakteristik sinyal konvolusi yang berbeda dengan sinyal audio.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tri Budi Santoso, dkk, "Konvolusi Sinyal Diskrit dan Konvolusi Sinyal Kontinyu," dalam *Modul Praktikum Sinyal dan Sistem*, Politeknik Negeri Elektronika Surabaya, bab 7 dan 8, hal 67-82, 2012.
- [2] Wikaria Gazali, dkk. 2012. *Penerapan Metode Konvolusi Dalam Pengolahan Citra Digital*. Jurnal Mat Stat, Vol.12, No.2, Juli 2012, hal 103-113.
- [3] Rika Novita Wardhani dan Mera Kartika Delimayanti, "Analisa Penerapan Metode Konvolusi Untuk Reduksi Derau Pada Citra Digital," *Jurnal Poli-Teknologi*, Vol 10, No.2, hal.191-198, 2011.
- [4] Khairunnisa dan Yoenie Indrasary, "Modul Simulasi Akuisisi Data Sinyal Audio," *Jurnal Simantec*, Vol.5, No.2, hal.75-84, Juni, 2016.
- [5] Suriyanto dan Andy Noortjahja, "Penerapan Metode Interpolasi untuk Meningkatkan Kualitas Suara Esofagus," *Jurnal Inovasi Indonesia*, Vol.4, No.3, hal.26-33, 2015.
- [6] Harlianto Tanudjaja, "Sistem Diskrit," dalam *Pengolahan Sinyal Digital dan Sistem Pemrosesan Sinyal*, edisi I, Yogyakarta, Indonesia : Penerbit ANDI, 2007, bab 2, hal 32-33.

- [7] Dennis Roddy dan John Coolen, "Kebisingan," dalam *Komunikasi Elektronika (Alih Bahasa: Kamal Idris)*, edisi III, Jakarta, Indonesia : Penerbit Erlangga, bab 4, hal 135-136, 2005.
- [8] Raisah Hayati dan Rahmadi Kurnia, "Simulasi Unjuk Kerja Discrete Wavelet Transform (DWT) dan Discrete Cosine Transform (DCT) untuk Pengolahan Sinyal Radar di Daerah yang Ber-Noise Tinggi," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, Vol.3, No.1, hal.32-43, Maret, 2014.