

Kode>Nama Rumpun Ilmu:
453/ Teknik Telekomunikasi

**LAPORAN HASIL PENELITIAN
TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



Rancang Bangun Delta Modulation

TIM PENGUSUL:

Nuraeni Umar, S.T., M.T. / 0012096206 (Ketua)
Misnawati, S.T., M.T. / 0007047702 (Anggota)

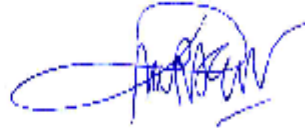
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI TEKNIK TELEKOMUNIKASI
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
FEBRUARI, 2019**

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

Judul Penelitian : Rancang Bangun Delta Modulasi
Kode>Nama Rumpun Ilmu : 453/Teknik Telekomunikasi
Ketua Peneliti:
a. Nama Lengkap : Nuraeni Umar, S.T., M.T.
b. NIDN : 0012096206
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala /Pembina / IV/b
d. Program Studi : Teknik Telekomunikasi
e. Nomor HP : 085 299 791 290
f. Alamat surel (e-mail) : aeni12345@yahoo.com
Anggota Peneliti(1):
a. Nama Lengkap : Mlsnawati, ST., M.T.
b. NIDN : 0007047702
c. Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang
Lama Penelitian : 8 bulan
Biaya Penelitian : Rp.10.000.000

Makassar, 22 Februari 2019

Ketua Tim Pengusul



Nuraeni Umar, S.T., M.T.
NIP. 19620912 198803 2 004



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro PNUP



DR. Ir. Hafsah Nirwana, M.T.
NIP. 19680405 199303 2 002



Mengetahui,
Rebantuan Direktur I PNUP



Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19740423 199903 1 002



Mengetahui,
Ketua UPPM PNUP



Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19590826 198803 1 002

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
RINGKASAN	iv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan khusus penelitian	2
1.3 Urgensi penelitian	2
1.4 Temuan dan Luaran yang ditargetkan	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Delta Modulator	3
2.2 Delta Demodulator	6
2.3 Studi pendahuluan yang pernah dilakukan	9
	10
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi dan waktu penelitian	12
3.2 Tahapan penelitian	12
BAB 4. BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN	
4.1 Anggaran Biaya	12
4.2 Jadwal Penelitian	12
DAFTAR PUSTAKA	13
	14
LAMPIRAN	
Lampiran 1. Justifikasi Anggaran Penelitian	
Lampiran 2. Dukungan sarana dan prasarana	
Lampiran 3. Susunan organisasi dan pembagian tugas	
Lampiran 4. Biodata Ketua dan Anggota	
Lampiran 5. Surat pernyataan ketua peneliti	

RINGKASAN

Teknologi telekomunikasi khusus dalam transmisi sinyal elektromagnetik sangat dibutuhkan efisiensi, dan kualitas yg baik. Transmisi sinyal digital mampu memenuhi hal tersebut yaitu sistem yang efisien dan kualitas yang baik. Sinyal informasi yang berupa sinyal analog atau kontinyu tidak dapat ditransmisikan dengan sistem digital, harus diproses terlebih dahulu yaitu dilakukan perubahan sinyal analog menjadi sinyal digital sebelum di transmisikan secara digital. Oleh karena itu dibutuhkan alat yang dapat mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital, yaitu Sistem konversi Analog ke Digital (ADC). Rancang bangun sistem modulator digital yaitu: Delta Modulasi. Sistem ini akan menggunakan metode modulasi prediksi atau pendekatan antara sinyal informasi dan sinyal pembanding berupa step tangga. Sinyal keluaran berupa logika 1 ketika informasi lebih besar dari step tangga, dan berlogika 0 ketika sinyal informasi lebih kecil dibanding dengan sinyal step tangga. Step tangga yang baik untuk Delta Modulasi ketika frekuensi sampling tinggi, dengan sampling tinggi akan memperkecil noise yang akan muncul. Transmisi Digital dapat melayani transmisi kecepatan tinggi. Sistem Digital memiliki proses regenerasi sinyal , (yaitu sistem yang membangkitkan sinyal pulsa di penerima yang sama dengan sinyal yang ditransmisikan/dikirim) sehingga sistem menjadi handal. Delta modulasi akan membangkitkan bit/pulsa dari sinyal analog. Delta Modulasi terbentuk beberapa blok rangkaian, yaitu differential amplifier, komparator, clock and pulse generator, integrator dan low pass filter. Rangkaian Delta modulator akan menampilkan proses perubahan sinyal secara sederhana. Menghasilkan sebuah sistem A/D dan D/A, yaitu prototipe sistem Delta Modulasi.

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Informasi berupa sinyal analog sangat mudah terganggu yaitu amplitude dan frekuensinya. Hal ini terjadi ketika amplitude teredam/terdistorsi, dan sinyal terinterfrensi dengan gelombang listrik yang memiliki frekuensi hal ini membuat kualitas informasi akan kurang baik. Karena itu transmisi sinyal analog bermigrasi ke transmisi sinyal digital, maka dibutuhkan sistem yang akan membantu terwujudnya transmisi digital, hal ini antara lain sistem delta modulasi. Delta Modulasi merupakan sistem yang dapat mengubah sinyal kontinyu menjadi pulsa. Untuk melihat proses perubahan sinyal analog ke digital, dibutuhkan tampilan sistem pengolahan sinyal digital ini dilakukan oleh delta modulasi, untuk menampilkan langkah setiap perubahan sinyal . Modulasi Delta merupakan sebuah teknik modulasi sinyal input analog didekati melalui fungsi tangga yang bergerak naik turun dengan satu level kuantisasi pada setiap interval sampling. Bentuk fungsi tangga dengan proses pendekatan bentuk gelombang sinyal informasi. Modulasi Delta pada dasarnya tersusun atas beberapa blok rangkaian, yaitu differential amplifier, komparator, clock and pulse generator, integrator dan low pass filter. Semua rangkaian tersebut tersusun sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan modulasi delta dengan baik. Dalam modulasi delta, data yang dikirimkan dikurangi menjadi aliran data 1-bit. Fitur utamanya adalah: sinyal analog didekati dengan serangkaian segmen setiap segmen dari sinyal didekati dibandingkan dengan gelombang analog asli untuk menentukan kenaikan atau penurunan amplitudo relative proses keputusan untuk mendirikan kumpulan bit berurutan ditentukan oleh perbandingan ini, hanya perubahan informasi yang dikirim, yaitu, hanya peningkatan atau penurunan amplitudo sinyal dari sampel sebelumnya dikirim sedangkan kondisi tidak ada perubahan menyebabkan sinyal termodulasi untuk tetap berada di keadaan 0 atau 1 yang sama dari sampel sebelumnya. Untuk mencapai tinggi signal to noise rasio, delta modulasi harus menggunakan oversampling teknik, yaitu, sinyal analog adalah sampel pada tingkat yang beberapa kali lebih tinggi daripada laju Nyquist . (Sumber: Model Transmisi Digital Modulasi Delta, Iwan Handoyo Putro).

1.2 Tujuan khusus penelitian

Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah untuk:

- a. Merancang bangun sistem Delta Modulasi.

b. Membuat sistem Modulasi Delta.

1.3 Urgensi penelitian

Penelitian ini adalah untuk pembuatan sistem modulasi digital yaitu Delta modulasi. Sistem ini akan memperlihatkan proses perubahan sinyal analog menjadi sinyal digital berupa bit 1 dan bit nol.

1.4 Temuan dan Luaran yang Ditargetkan

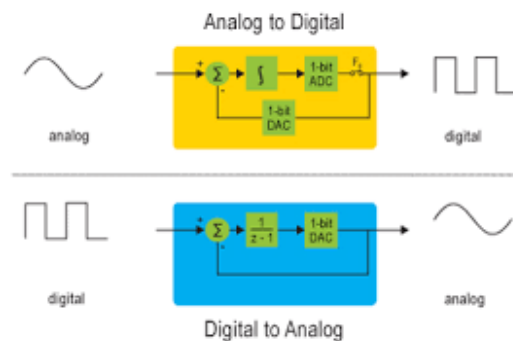
Penelitian ini diharapkan menghasilkan sebuah prototype sistem Delta Modulasi. Proses digitalisasi yaitu konversi sinyal yang lebih optimal dapat dilihat outputnya. Hasil penelitian ini akan memberikan prototype yang akan menunjang teoritis dan meningkatkan pengetahuan berupa teknik modulasi digital yang dapat diimplementasikan untuk menunjang mata kuliah Sistem Komunikasi dan Praktikum Komunikasi Digital di program studi Teknik Telekomunikasi jurusan Teknik elektro PNUP.

