

Pembangkitan Sinyal *Pulse Code Modulation* Berbasis OMAP-L318

Enceng Sulaeman, Ashari, Griffani Megiyanto Rahmatullah, Rifa Hanifatunnisa

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung, Indonesia
enceng.sulaeman@polban.ac.id

Abstrak

Topik mata kuliah yang berkaitan dengan konsep dasar transmisi dan modulasi sinyal pada sistem komunikasi penekanannya terdapat pada PCM (*Pulse Code Modulation*). Salah satu pemahaman mengenai sistem komunikasi umumnya dengan menggunakan instrumen secara *hands on*. Namun, kegiatan praktik menjadi kurang maksimal dikarenakan performa yang menurun dari instrumen yang digunakan tidak memadai. 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*. Pengujian dilakukan dengan memberikan sinyal input tegangan 5 V dan periode 1 rad/s untuk dimodulasikan sistem PCM yang telah dirancang. Sinyal pencuplik yang digunakan memiliki nilai ratio 50:50 antara positif dan negatif. Hasil proses pencuplikan berhasil dilakukan dengan menghasilkan 16 sinyal yang memiliki nilai dalam 1 periode. Proses berikutnya adalah melakukan kuantisasi dan dapat dilakukan dengan menghasilkan 32 level kuantisasi positif dan 32 level kuantisasi negatif. Berikutnya adalah pengkodean sehingga luaran sinyal menjadi deretan biner dengan panjang 7 bit untuk setiap nilai dan ditambahkan bit penanda positif atau negatif pada bit ke 8. Simpulan yang didapatkan yaitu setiap blok berhasil diimplementasikan secara berurutan dan hasilnya menunjukkan hasil yang sesuai dengan teori dasar PCM.

Kata kunci: *Pulse Code Modulation*, OMAP-L138, pencuplikan, kuantisasi, pengkodean

Abstract

Subject topics related to the basic concepts of signal transmission and modulation in communication systems, the emphasis is on PCM (Pulse Code Modulation). One understanding of the general communication system is to use the instrument hands on. However, the performance of the practicum is not optimal due to the decreased performance of the instruments used which are not sufficient. This study discusses the design and implementation of simulations based on the PCM laboratory practicum using the OMAP-L138 digital signal processing processor. To demonstrate this tool, a PCM block diagram was constructed and simulated in the C programming language with three main steps of the PCM process, namely sampling, quantizing, and encoding. The test is carried out by providing a 5V voltage input signal and a 1rad / s period for the PCM system modulated that has been designed. The sampling signal used has a 50:50 ratio between positive and negative. The results of the sampling process were successfully carried out by producing 16 signals that had a value in 1 period. The next process is to do quantization and can be done by producing 32 levels of positive quantization and 32 levels of negative quantization. Next is coding so that the output signal becomes a binary series with a length of 7 bits for each value and a positive or negative marker bit is added to the 8th bit. The conclusion obtained was that each block was successfully implemented sequentially and the results showed the results in accordance with the basic theory of PCM.

Keywords: *Pulse Code Modulation*, OMAP-L138, sampling, quantizing, coding

I. PENDAHULUAN

PCM adalah metode yang digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital sehingga sinyal analog yang dimodifikasi dapat dikirim melalui jaringan komunikasi digital [1].

Sinyal digital PCM banyak digunakan dalam hal pengiriman informasi dikarenakan lebih akurat daripada sinyal analog juga tahan terhadap interferensi. Selain itu, kemungkinan terjadinya kesalahan akan berkurang dengan penggunaan metoda pengkodean yang tepat. PCM digunakan di

sebagian besar aplikasi telekomunikasi, perekaman audio digital, video digital, *voice mail*, dan sistem komunikasi digital lainnya [2]. PCM juga banyak digunakan pada *Radio Control Units* tempat pemancar dan penerima radio pada mobil, pesawat, dan kapal.

