JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga) p-ISSN: 2774-7972
Vol. 2, No. 1, Maret 2022, pp. 67-74 e-ISSN: 2775-6696
DOI: https://doi.org/10.35313/jitel.v2.i1.2022.67-74

Simulasi sistem pembangkit *line code* pada transmisi *Pulse Code Modulation* berbasis program C

Fajar Maulana Yusuf[1*], Rifa Hanifatunnisa[2], Enceng Sulaeman[3]
[1,2,3]Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Desa Ciwaruga Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia
[1*]fajar.maulana.tkom18@polban.ac.id, [2]rifahani@polban.ac.id, [3]enceng.sulaeman@polban.ac.id

ABSTRAK

Konsep dasar dari simulasi sistem pembangkitan *line code* untuk transmisi *Pulse Code Modulation* (PCM) yaitu bagian transmisi dari *encoding* dan *decoding* pada PCM yang mana mempunyai tugas mengubah bentuk sinyal agar tidak berubah pada saat proses pengiriman. Salah satu pemahaman mengenai sistem komunikasi umumnya dengan *instrument* sentuhan langsung. Namun, kegiatan praktik menjadi kurang maksimal apalagi dikala pandemi seperti ini yang kegiatan praktik menjadi lebih efisien dan performa yang menurun dari *instrument* yang memadai juga salah satu penyebabnya. Pada penelitian ini disimulasikan sistem pembangkitan *line code* pada transmisi PCM yang dapat mengubah bentuk biner dari hasil pengkodean menjadi bentuk *line code* yang tertuang dalam pemograman bahasa C dengan aplikasi simulasi program. Pengujian dilakukan dengan memasukan 17 deretan data hasil kuantisasi *Pulse Amplitudo Modulation* (PAM) menjadi bentuk biner yang nantinya akan diubah menjadi bentuk *line code*. Deretan biner yang digunakan dengan panjang 7-bit yang mana 6-bit sebagai data 1-bit sebagai penanda *most significant bit* (MSB). Hasil pengujian menunjukan bentuk *line code* yang telah diimplementasikan sesuai dengan dasar teori.

Kata kunci: PCM*, line code,* simulasi, program C

ABSTRACT

The basic concept of line code generation system simulation for Pulse Code Modulation (PCM) transmission is the transmission part of encoding and decoding on PCM which has the task of changing the shape of the signal so that it does not change during the transmission process. One of the understandings of communication systems is generally with direct touch instruments. However, practical activities have become less than optimal, especially during a pandemic like this, where practical activities become more efficient and the declining performance of adequate instruments is also one of the causes. In this study, a line code generation system is simulated on PCM transmission which can change the binary form of the coding results into the line code form contained in the C programming language with a program simulation application. The test is carried out by entering 17 rows of data resulting from Pulse Amplitude Modulation (PAM) quantization into binary form which will later be converted into line code form. Binary sequences used are 7-bits long, where 6-bits are used as 1-bit data as the most significant bit (MSB) marker. The test results show the form of the line code that has been implemented in accordance with the theoretical basis.

Keywords: *PCM, line code, simulation, C program*

1. PENDAHULUAN

Transmisi pada *Pulse Code Modulation* (PCM) sangat penting dalam proses pengiriman suatu data. Transmisi ini bertujuan agar data dapat terkirim kepada penerima dengan data yang sesuai pada proses pengiriman. *Line code* digunakan pada proses transmisi yang bisa merekayasa bentuk spektrum sinyal agar sesuai dengan medium transmisi yang digunakan. Namun, pada praktiknya seringkali konsep ini tidak dapat direalisasikan menggunakan perangkat praktikum karena keterbatasan atau *instrument* yang tidak memadai. Dengan demikian, dibutuhkan alternatif solusi seperti menggunakan perangkat simulasi perangkat lunak.