Luaran hasil penelitian ini akan berupa publikasi prosiding skala Nasional. Karya ilmiah akan dikirimkan ke pilihan Jurnal Elekterika.

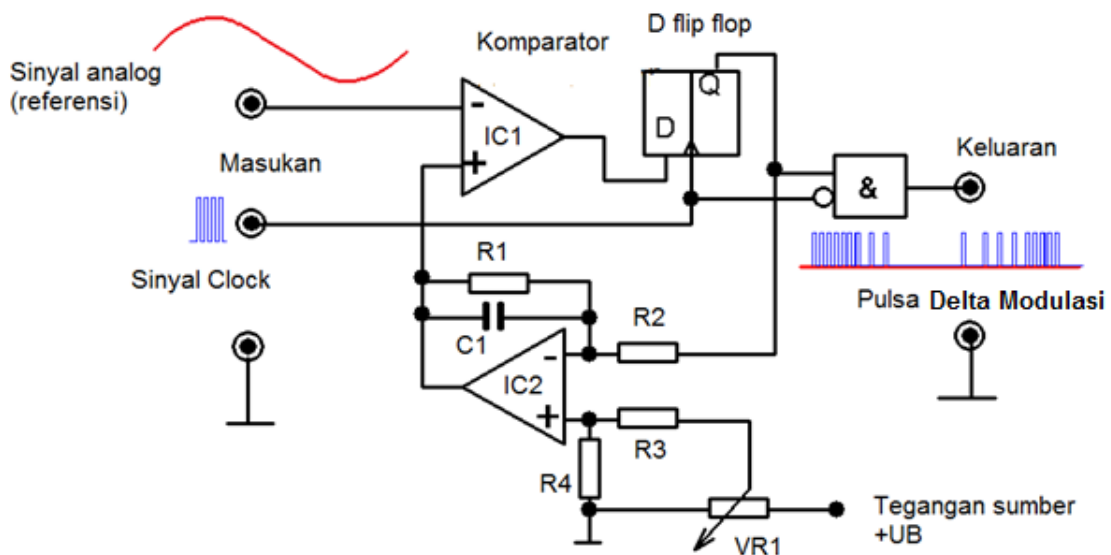
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Delta Modulator

Pada sistem modulasi Delta, informasi berupa sinyal input analog akan dikodekan menjadi pulsa-pulsa digital, melalui rangkaian analog-to-digital-converter. Sinyal input analog sebagai sinyal referensi dikomparasikan dengan sinyal clock melalui sebuah rangkaian komparator.



Gambar 1. Konversi sinyal analog ke digital dan digital ke analog.



Gambar 2. Delta modulator.

Seperti terlihat pada Gambar 2, sinyal clock akan mengikuti pola sinyal analog sebagai referensi dengan cara mengikuti sinyal analog. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses ini adalah:

- Pada saat sinyal analog memiliki amplitudo yang meningkat naik, maka sinyal clock akan mengikutinya. Pada kondisi ini keluaran dari komparator adalah pulsa-pulsa clock memiliki level positif.

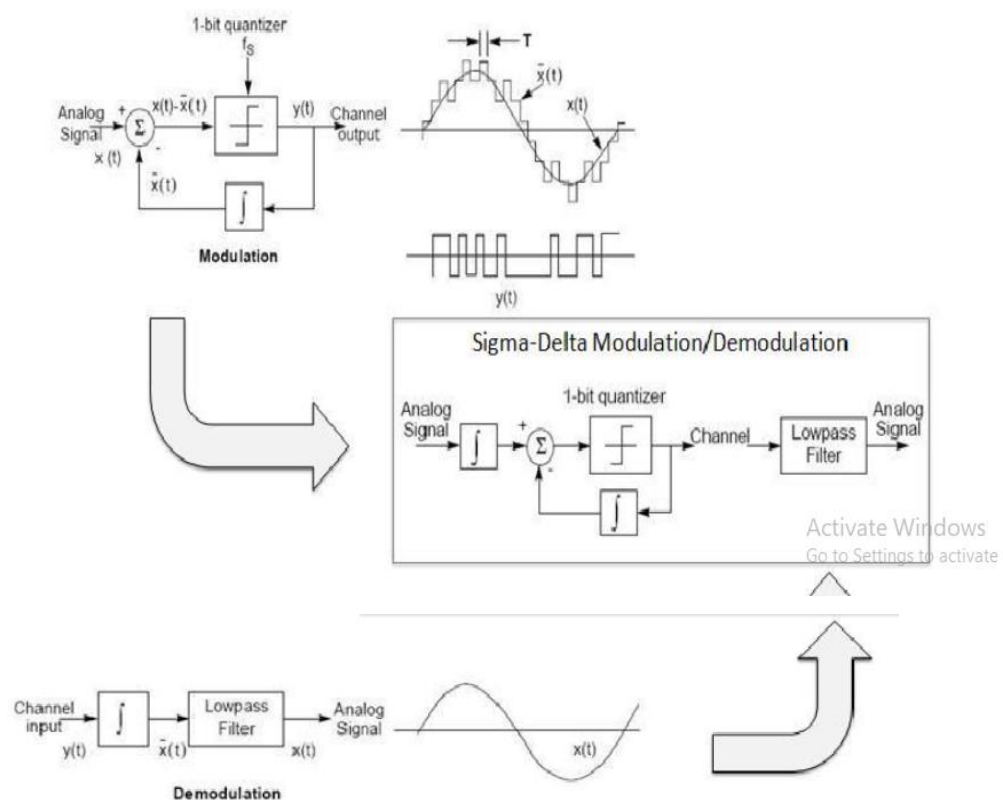
- Pada saat kondisi sinyal analog tidak ada perubahan level sinyal yang cukup besar, maka sinyal clock akan berada secara kontinu pada level di atas dan di bawah tegangan referensi analog secara periodik, sehingga keluaran dari rangkaian komparator adalah pulsa-pulsa sinyal clock dengan polaritas positif dan negatif bergantian secara periodik.
- Pada saat sinyal referensi analog menurun level tegangannya, maka akan diikuti oleh gerakan sinyal clock. Pada kondisi ini, keluaran dari komparator adalah pulsa-pulsa dari sinyal clock yang memiliki level negatif.

Dengan demikian, keluaran pulsa-pulsa dari komparator adalah sederetan pulsa yang mengandung informasi level tegangan. Pulsa-pulsa tersebut siap dikirim ke penerima melalui medium dengan kualitas reproduksi yang lebih bagus, karena pada prinsipnya pulsa-pulsa digital hanya mengenal logik high dan low. Sehingga pada penerima, sejelek apapun kualitas sinyal digital yang diterima, akan diperbaiki melalui sebuah rangkaian regenerator dengan menguatkan pulsa-pulsa digital tersebut. Dengan demikian akan didapatkan informasi yang jelas tentang kedudukan pulsa (high maupun low), untuk dikembalikan (demodulasi) ke dalam bentuk informasi awal (sinyal referensi).