Metoda pembelajaran mengenai teknik PCM biasa dilakukan dengan praktik secara langsung dan memanfaatkan instrumen yang sesuai. Namun, praktik yang dilakukan juga dapat menunjukkan kondisi yang berbeda akibat tidak handalnya instrumen tersebut. Ketidakhandalan instrumen dapat dikarenakan menurunnya performa instrumen akibat faktor usia. Hal tersebut mengakibatkan pemahaman mengenai proses pengukuran, pengujian fungsionalitas dan kehandalan, serta pengembangan sistem komunikasi menjadi tidak maksimal.

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah peningkatan keterampilan melalui instrumen baru yaitu instrumen *digital signal processor*. Instrumen tersebut dapat digunakan untuk menunjang pemahaman teori dan praktik menjadi maksimal. Beberapa aplikasi telah dilakukan menggunakan *digital signal processor* seperti halnya penelitian tentang penerapan *Fast Fourier Transform* [3], pengolahan sinyal pada jaringan komunikasi menggunakan *Low Cost Fixed-Point* [4], dan pengolahan sinyal terima menggunakan metode *direction of arrival* [5]. Ketiga penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan *digital signal processor* dapat menjadi sebuah solusi untuk meningkatkan pemahaman khususnya pada bidang sistem komunikasi.

Penelitian yang dilakukan mempunyai tujuan yaitu menerapkan sistem komunikasi dengan teknik PCM pada perangkat *digital signal processor*. Lebih jelasnya dari tujuan penelitian yang dilakukan yaitu fungsionalitas untuk pengaplikasian sistem komunikasi menggunakan teknik PCM untuk pengiriman serta penerimaan informasi. Spesifikasi khusus dalam penelitian ini yaitu penggunaan *digital signal processor* dengan tipe OMAP-L138. Pemilihan instrumen tipe OMAP-L138 dianggap memadai berdasarkan analisis kebutuhan telah dilakukan. Instrumen tersebut menjadi instrumen penting karena bertindak sebagai otak pengolahan sinyal pada saat akan mengirim dan menerima sinyal informasi.

II. METODE PENELITIAN

A. Modulasi Sinyal

Modulasi merupakan bagian dari banyak sistem komunikasi dan menyediakan sarana untuk mencocokkan sinyal pembawa informasi ke media

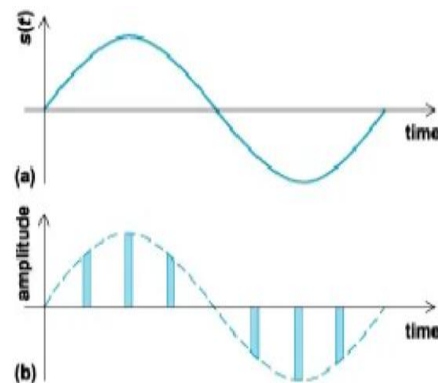
transmisi atau saluran transmisi [6]. Teknik modulasi umumnya diklasifikasikan menjadi *Continue Waves* dan Modulasi Pulsa. Dalam kasus modulasi *Continues Waves*, gelombang sinusoidal digunakan sebagai *carrier* dari informasi. Dalam modulasi pulsa, rangkaian pulsa digunakan sebagai gelombang pembawa (*carrier*) dan parameter pulsa yang sesuai dimodifikasi berdasar dengan sinyal informasi.