Pada penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti yang mengusulkan sistem simulasi dalam pembelajaran laboratorium yang diantaranya yaitu penelitian yang dilakukan R. Abdullah dengan tujuan agar mahasiswa dapat mengetahui dasar-dasar kursus teknik dalam mata pelajaran komunikasi

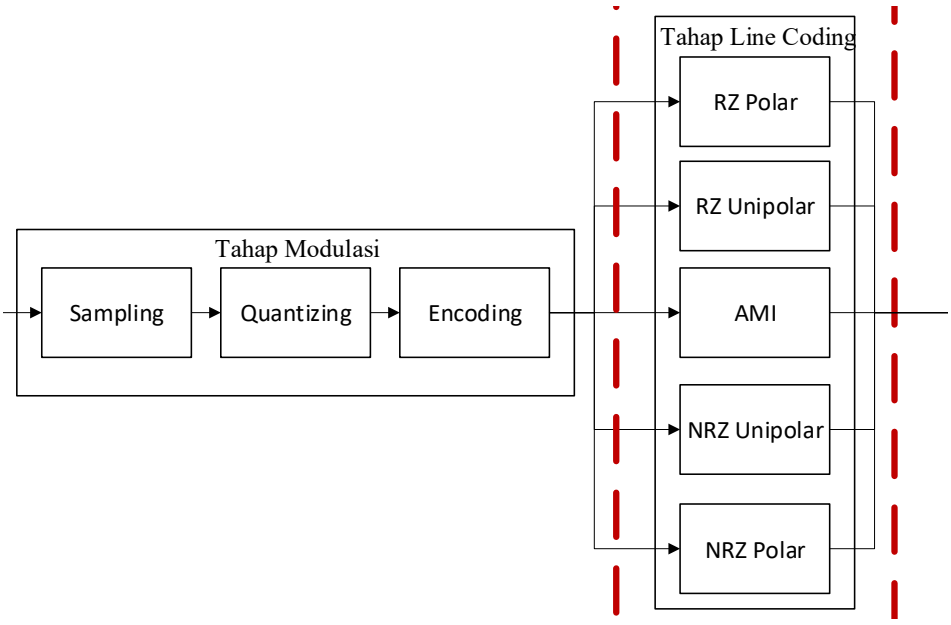
Naskah diterima tanggal 10 Agustus 2021, disetujui tanggal 7 Maret 2022
*E-mail korespondensi

digital [1]. Penelitian oleh L. Laskov menganalisis sistem PCM yang ada pada aplikasi MATLAB [3]. Selain itu ada juga penelitian yang menggunakan aplikasi MATLAB sebagai alat simulasi yaitu penelitian yang dilakukan oleh S. R. Pinkan yang berfokus pada transmisi data digital [4]. Ada juga sistem yaitu pembangkitan sinyal PCM berbasis OMAP-L138 penelitian yang dilakukan oleh E. Sulaeman tersebut mempunyai konsep dasar transmisi dan modulasi sinyal pada sistem komunikasi penekanannya terdapat pada PCM. Penelitian ini membahas mengenai perancangan dan implementasi simulasi teknik PCM menggunakan prosesor pengolahan sinyal digital OMAP-L138. Untuk mendemonstrasikan alat tersebut, diagram blok PCM dibangun dan disimulasikan dengan bahasa pemrograman C dengan tiga langkah utama proses PCM yaitu *sampling*, *quantizing*, dan *encoding* [5]. Namun, dari beberapa karya tersebut dalam penerapan sistem simulasi PCM hanya pada bagian modulasi saja. Oleh karena itu, sistem tersebut masih terdapat kekurangan blok PCM yang lain seperti blok *line code* dan demodulasi.

Penelitian ini membuat suatu sistem dengan menggunakan pemograman bahasa C yaitu sebuah bahasa pemograman komputer yang dapat digunakan untuk membuat berbagai aplikasi [6]. Program yang dibuat yaitu sistem pembangkitan *line code* untuk transmisi PCM melanjutkan sistem yang sebelumnya yang membahas bagian modulasi. Di dalam program terdapat proses pengkonversian data sinyal digital atau deretan biner menjadi bentuk *line code*. Pada penelitian ini bentuk *line code* yang digunakan yaitu *Alternatife Mark Inversion* (AMI), *Return to Zero* (RZ), dan *Non Return to Zero* (NRZ). Penelitian ini juga mempunyai tujuan untuk melanjutkan sistem yang telah dibuat oleh peneliti sebelumnya [5], namun pada penelitian ini terfokus pada program untuk sistem yang menggunakan bahasa C. Penelitian ini adalah lanjutan dari proses penelitian sebelumnya dan difokuskan ke tahap kedua yaitu tahap transmisi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan PCM