Modulator ini terdiri dari quantizer yang mengubah perbedaan antara sinyal input dan rata-rata dari langkah-langkah sebelumnya. Dalam bentuk yang paling sederhana, quantizer dapat diwujudkan dengan pembanding direferensikan ke 0 (dua tingkat quantizer), yaitu output 1 jika sinyal input positif atau 0 negatif. Dari Gambar keluaran dari penguat diferensial diumpankan pada sebuah komparator. Komparator akan berada dalam kejenuhan (saturation), baik positif maupun negatif, tergantung pada polaritas dari tegangan selisih antara sinyal-sinyal masukan dari penguat diferensial. Jadi keluaran akan sama dengan $+/- 1$, tanpa memandang daerah di tengah yang dapat mempunyai dua arti. Modulator menerima serentetan pulsa-pulsa unipolar $p_i(t)$ yang berulang sesuai dengan laju pengambilan sampel yang dikehendaki dan memancarkannya baik secara langsung untuk suatu masukan $+1$ atau membalikkan polaritas untuk suatu masukan -1 . Sinyal ini dipancarkan sebagai sinyal keluaran $p_o(t)$ dan juga diteruskan ke sebuah rangkaian integrator lokal. Integrator ini menyebabkan $m'(t)$ naik atau turun dengan suatu tinggi langkah yang tetap untuk setiap pulsa $+1$ atau -1 . Prinsip kerja modulasi delta adalah pemancaran rentetan pulsa-pulsa dengan lebar-tetap, yang polaritasnya menunjukkan apakah keluaran demodulator

harus naik atau turun pada masing-masing pulsa. Keluaran dibuat naik atau turun oleh suatu tinggi langkah yang tetap pada masing-masing pulsa. Gambar 2 memperlihatkan jalannya proses pengolahan sinyal dengan modulasi delta Pada penerima, sebuah regenerator membentuk kembali sinyal yang diterima dan menghilangkan sebagian besar kebisingan. Sinyal kemudian dimasukkan ke sebuah integrator yang lain, yang menyusun kembali $m'(t)$, bentuk gelombang tangga tersebut. Sinyal ini kemudian diteruskan lewat sebuah filter low-pass untuk menghilangkan kebisingan kuantisasi, sehingga hanya akan tertinggal sebuah replika (tiruan) $m''(t)$ dari sinyal asli. (Sumber :

Teknik Modulasi Delta membutuhkan oversampling untuk mendapatkan prediksi yang akurat dari input berikutnya. (Oversampling berarti bahwa sinyal sampel lebih cepat daripada yang diperlukan. Karena setiap sampel dikodekan mengandung jumlah sistem informasi yang kecil). \emptyset Modulasi memerlukan sistem sampling yang lebih tinggi tingkat dari system. Modulasi Delta merupakan sebuah teknik modulasi sinyal input analog didekati melalui fungsi tangga yang bergerak naik turun dengan satu level kuantisasi pada setiap interval sampling. Modulasi Delta merupakan sebuah teknik modulasi sinyal input analog didekati melalui fungsi tangga yang bergerak naik turun dengan satu level kuantisasi pada setiap interval sampling.

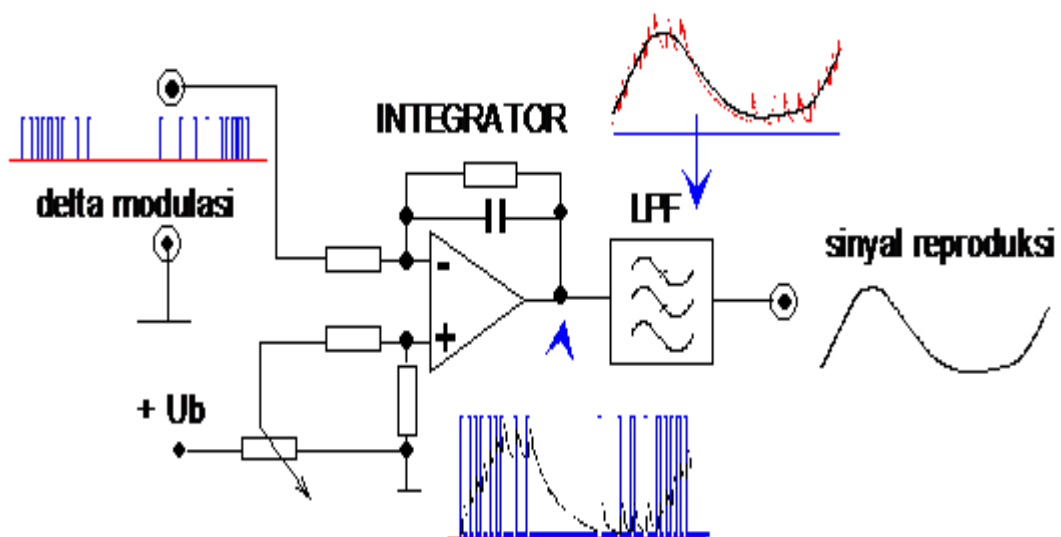


Gambar 3. Delta modulator dan demodulator (Integrator).

2.2 Delta Demodulator

Pada sisi penerima, pulsa-pulsa dari delta modulasi akan diolah kembali ke dalam sinyal analog. Pengolahan ini tidak dilakukan dengan menggunakan rangkaian digital to analog converter (DAC), melainkan melalui sebuah integrator yang dibentuk dengan sebuah Low Pass Filter (LPF), Schreier (2005).

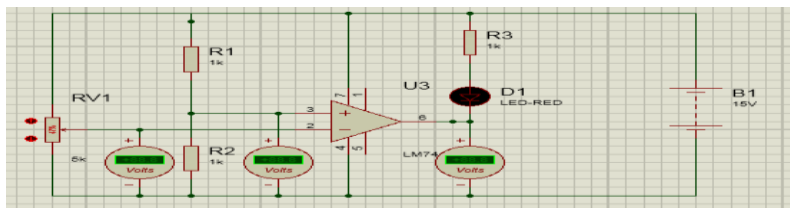
Sinyal digital hasil reproduksi tersebut dikembalikan oleh rangkaian delta demodulator, dipulihkan jadi sinyal analog dengan rangkaian integrator untuk mengembalikan sinyal informasi. Blok sistem Delta Demodulator dan bentuk sinyal keluaran diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Delta demodulator (Integrator).

Integrator merupakan bentuk low-pass filter. Untuk memperhalus sinyal reproduksi, maka diperlukan rangkaian Low Pass Filter dengan tingkatan yang lebih tinggi.

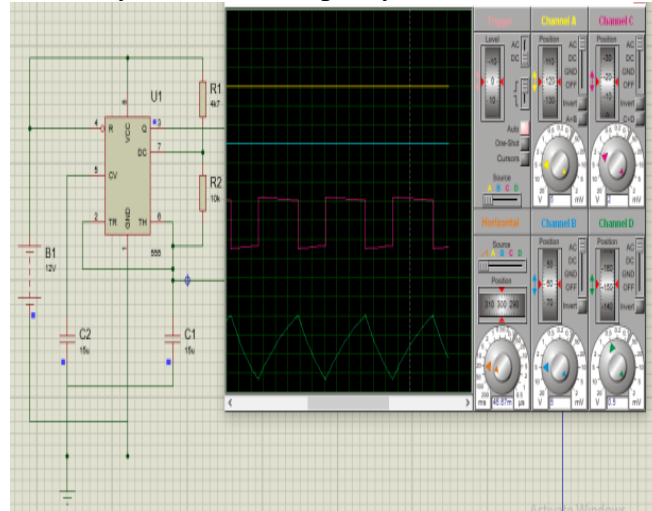
2.2.1. Komparator adalah komponen elektronik yang berfungsi membandingkan dua nilai kemudian memberikan hasilnya, mana yang lebih besar dan mana yang lebih kecil.



Gambar 5. Rangkaian Integrator.

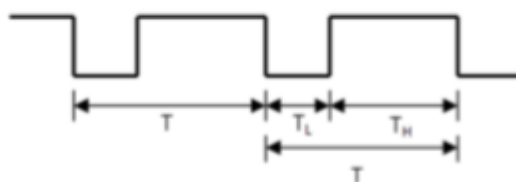
2.2.2. Integrator, pada dasarnya merupakan filter lulus-bawah yang terdiri dari resistor deret dan kondensator jajar. Karena reaktansi kondensator jatuh kalau frekuensinya naik, rangkaian ini menghilangkan komponen frekuensi tinggi dari suatu masukan.

2.2.3. Derivator, Fungsi **rangkaian** untuk menghasilkan tegangan yang merupakan fungsi dari tegangan input diferensial waktu. **Diferensiator** sirkuit pada dasarnya sebuah pass filter untuk kondensor yang terdiri dari seri dan resistor seri. Pada penguat diferensial terdapat dua sinyal masukan (input) yaitu V1 dan V2.



Gambar 6. Rangkaian Integrator.