B. PCM (Pulse Code Modulation)

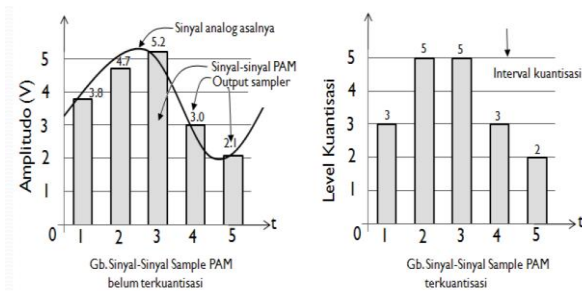
PCM digunakan untuk merepresentasikan sampel sinyal analog dalam bentuk digital, merupakan teknik modulasi yang mengubah sinyal analog ke dalam bentuk sinyal digital. Sinyal luaran dari PCM adalah bentuk format biner yang memiliki dua kemungkinan nilai logika 0 dan logika 1, maka dari itu memungkinkan untuk mendigitalkan semua bentuk data analog seperti telemetry, musik, video, dan lainnya [7]. Proses utama dari PCM secara keseluruhan dimulai dari pencuplikan (*sampling*), pengkuantisasian (*quantizing*), dan pengkodean (*encoding*).

Proses pencuplikan, secara teoritis merupakan langkah pertama dalam proses implementasi PCM. Teorema sampling menyatakan bahwa jika sinyal $s(t)$ diambil sampelnya secara berkala dan pada laju (*rate*) yang lebih tinggi dari dua kali frekuensi tertinggi dari sinyal, maka sampel berisi semua informasi sinyal asli. Gambar 1 menjelaskan fungsi proses pencuplikan secara singkat [8]. Sinyal hasil pencuplikan adalah sinyal-sinyal pulsa yang amplitudonya sebanding dengan amplituda sinyal analog. Sinyal ini adalah sinyal PAM (*pulse amplitude modulation*).

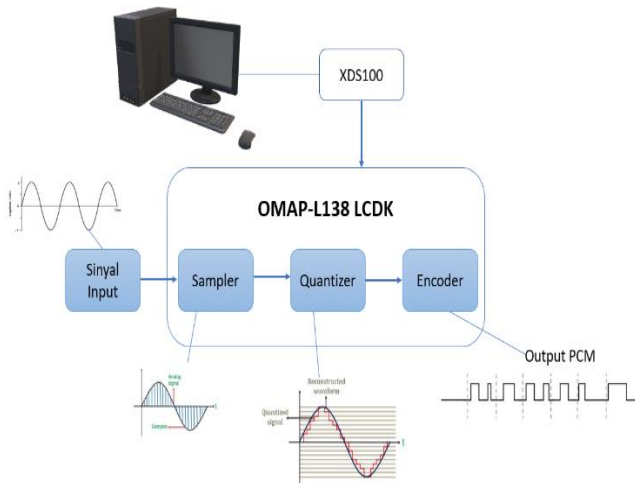
Proses kuantisasi, merupakan proses menentukan segmen-segmen dari amplituda sampling dalam level kuantisasi, amplituda dari sampel masing-masing dinyatakan dengan harga integer dari level kuantisasi yang terdekat [9]. Gambar 2 berikut merupakan representasi sederhana proses kuantisasi.



Gambar 1. (a) Sinyal analog $s(t)$, (b) sinyal PAM



Gambar 2. Proses kuantisasi
(Sumber: repository.unikom.ac.id)



Gambar 3. Proses implementasi modulasi kode pulsa (PCM) menggunakan Modul OMAP-L138

Tahap terakhir adalah pengkodean (*coding*) yang mentransformasikan sinyal waktu diskrit dan amplitudo diskrit hasil pencuplikan dan kuantisasi menjadi bit-bit sinyal PCM biner. Kode biner yang muncul bergantung pada level yang ditempati oleh sinyal sampel hasil kuantisasi. Satu level kuantisasi menyatakan satu kata kode (*code word*), misalnya kode kuantisasi dari 3 adalah 011; 5 dikodekan sebagai 101 dan sebagainya, tergantung jumlah bit yang digunakan untuk merepresentasikan satu kata kode.