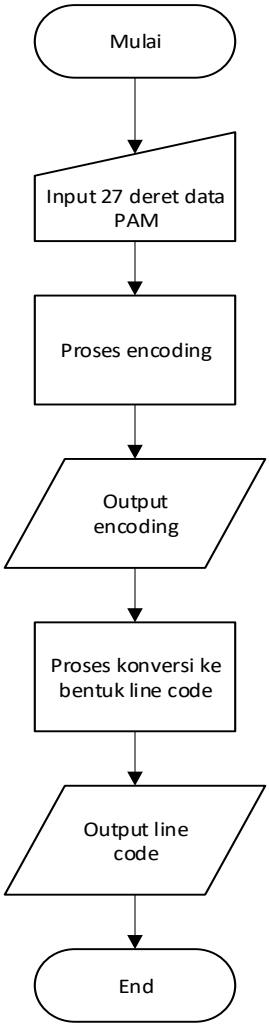


Gambar 1. Diagram blok sistem PCM

Gambar 1 yang merupakan sistem pengolahan sinyal digital PCM secara keseluruhan. Sistem tersebut terbagi dalam tiga bagian yaitu dimulai dari tahap modulasi. Tahap pertama ini berperan dalam membangkitkan sinyal analog yang dimasukan menjadi sinyal digital. Dalam tahap modulasi ini ada beberapa sub-bagian yang merupakan tahapan dari proses modulasi yaitu *sampling* yang merupakan proses pengambilan sampel atau contoh besaran sinyal analog pada titik tertentu secara teratur, *quantizing* yang merupakan proses menentukan segmen-segmen dari amplitudo sampling dalam level-level kuantisasi, dan yang terakhir yaitu *encoding* yang merubah satuan bentuk amplitudo ke dalam bentuk biner sehingga menghasilkan sinyal digital [7]. Pada tahap kedua yaitu tahap *line coding* mempunyai fungsi yaitu sebagai pengkonversian sinyal digital yang dihasilkan *encoding* pada

tahap modulasi dengan tujuan sebagai sinkronisasi antara modulasi dan demodulasi atau pengirim dan penerima [8]. Pada tahap ini juga sebagai *decoding* yang merubah bentuk hasil konversi *line code* ke dalam bentuk yang sesuai dengan hasil *encoding* pada tahap modulasi. Bagian yang ketiga atau tahap terakhir yaitu tahap demodulasi, dimana pada tahap ini sinyal digital yang sudah melewati tahap *line coding* diproses agar sinyal kembali ke bentuk semula yaitu sinyal analog dengan bentuk yang sama dengan sinyal informasi yang dimasukan pada tahap modulasi. Ketiga proses tersebut dituangkan pada program berbasis bahasa C dengan aplikasi pengolahan program.

2.2 Rancangan Algoritma Simulasi Pembangkitan *Line Code*



Gambar 2. Diagram Alir

Gambar 2 merupakan diagram alir dari simulasi sistem pembangkitan *line code* untuk transmisi sinyal PCM dibuat dalam suatu program yang dirancang sesuai dengan sistem tersebut. Program yang dibuat berbasis bahasa C. Penggunaan program berbasis bahasa C dengan aplikasi pengolahan program. Perancangan perangkat lunak dalam sistem pembangkitan *line code* untuk transmisi PCM dimulai dari replikasi dari tahap modulasi sinyal PCM. Replikasi sistem tersebut dilakukan karena untuk mendapatkan sinyal masukan yang digunakan pada tahap *line coding* untuk transmisi PCM didapatkan dari data hasil *encoding* pada tahap modulasi sinyal PCM yang berupa sinyal digital. Setelah itu, sistem *line coding* menerima sinyal *input* yang dihasilkan *encoding* yang berupa deretan biner sinyal digital. Masukan dari *encoding* tersebut didapatkan dari ampitudo sinyal digital *Pulse Amplitude Modulation* (PAM). Jadi pada simulasi sistem pembangkitan *line code* ini dimulai dari amplitude sinyal analog dikonversi atau dikodekan menjadi deretan biner, lalu hasil tersebut dikonversi ke dalam bentuk *line code*. Dalam sistem ini beberapa bentuk *line code* yang digunakan