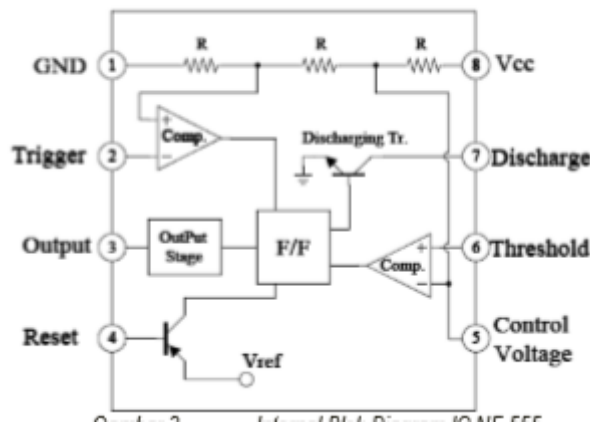
2.2.4. Clock/pulsa , Multivibrator Astabil digunakan sebagai osilator yang menghasilkan gelombang kotak (clock) atau pulsa berbentuk segiempat. Multivibrator Astabil merupakan suatu rangkaian yang keluarannya tidak dapat stabil pada satu keadaan, tetapi berubah secara terus menerus dari keadaan 0 ke keadaan 1 berulang secara bergantian. Multivibrator Astabil biasa digunakan sebagai osilator yang menghasilkan gelombang kotak (square) atau pulsa berbentuk segiempat. Pulsa ini berfungsi untuk detak penghitung, mengatur waktu atau kerja suatu sistem digital dan lainlain. Masalah yang biasa terjadi pada multivibrator astabil berkaitan dengan kestabilan frekuensi keluaran yang dihasilkan. Penggunaan Multivibrator Astabil digunakan pada rangkaian digital untuk membangkitkan rentetan gelombang kotak untuk keperluan pendetakan (clock) atau dengan kata lain berfungsi sebagai clock generator.



Gambar 7. Periode Gelombang pada Pulsa

Pada gambar dapat dilihat pulsa yang dihasilkan memiliki periode (T), dimana dalam satu periode terdapat periode saat pulsa low (0), yang sering disebut periode TL terdapat periode saat pulsa high (1), yang sering disebut periode TH.

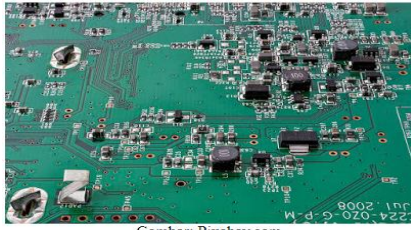
Ada banyak cara untuk menyusun rangkaian multivibrator astabil, diantaranya dengan menggunakan transistor, gerbang logika dan menggunakan IC 555. Multivibrator Astabil yang akan dijelaskan pada modul ini adalah yang disusun menggunakan IC 555. IC 555



Gambar 8. Internal Blok Diagram IC NE 555.

IC NE555 merupakan pengendali yang sangat stabil yang mampu menghasilkan pulsa waktu yang akurat. IC ini dapat dikonfigurasi sebagai multivibrator astabil dan monostabil. Pada operasi monostabil, time delay dikendalikan oleh satu resistor eksternal dan satu kapasitor. Pada operasi astabil, frekuensi dan duty cycle dikontrol secara akurat oleh dua buah resistor dan satu kapasitor. Pada prinsipnya, IC ini terdiri dari dua pembanding tegangan, satu flip-flop, satu penguat akhir, satu transistor dan tiga resistor tetap masing-masing 5 k Ω . Tegangan acuan yang dihasilkan oleh ketiga resistor terhadap pembanding tegangan adalah $1/3 V_{cc}$ dan $2/3 V_{cc}$.

2.2.5. Filter, Filter adalah suatu alat untuk melewatkan frekuensi yang diinginkan dan menghilangkan frekuensi yang tidak dibutuhkan. Filter memiliki tugas spesifik dalam sistem, Filter merupakan suatu rangkaian yang berfungsi untuk melewatkan, output pada frekuensi yang diinginkan. Filter analog adalah filter melewatkan sinyal analog. Filter analog berupa rangkaian yang terdiri dari komponen R-L-C. Filter digital adalah filter yang melewatkan sinyal digital. Filter digital dalam bentuk IC (integrated Circuit) atau mikrokontroler, dapat mengatur nilai sinyal yang dilewatkan dengan komputerisasi.

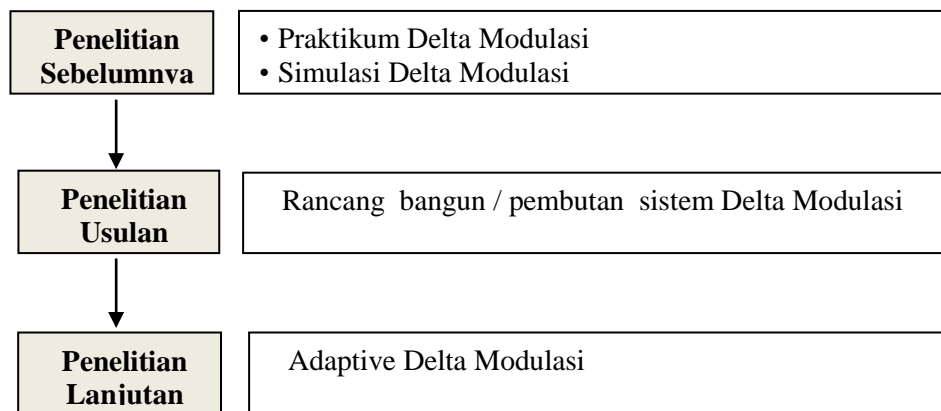


Gambar 9. Rangkaian Integrator.

2.3 Studi pendahuluan yang telah dilakukan

Studi dasar teknik modulasi Delta telah dilaksanakan dalam beberapa kegiatan praktikum di Laboratorium Komunikasi Digital jurusan Teknik Elektro PNUP. Terdapat satu job-sheet yang tersedia mengenai Modulasi Delta. Studi pendahuluan yang dilaksanakan masih seputar proses modulasi dasarnya, dimulai dari pembentukan sinyal input, proses modulasi dan output yang dihasilkan.

Gambar 10 menunjukkan *road map* tentang topik penelitian yang akan dilaksanakan.



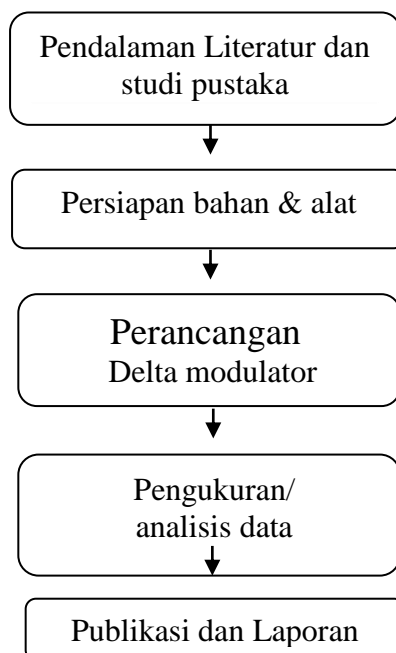
Gambar 10. Road map penelitian.

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Siskomdat (Sistem Komunikasi dan Data) jurusan Teknik Elektro PNUP. Waktu pelaksanaan dilakukan selama 8 bulan (April – November) tahun 2019.

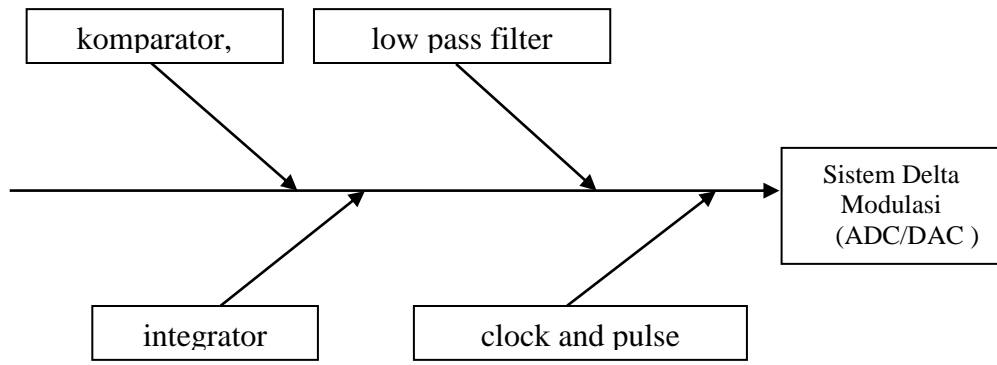
3.2 Tahapan penelitian



Gambar 11. Urutan pekerjaan pada usulan penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan dengan perancangan sistem Delta Modulator. Proses perancangan sistem integrator, sistem komparator, sistem filter. Pengukuran langsung menggunakan alat/peralatan di lab yang tersedia. Langkah-langkah kerja penelitian meliputi perancangan, persiapan pengadaan bahan & alat, pengerjaan pembuatan dan analisis data serta membuat laporan. Persiapan meliputi pengadaan bahan & alat dan pendalaman literature. Pengerjaan pengukuran dan analisa data. Tahap akhir meliputi evaluasi dan laporan tertulis. Laporan ini dapat tertuang dalam bentuk draft tulisan karya ilmiah dan laporan penelitian. Adapun urutan pekerjaan dapat dilihat pada bagan Gambar 11. Blok sistem Delta modulator yang diusulkan, merupakan dasar perancangan dan realisasi pembuatan sistem.