C. Simulasi PCM Menggunakan OMAP-L138

Perancangan PCM menggunakan Modul OMAP-L138 dibentuk melalui proses-proses yang diperlukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Ilustrasi yang ditampilkan pada Gambar 3 merupakan blok-blok yang diperlukan dalam merancang PCM menggunakan OMAP-L138. Blok yang digunakan untuk mempelajari PCM meliputi sinyal masukan yaitu berbentuk gelombang sinus, pada penelitian ini pengguna diminta memasukkan detail nilai amplitudo dan pulsa (periode sinyal/frekuensi) yang akan diolah. Proses pencuplikan dilakukan berdasarkan landasan teori

PCM yaitu sinyal diskrit amplitudo modulasi sinyal yang mencerminkan amplitudo sinyal analog. Metode pencuplikan yang digunakan adalah *natural sampling*. Keluaran hasil pencuplikan diberikan level tertentu yang disebut proses kuantisasi. Penelitian ini menggunakan tahapan metode kuantisasi seragam (*uniform quantization*) yaitu proses kuantisasi yang memiliki jarak level yang sama antar level kuantisasi. Jarak tersebut diatur secara fleksibel berdasarkan *input* yang diberikan oleh pengguna. Proses terakhir adalah pengkodean, ukuran langkah kuantisasi dan amplitudo menentukan jumlah tingkatan yang diperlukan untuk representasi ke biner.

D. OMAP-L138

OMAP (*Open Multimedia Applications Platform*) adalah sebuah platform aplikasi multimedia terbuka yang merupakan serangkaian modul berdasarkan prosesor sinyal digital. OMAP-L138 *Applications Processor* terdiri dari dua CPU utama, pertama yaitu ARM RISC CPU untuk pemrosesan dan sistem kontrol, kedua yaitu DSP (*Digital Signal Processing*) untuk proses komunikasi dan pemrosesan audio[10]. Platform ini dapat mendukung banyak sistem operasi yang telah umum digunakan oleh pengguna seperti WinCE, Linux, dan sebagainya. OMAP-L138 *Applications Processor* terdiri dari subsistem berikut:

1. ARM926 RISC CPU core and associated memories
2. DSP and associated memories
3. A set of I/O peripherals
4. A powerful DMA subsystem and SDRAM EMIF interface

Prosesor OMAP-L138 merupakan prosesor aplikasi dengan daya rendah berdasarkan ARM926EJ-STM dan core C674x DSP. Perangkat ini memiliki fitur dukungan seperti sistem operasi yang kuat, antarmuka pengguna yang kaya, dan masa guna kinerja pemrosesan yang tinggi. Fitur-fitur inilah yang dapat membantu dalam mengembangkan suatu sistem yang dibutuhkan.

E. XDS100V2

Emulator XDS100V2 merupakan perangkat keras JTAG (*Joint Test Action Group*) dari Texas Instruments, dimana JTAG merupakan aturan standar dari IEEE 1149.1 dengan tujuan menyelesaikan masalah-masalah pada perakitan PCB[11]. Emulator berbasis *scan* yang ditunjukkan pada Gambar 4 ini merupakan pengontrol emulasi JTAG yang kuat dan efisien yang mendukung *debug* dari berbagai perangkat teknologi informasi.



Gambar 4. Emulator XDS100V2

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

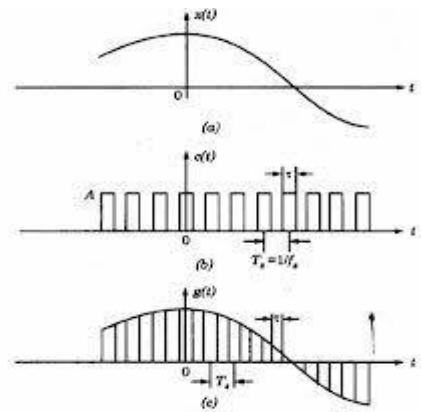
A. Hasil Simulasi

Berdasarkan diagram blok perancangan pada Gambar 3 sebelumnya, yang diproses pertama kali oleh prosesor OMAP-L138 adalah sinyal masukan yang ditampilkan pada Gambar 5. Hasilnya menunjukkan bahwa sinyal masukan analog adalah berbentuk gelombang sinus, yang biasa dinamakan sinyal informasi. Amplitudo dan frekuensi diatur oleh pengguna, dalam hasil yang dibahas pada laporan ini bernilai 5V dan 1 rad/s.