yaitu NRZ polar dan unipolar, RZ polar dan unipolar, dan AMI. Setelah mendapatkan hasil dengan bentuk *line code*, hasil tersebut diubah kembali atau di *decoding* ke bentuk semula seperti hasil dari *encoding*. Hasil dari *decoding* sinyal *line code* tersebut nantinya akan digunakan pada tahap demodulasi. Alur pada sistem pembangkitan *line coding* digunakan untuk transmisi sinyal PCM. Pada diagram alir tersebut merupakan proses dari sistem yang dibuat. Pada program proses pertama yaitu memasukan 27 deret data PAM lalu data tersebut akan proses menjadi bentuk biner atau proses tersebut disebut *encoding*. Bentuk keluaran dari biner tersebut dikonversi menjadi beberapa bentuk *line code* yaitu AMI, RZ, dan NRZ. Sehingga nanti akan terdapat deretan data hasil konversi menjadi bentuk *line code* dengan *file* berformat .txt. Data *line code* tersebut diintegrasikan pada bentuk sinyal menggunakan aplikasi pihak ketiga yaitu Microsoft Excel sehingga menjadi bentuk sinyal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui hasil dari konversi data *encoding* di konversi ke dalam bentuk *line code*. Data masukan dari pengujian didapatkan dari mengganti tegangan yang hasilnya data PAM tertinggi tidak melebihi level kuantisasi yang bernilai 32 dan pada biner hasil *encoding* data yang tidak melebihi 6-bit pada program replikasi sistem modulasi PCM. Pada sistem program konversi *line coding* ini memasukan deretan data PAM tersebut yang nantinya diubah ke bentuk *encoding* sebelum masuk ke proses konversi menjadi bentuk *line code*. Jadi pengujian kali ini dengan menguji masukan data yang mempunyai nilai PAM tidak melebihi level kuantisasi dan masukan data yang melebihi level kuantisasi.