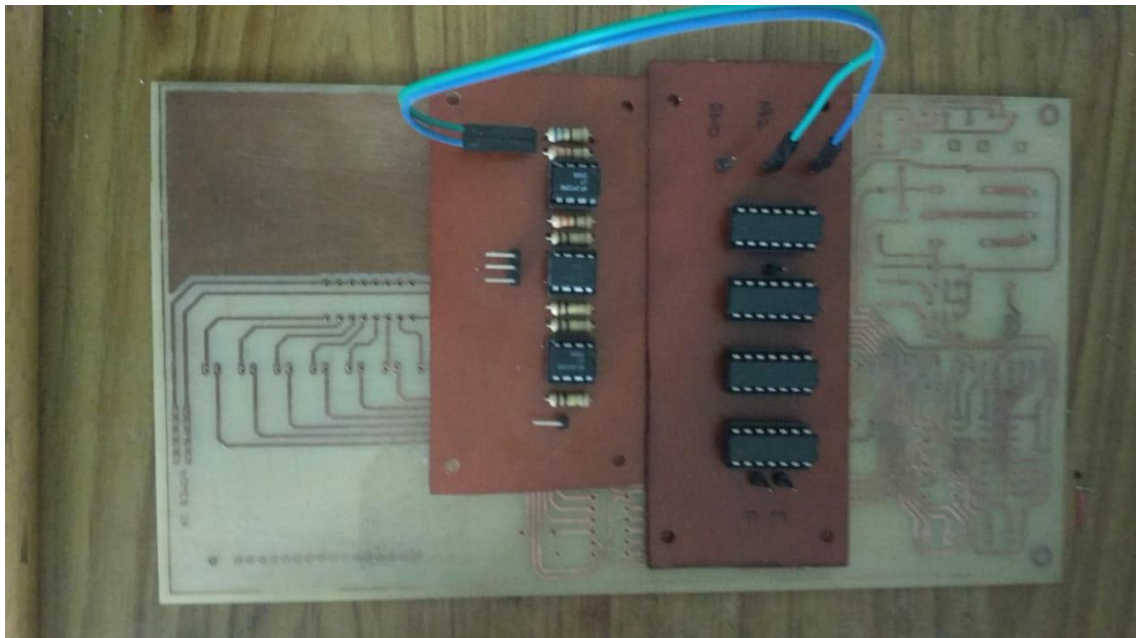
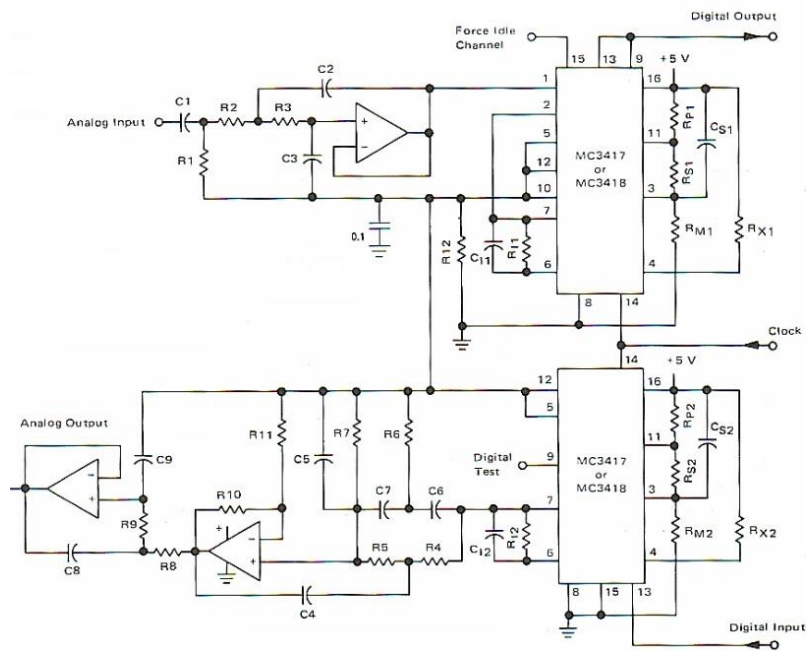
Delta Modulator dikerjakan sesuai dengan Fish Bone pada Gambar 12. Terdiri atas differential amplifier, komparator, clock and pulse generator, integrator dan low pass filter.



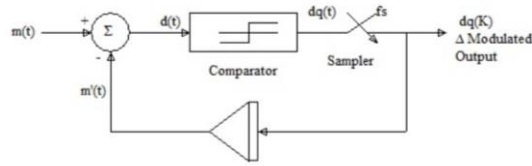
Gambar 12. Fishbone alur penelitian.

BAB IV. HASIL PENELITIAN

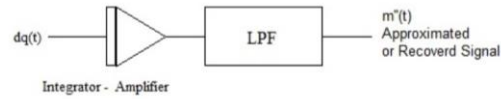
Penelitian ini memuat rangkaian Delta Modulation.