Tampilan berikutnya, masih merupakan sinyal masukan berupa sinyal pulsa pencuplik dengan ratio positif dan negatif 50:50, seperti pada Gambar 6 sesuai dengan teorema Nyquist supaya spektrum sinyal tidak mengalami aliasing, yaitu spektrum sinyal fundamental dengan harmonisnya saling bertumpuk sehingga sinyal informasi asal dapat diperoleh kembali dengan benar.

Proses pencuplikan dengan metode pencuplikan natural (*natural sampling*) yang merupakan metode praktis pengambilan sampel dimana pulsa memiliki lebar terbatas sama dengan τ dan periode $T_s = 1/f_s$, seperti diperlihatkan pada Gambar 7. Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan sinyal *carrier* yang berupa deretan pulsa. Hasil dari pencuplikan natural diperlihatkan pada Gambar 8.

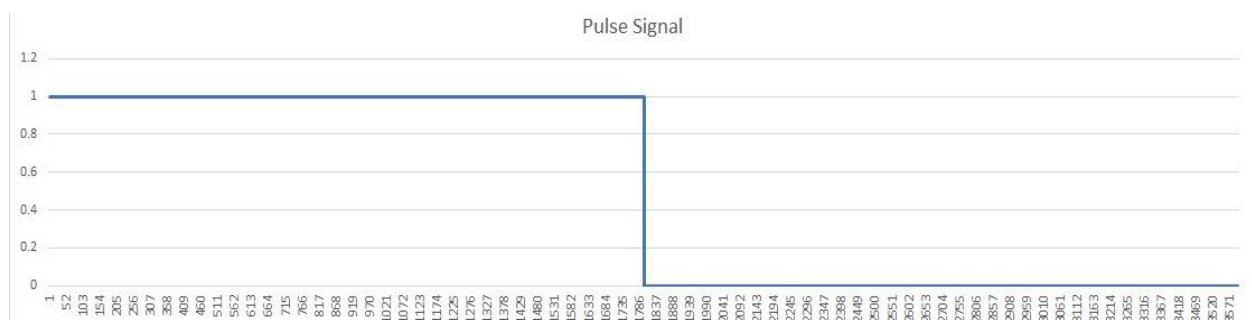
Proses selanjutnya adalah kuantisasi yang pada penelitian yang dilakukan dengan metoda kuantisasi uniform, dimana sinyal output sari pencuplik diberikan ke kuantiser untuk diberi level tertentu untuk menghasilkan kode PCM. Kuantisasi secara singkat merupakan penggantian nilai/harga real oleh integer terdekat. Gambar 9 merupakan hasil proses kuantisasi 16-level pada serangkaian proses PCM menggunakan prosesor OMAP-L138.



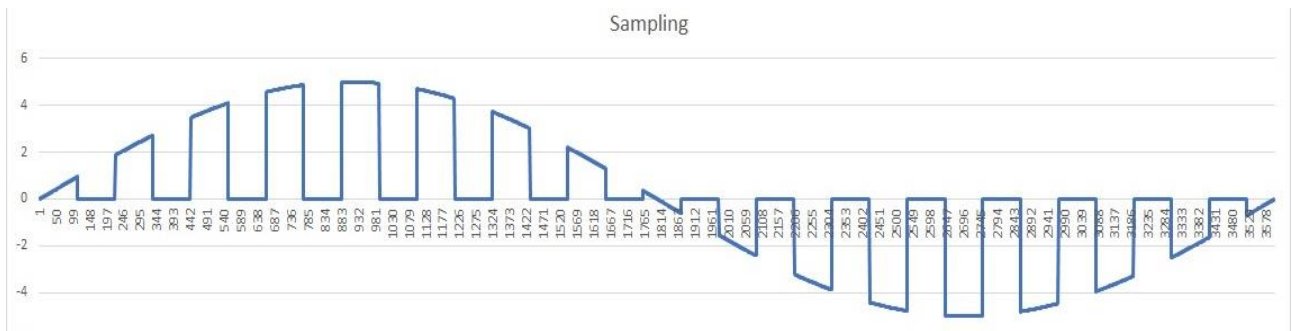
Gambar 7. Bentuk gelombang *natural sampling*