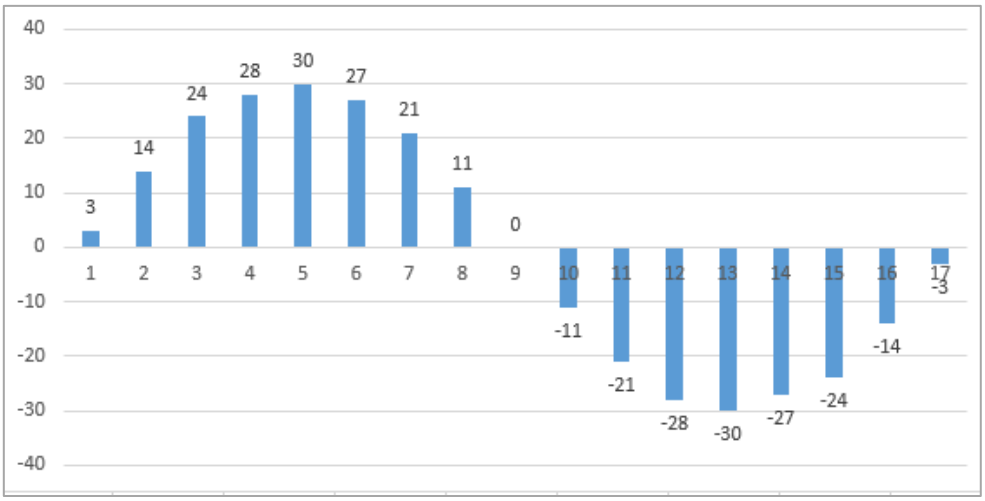
Tabel 1. *Input* data PAM

No.	Masukan tegangan dan level kuantisasi	Deretan data PAM
1	2 Volt dan 32 kuantisasi	1, 5, 8, 9, 10, 9, 7, 4, 0, -4, -7, -9, -10, -9, -8, -5, -1
2	3 Volt dan 32 kuantisasi	1, 7, 11, 14, 15, 14, 10, 6, 0, -6, -10, -14, -15, -14, -11, -7, -1
3	4 Volt dan 32 kuantisasi	2, 9, 15, 19, 20, 18, 14, 7, 0, -7, -14, -18, -20, -19, -15, -9, -2
4	5 Volt dan 32 kuantisasi	2, 11, 19, 24, 25, 23, 17, 9, 0, -9, -17,-23, -25, -24, -19, -11, -2
5	6 Volt dan 32 kuantisasi	3, 14, 24, 28, 30, 27, 21, 11, 0, -11, -21, -28, -30, -27, -24, -14, -3
6	7 Volt dan 32 kuantisasi	3, 16, 26, 33, 35, 32, 24, 13, -13, -24, -32, -35, -33, -26, -16, -3 (PAM tertinggi melebihi level kuantisasi)
7	8 Volt dan 32 kuantisasi	4, 16, 30, 38, 40, 36, 28, 15, 0, -15, -28, -36, -40, -38, -30, -16, -4 (PAM tertinggi melebihi level kuantisasi)
8	9 Volt dan 32 kuantisasi	4, 21, 34, 43, 45, 41, 31, 17, 0, -17, -31, -41, -45, -43, -34, -21, -4 (PAM tertinggi melebihi level kuantisasi)
9	10 Volt dan 32 kuantisasi	5, 23, 38, 47, 50, 45, 34, 18, 0, -19, -35, -46, -50, -47, -38, -23, -5 (PAM tertinggi melebihi level kuantisasi)
10	11 Volt dan 32 kuantisasi	5, 25, 42, 52, 55, 50, 38, 20, 0, -21, -38, -50, -55, -52, -41, -25, -5 (PAM tertinggi melebihi level kuantisasi)
11	12 Volt dan 32 kuantisasi	6, 28, 45, 57, 60, 55, 41, 22, 0, -22, -42, -55, -60, -57, -45, -27, -6(PAM tertinggi melebihi level kuantisasi)
12	13 Volt dan 32 kuantisasi	6, 30, 49, 61, 65, 59, 45, 24, 0, -24, -45, -59, -65, -61, -49, -30, -6 (PAM tertinggi melebihi level kuantisasi)
13	14 Volt dan 32 kuantisasi	7, 34, 57, 71, 75, 68, 52, 28, 0, -28, -52, -68, -75, -71, -57, -34, -7 (PAM tertinggi melebihi level kuantisasi)

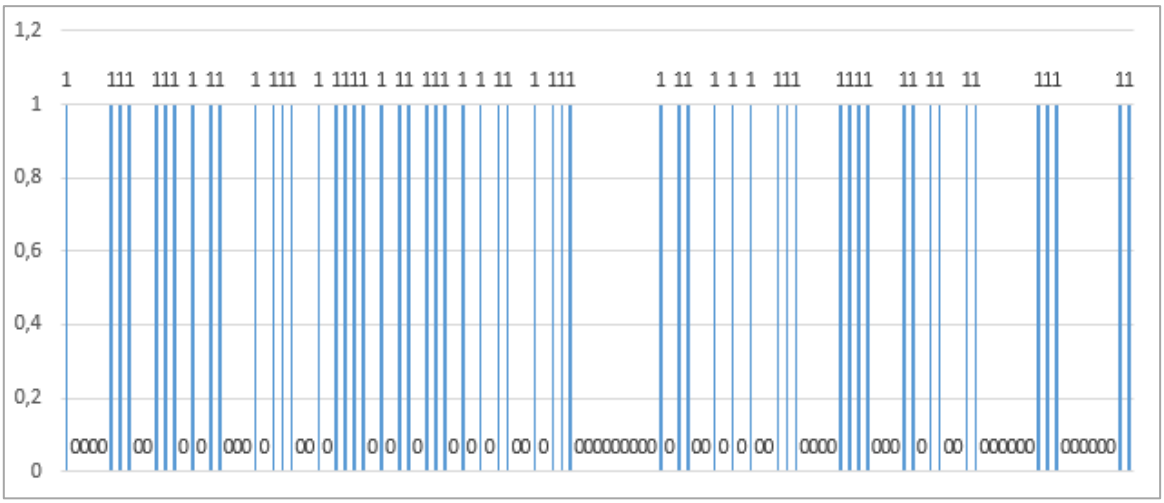
Pada bagian ini ditampilkan hasil dari pengujian pada 6 Volt karena pada pengujian 6 Volt batas dari PAM, hasil konversi biner ke-5 bentuk *line coding* tersebut data yang diubah sudah benar. Pada bentuk NRZ unipolar yang mempunyai prinsip jika logika pada biner bernilai 1 akan menjadi level tegangan 1 dan jika pada logika 0 level tegangan akan bernilai 0 jadi pada bentuk tidak ada yang berubah seperti halnya biner. Pada bentuk NRZ polar yang mempunyai prinsip jika logika pada biner bernilai 1 maka data yang dikonversi menjadi +1 level tegangan dan pada logika 0 level tegangan