Gambar BLOK DIAGRAM

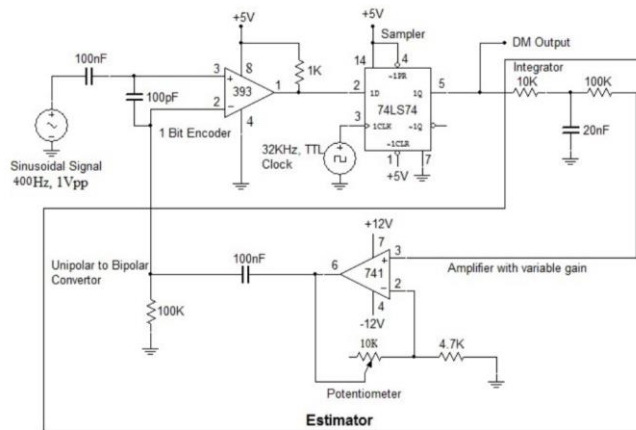


Gambar 1. DELTA MODULATOR

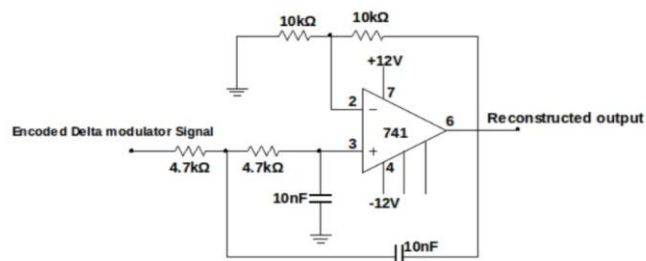


Gambar 2. DELTA MODULATOR

Gambar Skematik



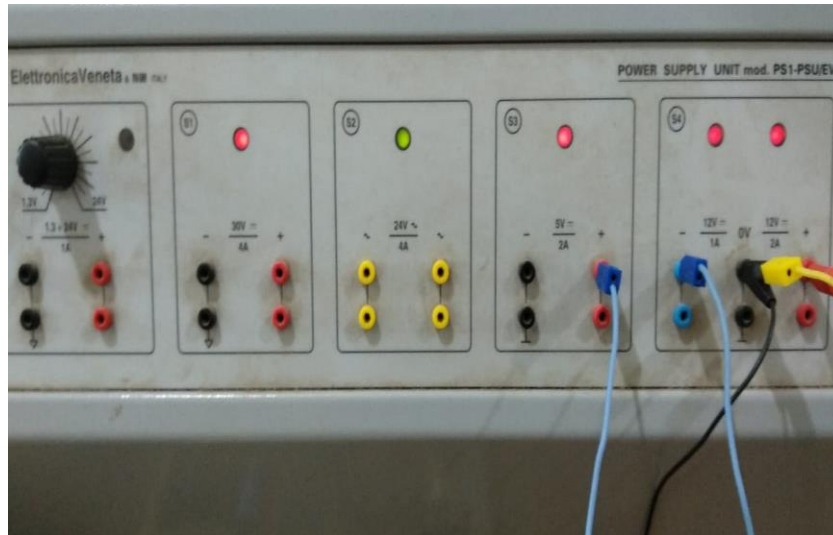
Gambar 3. Skematik DELTA MODULATOR



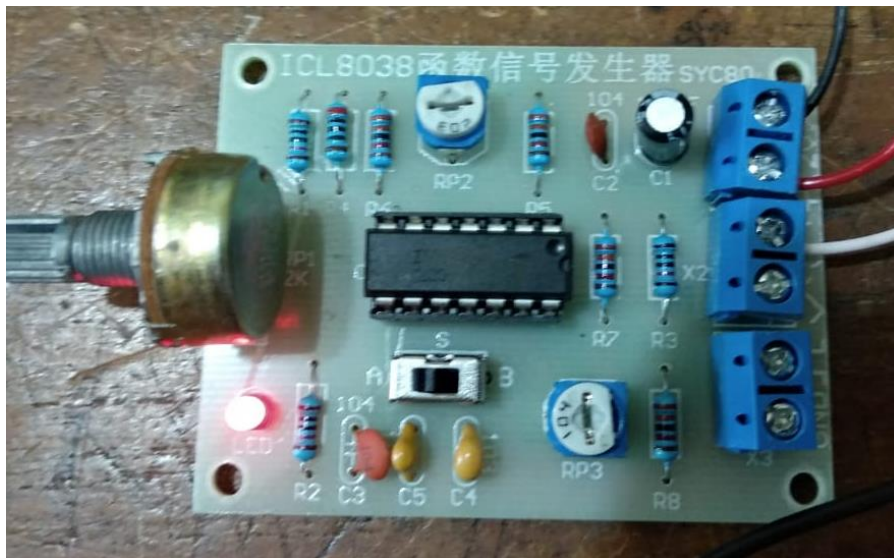
Gambar 4. Skematik Delta Modulator

Gambar Alat Yang digunakan dan Hasil Pengukuran

1. Power supply



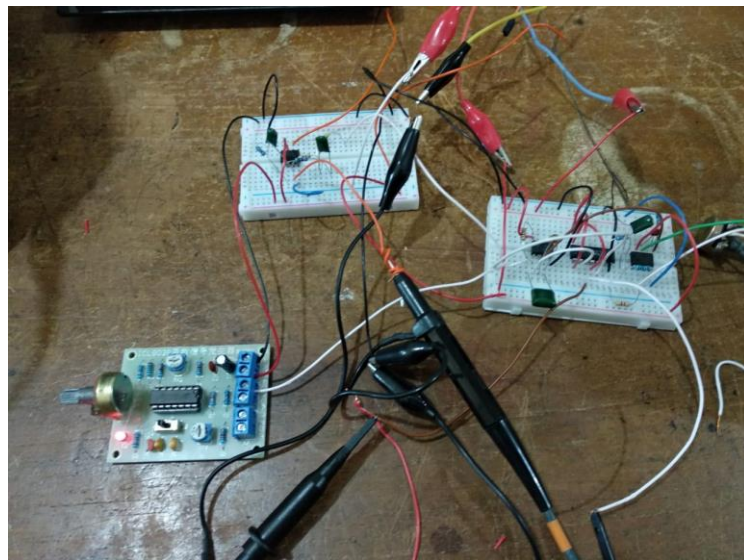
2. Pembangkit Sinyal Informasi 500 Hz – 5 KHz



3. Pembangkit Sinyal 32 KHz



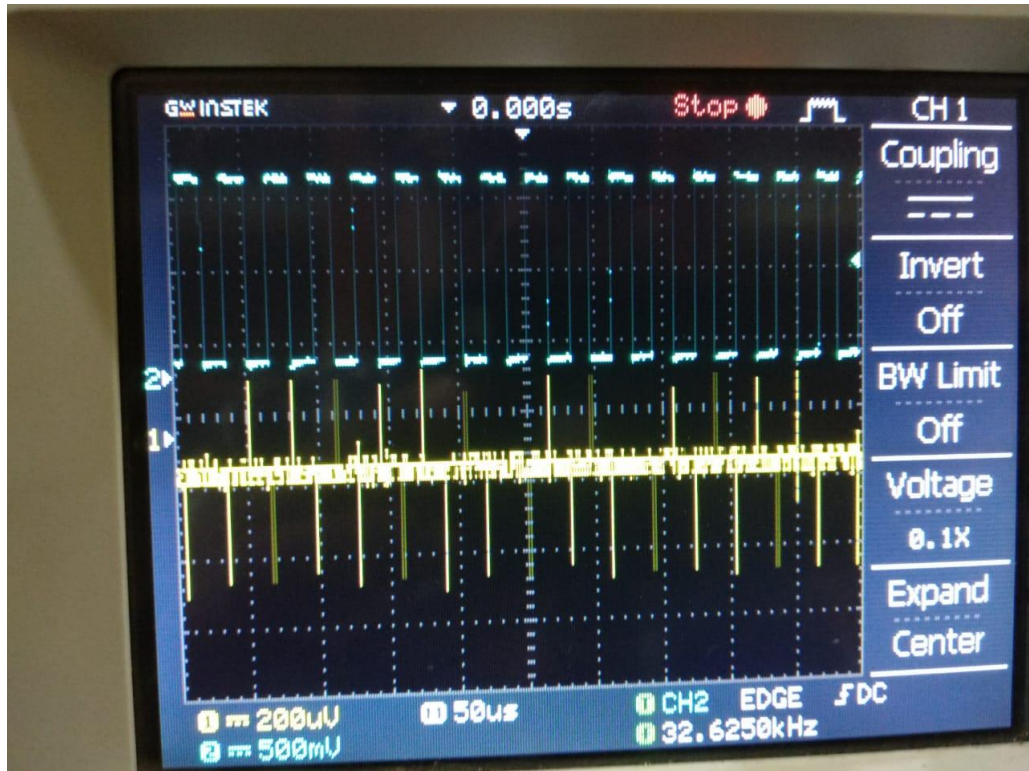
4. Gambar Percobaan



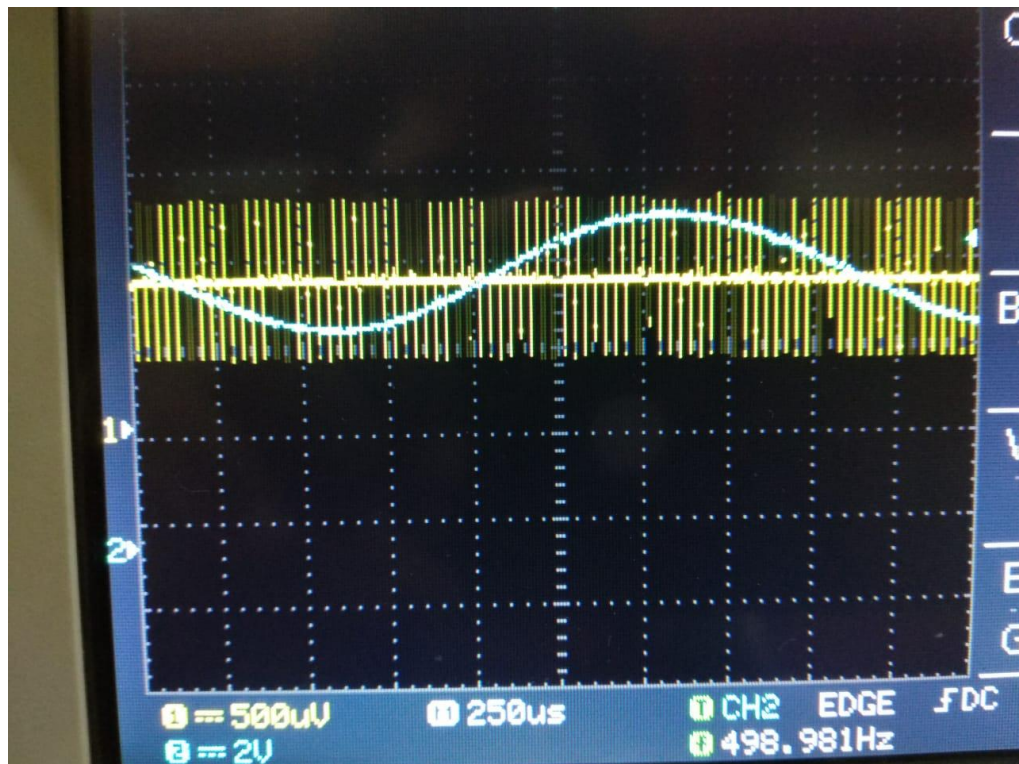
5. Gambar Sinyal Input 500 Hz dan Sinyal Clock 32 KHz