Gambar 5. Tampilan hasil sinyal *input*



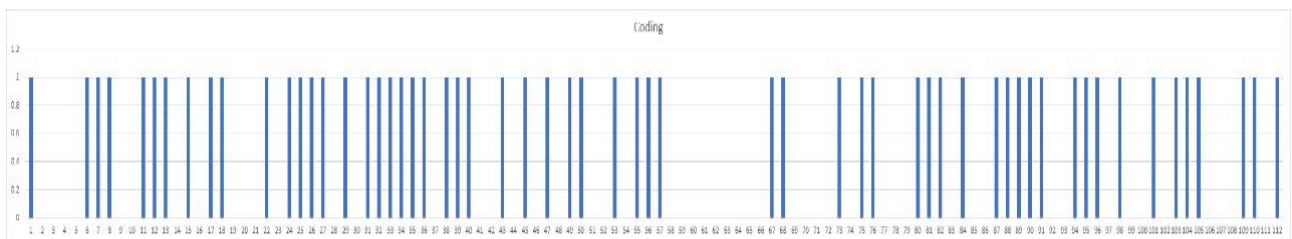
Gambar 6. *Pulse signal*



Gambar 8. Hasil proses *sampling*



Gambar 9. Hasil proses kuantisasi



Gambar 10. Hasil proses pengkodean (sinyal digital)

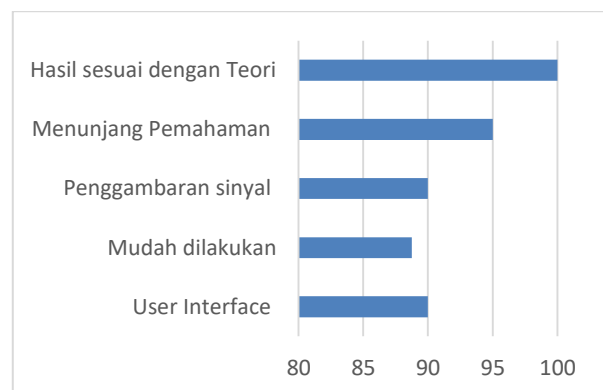
Proses terakhir adalah pengkodea, dimana hasil kuantisasi diproses dan direpresentasikan menjadi serangkaian biner. Rangkaian biner tersebut merupakan konversi nilai sampling menjadi biner dengan panjang 7 bit. Sedangkan bit 8 yaitu MSB dengan memperhatikan posisi sinyal berada yaitu antara positif dan negatif. Apabila sinyal berada pada nilai positif maka MSB akan diberikan nilai 1, sedangkan sebaliknya yaitu apabila nilai negatif maka MSB akan diberikan nilai 0. Rangkaian biner yang telah dibentuk selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 10.

B. Analisis Umum

Hasil yang telah diuraikan menunjukkan bahwa tujuan penelitian yang dilakukan telah tercapai yaitu fungsionalitas sistem yang dirancang telah berhasil diimplementasikan dengan menerapkan sistem komunikasi menggunakan teknik PCM pada perangkat *digital signal processor* OMAP-L138. Analisis kinerja PCM dan outputnya telah berhasil

digambarkan berdasar hasil yang telah dilampirkan. Setiap blok diimplementasikan dan diproses secara berurutan sesuai dengan teori dasar PCM.