menjadi -1 jadi pada bentuk yang sudah di konversi sudah sesuai dengan prinsip dari NRZ polar itu sendiri. RZ polar mempunyai prinsip logika 1 menjadi 1 0 dan logika 0 menjadi -1 0, dikarenakan prinsip dari RZ polar yang mengharuskan satu periode terdapat 2 tegangan jadi data yang digunakan ada 2. Setengah periode pertama *high signal* dan setengah periode selanjutnya bernilai 0 karena *low signal.* Begitu juga prinsipnya pada RZ unipolar, namun pada RZ unipolar logika 0 level tegangan tetap 0. Pada bentuk AMI mempunyai prinsip jika ber logika 1 maka level tegangan yang didapatkan berubah bergilir dari level tegangan 1 menjadi -1. Dari bit yang didapatkan tidak ada yang berubah karena nilai dari PAM yang diubah ke biner tidak ada yang melebihi 6-bit atau dalam satuan yaitu bernilai 63. Jadi 6-bit data sudah berarti nilai dari masukan PAM tersebut. Hasil dari logika tersebut tertuang dalam *listing* program.

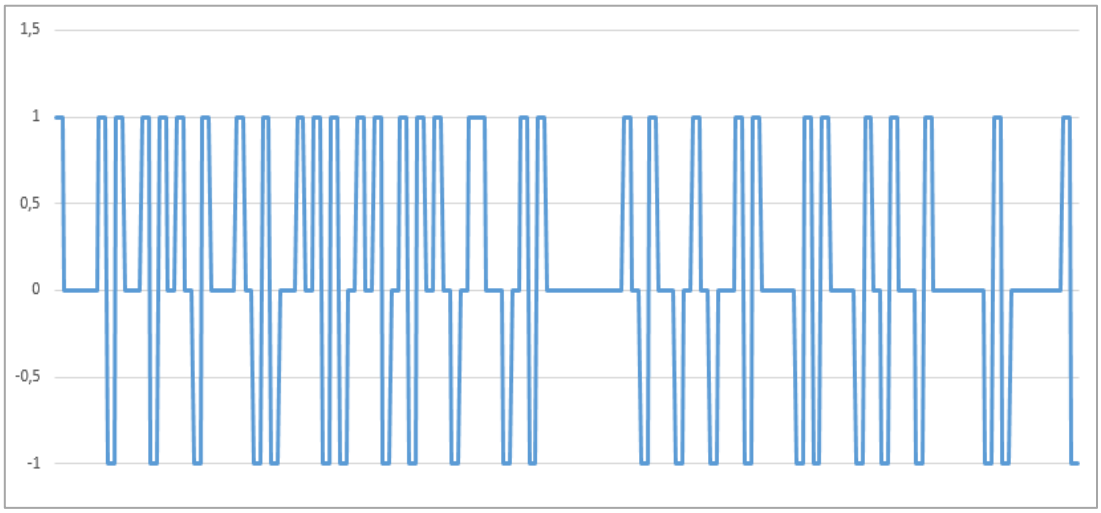
Berikut merupakan tampilan dari hasil yang dieksekusi oleh program. Gambar 3 merupakan masukan data PAM yang dimasukan pada program yaitu sebesar 6 Volt dengan 32 kuantisasi. Data deretan PAM tersebut dikonversi menjadi bentuk biner yang ditampilkan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut terlihat deretan data PAM berubah menjadi logika 0 dan 1 yang sesuai dengan data PAM. Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9 merupakan hasil konversi data biner yang diubah menjadi bentuk *line code* yang sudah sesuai dengan teori dengan beberapa bentuk *line code* yaitu AMI, NRZ polar, NRZ unipolar, RZ polar, dan RZ unipolar. Semua bentuk tersebut sesuai logika yang dituangkan pada program berbahasa C.