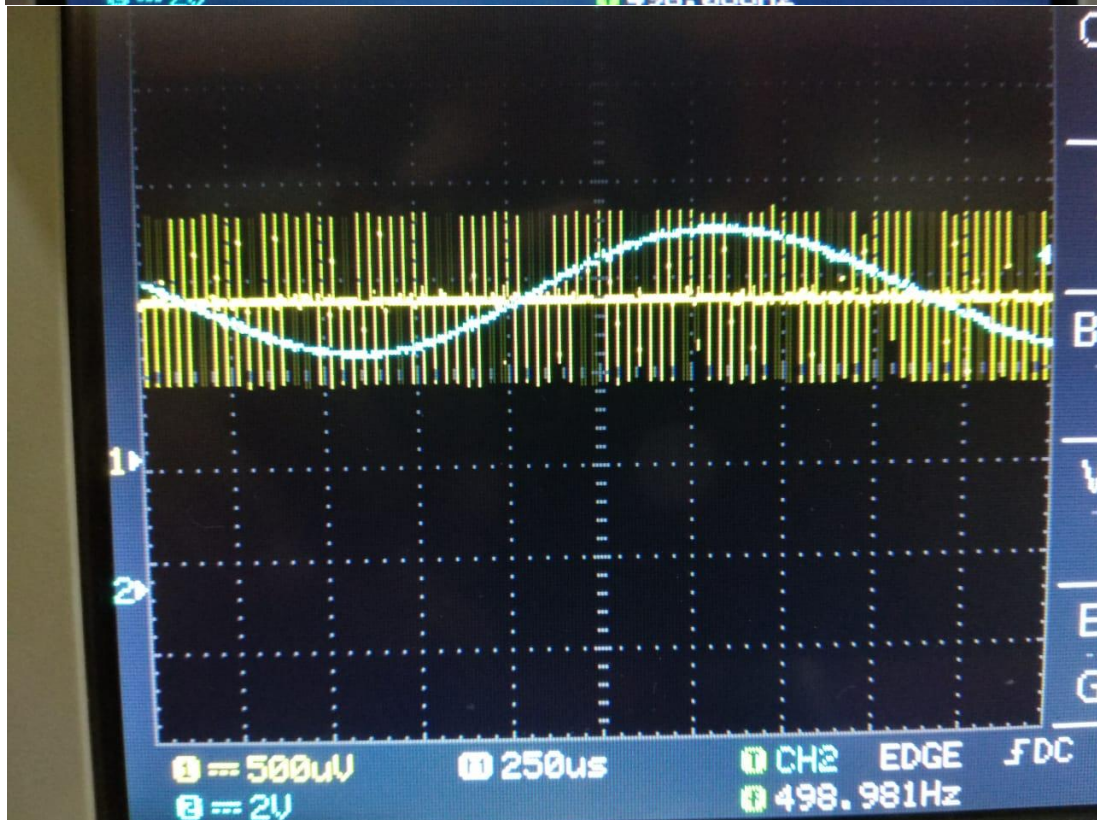
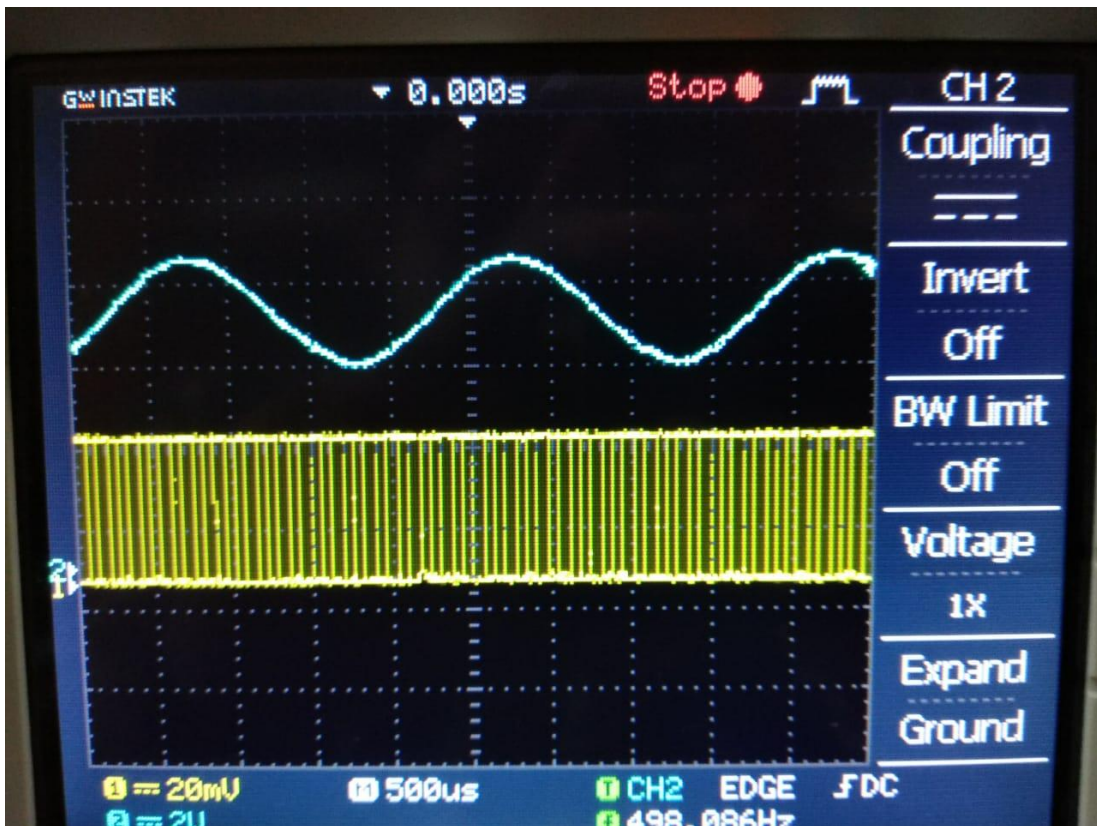
6. Sinyal Clock dan Output Delta Modulator