Sebagai bentuk validasi maka dilakukan survei untuk menentukan nilai terhadap hasil penelitian yang dilakukan. Hasil tersebut ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil validasi survei penggunaan sistem

Survei yang dilakukan menggunakan lima parameter dan diberikan kepada 25 orang mahasiswa dengan skala nilai 1-4 dengan nilai maksimum adalah 4. Hasil tersebut menunjukkan nilai yang baik dikarenakan nilai untuk setiap parameter berada di atas angka 80. Hal tersebut menunjukkan bahwa manfaat lain dari simulasi komunikasi menggunakan OMAP-L138 dapat meningkatkan pemahaman lebih mendalam mengenai teknik PCM.

IV. KESIMPULAN

Simulasi komunikasi PCM berhasil dilakukan dengan ujicoba menggunakan sinyal *input* sinus dengan nilai 5 V dan perioda 1 rad/s. Sinyal tersebut diproses dengan tiga tahapan yaitu *sampling*, *quantizing*, dan *coding*. Hasil akhir dari ketiga tahapan tersebut membentuk sinyal PCM dengan deret biner sebanyak 7 bit untuk setiap nilainya dan ditambahkan bit penanda positif atau negati pada bit ke 8. Setiap blok berhasil diimplementasikan secara berurutan dan hasilnya menunjukkan hasil yang sesuai dengan teori dasar PCM. Berdasarkan analisis umum yang dilakukan juga memberikan kesimpulan bahwa penggunaan OMAP-L138 dapat meningkatkan pemahaman lebih mendalam khususnya untuk sistem komunikasi menggunakan teknik PCM.

REFERENSI

- [1] R. Abdullah, H. Ja'afar, N. I. M. Enzai and N. Ismail, "Implementation of Simulation-Based Laboratory Experimenting Using Matlab Simulink Tool for Pulse Code Modulation," *e-Academia Journal*, vol. 6, pp. 31-37, 2017.
- [2] D. Xue and Y. Q. Chen, "System Simulation Techniques with Matlab Simulink, Wiley," pp. 25-29, 2013.
- [3] P. Kulkarni, B. Hogade and V. Kulkarni, "Simulation of Digital Signal Processor-FFT for Communication System Applications", Proceedings of the Second International Conference on Information and Communication Technology for Competitive Strategies - ICTCS '16, 2016.
- [4] E. Oyekanlu, K. Scoles and P. O.Oladele, "Advanced Signal Processing for Communication Networks and Industrial IoT Machines Using Low-Cost Fixed-Point Digital Signal Processor", 2018 10th International Conference on Advanced Infocomm Technology (ICAIT), 2018.
- [5] V. Dakulagi, M. Alagirisamy and M. Singh, "Efficient Coherent Direction-of-Arrival Estimation and Realization Using Digital Signal Processor", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 68, no. 9, pp. 6675-6682, 2020.
- [6] S. E. Nordholm and H.-J. Zepernick, "Modulation and Detection," 2005.
- [7] S. Shetty, S. Varghese and P. Wagh, "Design and Implementation of Pulse Code Modulation Using Matlab Simulink," *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, vol. 4, pp. 2814-2817, 2015.
- [8] A. Omar, "Pulse Code Modulation," Islamic University of Gaza, Gaza, 2010.
- [9] L. F. I. Terapan, "SAS Laboratory," Telkom University, 16 May 2017. [Online]. Available: <https://fit.labs.telkomuniversity.ac.id/>. [Accessed September 2020].
- [10] Texas Instruments, OMAP-L138 Applications Processor System, Dallas, 2010.
- [11] Dziale, "ndoware," 25 May 2009. [Online]. Available: <https://ndoware.com/>. [Accessed Agustus 2020].