Gambar 3. Deretan masukan data PAM 6 Volt

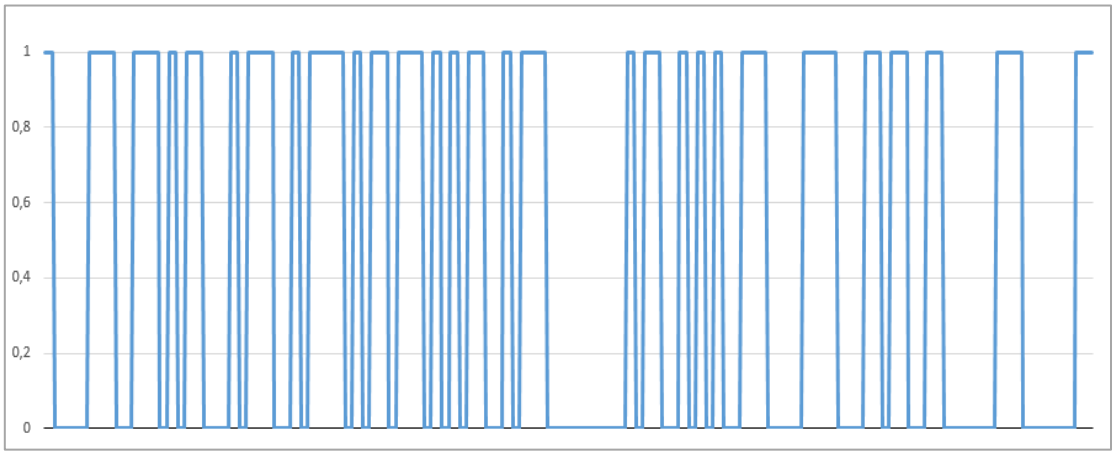


Gambar 4. Sinyal biner 6 Volt

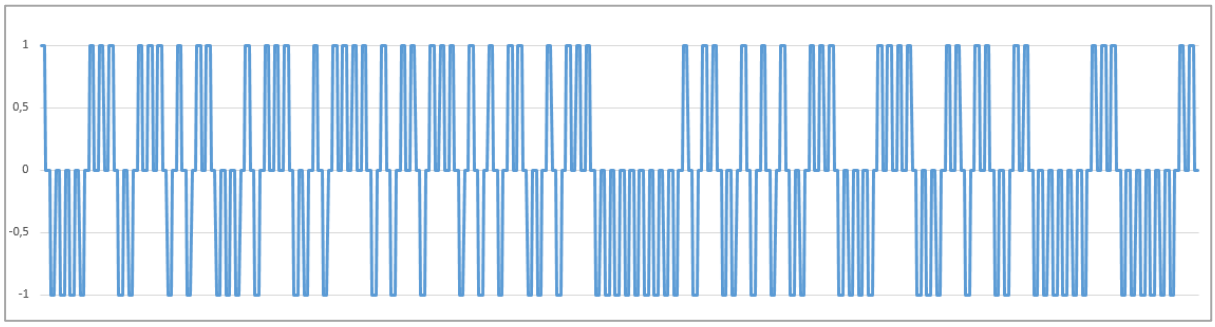


Gambar 5. Sinyal AMI 6 Volt

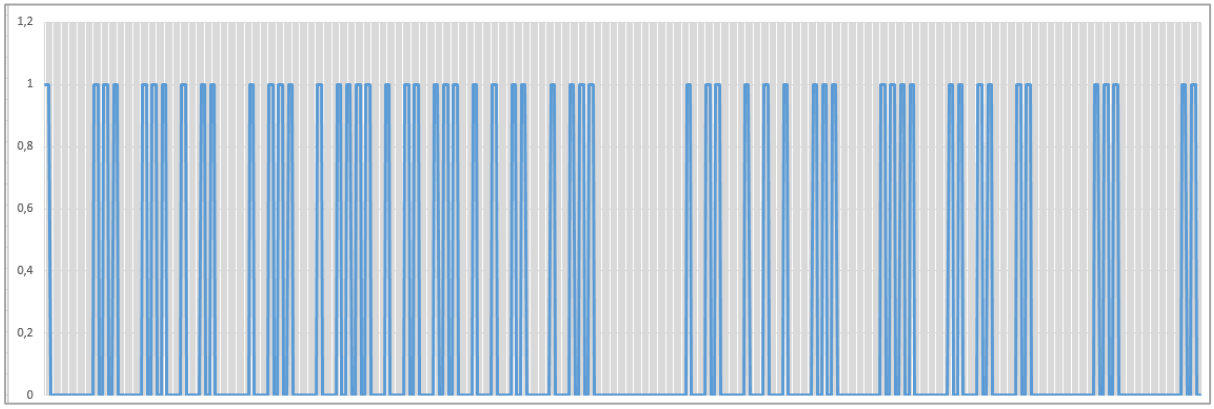
Gambar 6. Sinyal NRZ polar 6 Volt



Gambar 7. NRZ unipolar 6 Volt



Gambar 8. RZ polar 6 Volt



Gambar 9. RZ unipolar 6 Volt

Hasil pengujian yang telah diuraikan menunjukkan bahwa tujuan dari penelitian yang dilaksanakan telah tercapai, dimana sistem yang dirancang berhasil mengoperasikan teknik transmisi pembangkitan sinyal *line code* pada metode PCM dengan jumlah alat yang lebih efisien dan ringkas yakni dengan hanya memanfaatkan perangkat komputer. Sistem yang dirancang juga mampu menghasilkan luaran sinyal dengan bentuk dan ukuran yang sesuai dengan prinsip PCM.

4. KESIMPULAN

Sistem dari pemograman berbahasa C yang mengopresasikan pembangkitan *line code* untuk transmisi PCM dapat beroperasi sesuai prinsip yang sama dengan bentuk *line code* yaitu NRZ polar, NRZ unipolar, RZ polar, RZ unipolar, dan AMI. Representasi bentuk grafik dua dimensi yang dihasilkan dari pada program sistem yang telah dibuat sesuai dengan bentuk dari teori bentuk *line coding* tersebut. Saran untuk penelitian selanjutnya menambahkan konversi biner ke bentuk *line code* lainya seperti HDB3 dan Manchester, serta representasi sinyal dibuat menggunakan *graphic user interface* (GUI) yang langsung terkoneksi dengan program agar tidak menggunakan aplikasi pihak ketiga.

REFERENSI

[1] R. Abdullah, N. Idawati, and N. Ismail, "Implementation of simulation-based laboratory experiment using MATLAB Simulink tool for Pulse Code Modulation (PCM) in digital communication course," *e-Academia Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 31-37, 2017.