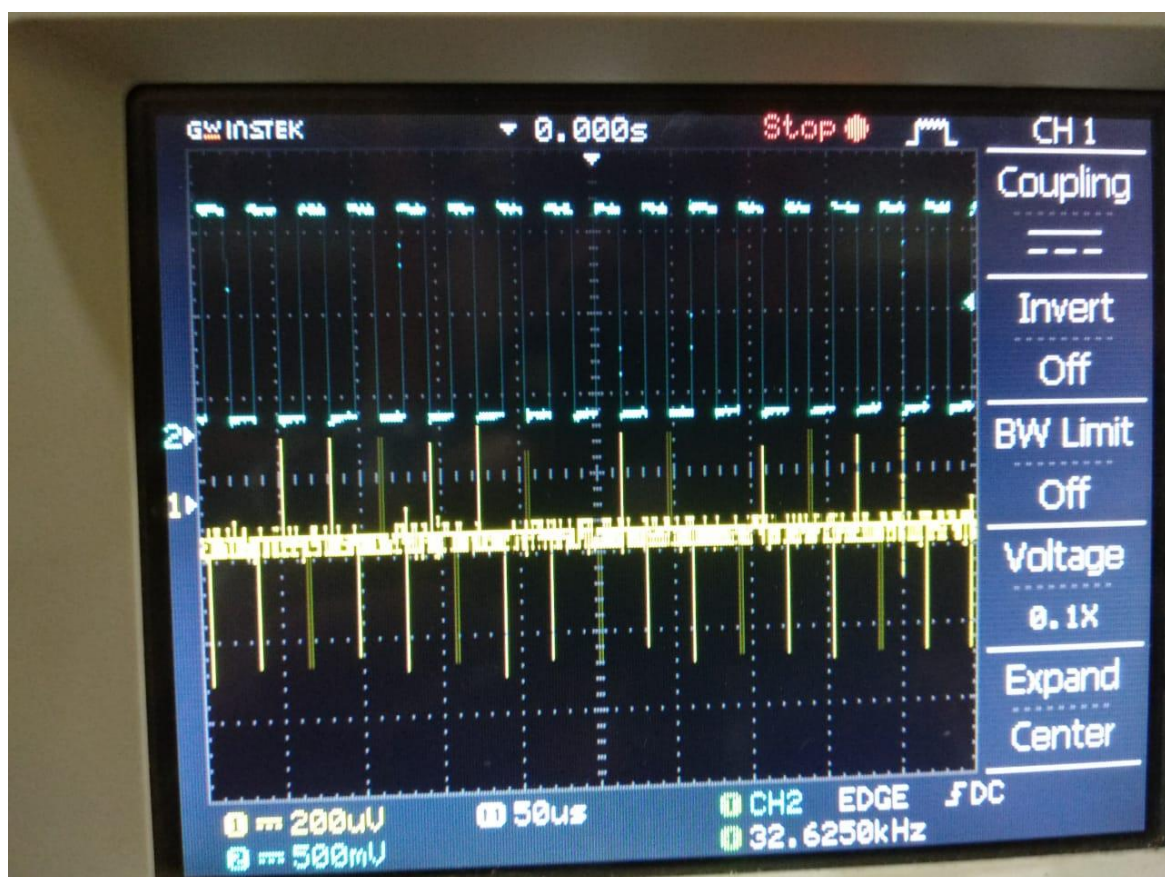
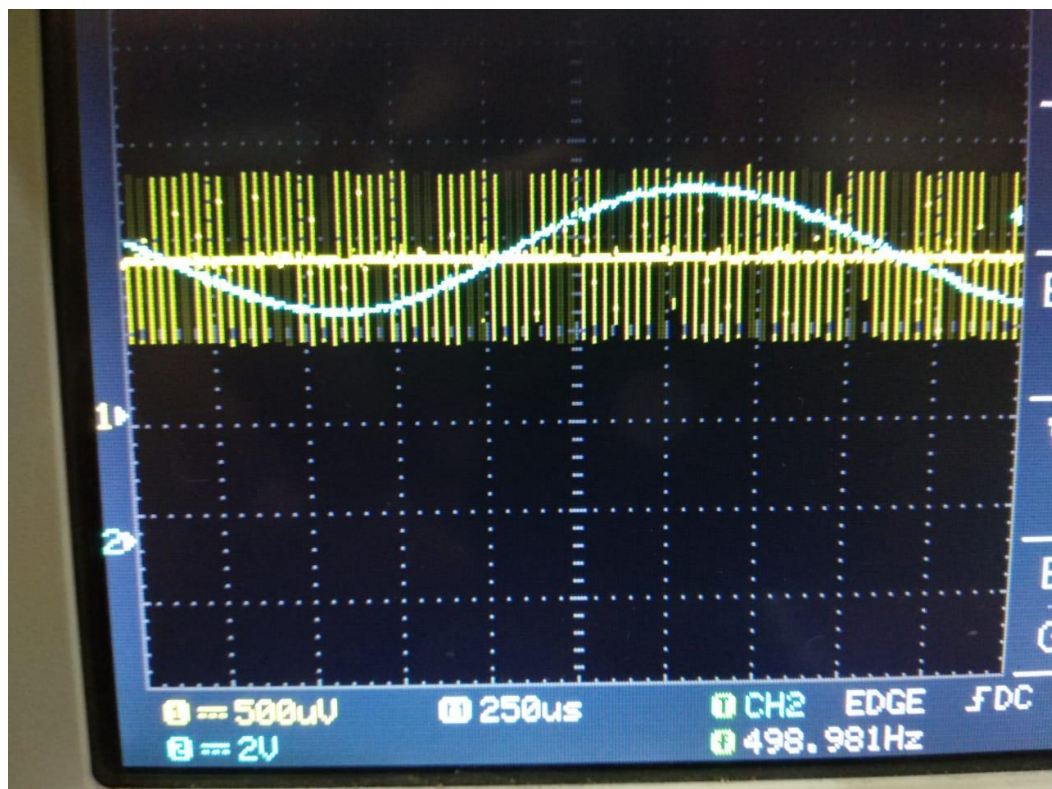


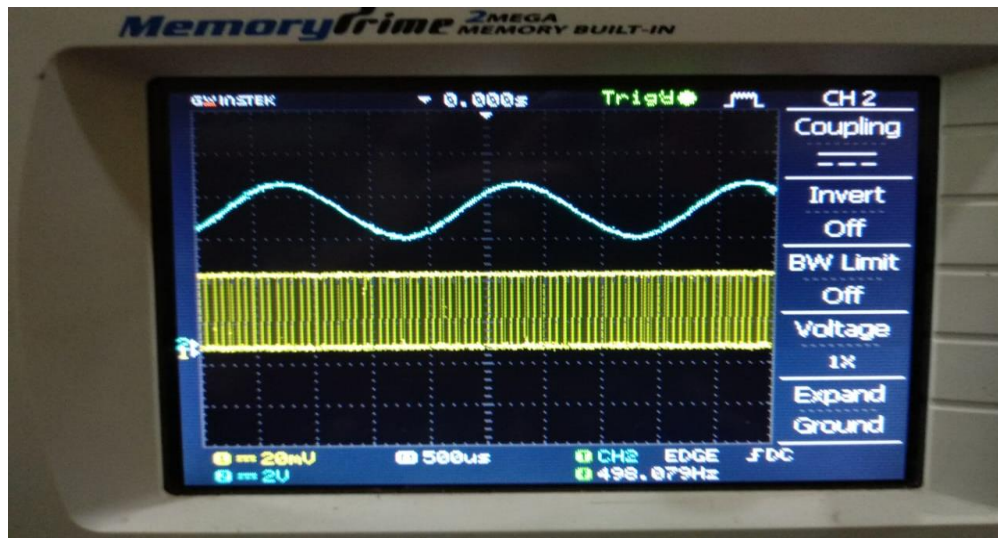
7. Sinyal Input dan Output Delta Modulator



8. Sinyal Input Dan Step Tangga Delta Modulator







BAB V KESIMPULAN

Dari hasil rancang bangun Delta Modulasi disimpulkan ketika Sinyal analog di inputkan ke sistem Delta Modulasi akan mengubah menjadi pulsa-pulsa.

DAFTAR PUSTAKA

1. **Haykin, Simon.** (2001), *Communication Systems*, John Wiley & Sons Inc, 31-169.
2. **Proakis, G. John.** (1995), *Digital Communications*, McGraw-Hill, Inc, 1-277.
3. F. M. Ghannouchi, (2010). *Power amplifier and transmitter architectures for software defined radio systems*. *Circuits and Systems Magazine, IEEE*, vol. 10, hal. 56-63.
4. Jayant, N., 1970. Adaptive Delta Modulation with a One-Bit Memory. *Bell System Technical Journal*, 49(3), pp.321-342.
5. K. R. Santhi, V. K. Srivastava, G. SenthilKumaran, dan A. Butare. (2003). *Goals of true broad band's wireless next wave (4G-5G)*. IEEE Conference on Vehicular Technology (VTC), hal. 2317-2321, vol.4.
6. M. Helaoui, S. Hatami, R. Negra, dan F. M. Ghannouchi, (2008). *A novel architecture of delta-sigma modulator enabling all-digital multiband multistandard RF transmitters design*. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, , vol. 55, hal. 1129-1133.
7. Norsworthy, S.R., Schreier, R. and Temes, G.C., (1996). *Delta-sigma data converters: theory, design, and simulation*. Wiley-IEEE Press.
8. R. Reni Rahmiyani, Heroe Wijanto dan Iwan Iwut T., 2007. *Perancangan dan realisasi modulator delta menggunakan integrator rangkap*. Tugas akhir: Telkom University.
9. R. Schreier, G. C. Temes, dan J. Wiley, (2005). *Understanding delta-sigma data converters*. IEEE press Piscataway, NJ, vol. 74.
10. S. Frattasi, H. Fathi, F. H. Fitzek, R. Prasad, dan M. D. Katz, (2006). *Defining 4G technology from the users perspective*. *IEEE Network*, vol. 20, hal. 35-41.