[2] L. Laskov, V. Georgieva, and K. Dimitrov, "Analysis of Pulse Code Modulation in MATLAB / Octave Environment," in *2020 55th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST)*, 2020, pp. 77-80.

[3] S. R. Pingkan, D. Ariandi, and F. E. Ananda, "Perancangan Simulasi Encoder Line Coding berbasis Graphical User Interface," *Prosiding Sminar Nasional Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 120-127, 2021.

[4] E. Sulaeman, G. M. Rahmatullah, R. Hanifatunisa, "Pembangkit Sinyal Pulse Code Modulation Berbasis OMAP-L138*," Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 5, no. 2, pp. 215-220, 2020.

[5] A. Andre, "Pengertian Bahasa Pemograman C," 2018. [Online]. Available: https://www.duniailkom.com/tutorial-belajar-c-pengertian-bahasa-pemrograman-c/.

[6] A. R. Bahar, W. A. Priyono, and A. Mustofa, "Implementasi PCM (Pulse Code Modulation) sebagai Pengolah Sinyal pada Sistem Pendeteksi Musik untuk Aplikasi Robot," *Jurnal Mahasiswa TEUB*, vol. 1, no. 3, 2013.
[7] E. Kuren and A. Cellatoglu, "Replica Correlation Detection in Pulse Code Modulation System and Performance Analysis of Bit Detection," *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, vol. 15, no. 5, pp. 175-184, 2017.
[8] E. D. Arisandi, "Increasing Digital Data Sent with Pulse Code Modulation Method," *Jurnal Teknologi Dirgantara (Journal of Aerospace Technology)*, vol. 18, no. 1, pp. 73-80, 2020.
[9] G. A. Haidar, R. Achkar, and H. Dourgham, "Quality Verification of Audio and Image Modulation by the Simulation of PCM, DM, and DPCM Systems," *International Journal of Information and Communication Sciences*, vol. 3, no. 4, pp. 110-120, 2018.
[10] A. H. Ahmed and L. E. George, "Color Image Compression Based on Wavelet, Differential Pulse Code Modulation and Quadtree Coding," *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, vol. 14, no. 2, pp. 73-79, 2017.