

Kode/Nama Rumpun Ilmu:  
453/Teknik Telekomunikasi

**LAPORAN HASIL  
PENELITIAN FUNDAMENTAL**



**FENOMENA NOISE SHAPING DAN HARMONIK PADA  
SIGMA DELTA BASED RF TRANSMITER UNTUK APLIKASI  
SOFTWARE RADIO MULTIBAND**

**TIM PENELITIAN**

Sirmayanti, S.T., M.Eng, P.hD / 0030037902 (Ketua)

Lidemar Halide, S.T., MT / 0013047001 (Anggota)

Dibiayai oleh DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang,  
Sesuai dengan surat perjanjian Pelaksanaan Penelitian DIPA Politeknik Negeri Ujung  
Pandang Tahun Anggaran 2016  
Nomor Kontrak: 015a/PL10.10/PL/2016  
Tanggal: 15 April 2016

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

**NOVEMBER, 2016**

**HALAMAN PENGESAHAN  
PENELITIAN FUNDAMENTAL**

**Judul Penelitian** : Fenomena noise shaping dan harmonic pada Sigma Delta based RF transmitter untuk aplikasi software radio multiband

**Kode>Nama Rumpun Ilmu** :453 / Teknik Telekomunikasi

**Ketua Peneliti:**

a. Nama Lengkap : Sirmayanti, S.T., M.Eng., P.hD  
b. NIDN : 0030037902  
c. Jabatan Fungsional : Lektor  
d. Program Studi : Teknik Telekomunikasi  
e. Nomor HP : (+62) 82291298633  
f. Alamat surel (e-mail) : [sirma\\_yanti@yahoo.com](mailto:sirma_yanti@yahoo.com)

**Anggota Peneliti**

a. Nama Lengkap : Lidemar Halide, S.T., M.T.  
b. NIDN : 0013047001  
c. Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang

**Lama Penelitian Keseluruhan:** 1 tahun

**Penelitian Tahun ke :** 1

**Biaya Penelitian Keseluruhan :** 6.800.000,-

**Biaya Tahun Berjalan :** - diusulkan ke PNUP Rp. 6.800.000,-  
- *inkind* sebutkan: Tujuh juta rupiah.

Makassar. 10 November 2016



Mengetahui Ketua Jurusan,

Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T  
NIP. 19640405 199003 2 002

Ketua Peneliti,

Sirmavanti, S.T., M.Eng., P.hD  
NIP. 19790330 200112 2 001

Mengetahui dan Menyetujui,  
a.n Direktur  
Pembantu Direktur I

Ibrahim Abduh, S.ST., M.T  
NIP. 19680514 199303 1 001

Mengetahui/Menyetujui,  
Ka. UPPM



Ir. Suryanto, M.Sc., P.hD  
NIP. 19590826 198803 1 002

## RINGKASAN

Teknik dasar Sigma-Delta ( $\Sigma\Delta$ ) digunakan untuk mengelolah skema modulasi yang cukup kompleks pelaksanaannya seperti pada *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) sehingga dapat menghasilkan sebuah keluaran berupa sederetan binary bit ‘on’-‘off’ yang beroperasi tepat pada frekuensi carriernya. Amplitude signal yang dihasilkan akan disesuaikan melalui lebar pulsa binary tersebut, sedangkan fase signal yang dihasilkan akan disesuaikan posisi pulsanya. Selain itu, posisi awal pulsa binary secara berurut akan dikuantisasi sesuai dengan aturan system clock. Metode dasar penelitian yang berdasarkan skema Cartesian  $\Sigma\Delta$  dimana menggunakan filter Cartesian dan kuantisasi polar tepat diaplikasikan untuk mengatasi masalah noise dan segala gangguan harmonik hasil kuantisasi signal dari band signal yang kita harapkan.

Target kontribusi pertama pada penelitian ini adalah memperkenalkan metode proses kuantisasi digital  $\Sigma\Delta$ . Proses kuantisasi digital ini akan berpengaruh kepada ketepatan *signal-to-noise-ratio* (SNR) dan kompleksitas tingkat operasi aritmetik yang dihasilkan.

Target kontribusi kedua pada penelitian ini adalah memodifikasi perangkat-perangkat transceiver (pengirim-penerima) untuk system telekomunikasi yang umumnya masih menggunakan komponen analog (tradisional) menjadi komponen digital. Dengan adanya sinkronisasi pengolahan sinyal digital yang handal pada output kuantisasi digital  $\Sigma\Delta$  dapat diimplementasikan ke sistem sirkuit integrasi dan aplikasi software defined radio (SDR) yang multiband.

Salah satu permasalahan dan tantangan dalam digitalisasi system komunikasi wireless adalah fenomena noise shaping dan harmonik signal yang besar. Harmonik ini muncul setelah melalui proses kuantisasi. Harmonik signal merupakan gangguan signal (distorsi) terbesar karena menyebabkan interferensi dan mengurangi signal strength pada band signal yang diinginkan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa kedua fenomena tersebut dan metode menghilangkannya. Dengan demikian sistem transmisi digital wireless-RF (*fully digital*) dapat diaplikasikan melalui software radio berdaya rendah, murah dan bereffisiensi tinggi dimasa akan datang.

**Kata Kunci:** Sigma-Delta  $\Sigma\Delta$ , kuantisasi, DSP, harmonik signal, *noise shaping*, digital, wireless-RF transmitter, SDR.

## PRAKATA

*Bismillahirrahmaanirrahim.*

Dengan memanjatkan puji syukur atas limpahan segala rahmat kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas anugrahNya dan hidayahNya sehingga penelitian dengan judul "*Fenomena noise shaping dan harmonic pada Sigma Delta based RF transmitter untuk aplikasi software radio multiband*" dapat diselesaikan dengan tepat waktu.

Dengan selesainya penelitian ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat DIKTIDan kepada UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang atas kesempatan dan biaya yang diberikan untuk melakukan penelitian ini. Terima kasih juga untuk semua jajaran pimpinan PNUP dan rekan-rekan staf pengajar program studi Teknik Telekomunikasi PNUP serta kepada semua pihak yang telah membantu.

Penulis mengharapkan saran dan kritikan yang membangun dari berbagai pihak demi kesempurnaan hasil penelitian ini serta keberlanjutan peningkatan kualitas dan manfaatnya. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan pembangunan bangsa.

Makassar, November 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan yang telah diteliti	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Modulasi $\Sigma\Delta$	4
2.2 Arsitektur transmitter Modulasi $\Sigma\Delta$	5
2.3 Fenomena noise shaping dan harmonik	6
2.4 Studi pendahuluan yang pernah dilakukan	7
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	9
3.1 Tujuan Penelitian	9
3.2 Manfaat dan urgensi penelitian	9
BAB 4. METODE PENELITIAN	11
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	11
4.2 Instrumen Penelitian	11
4.3 Bagan alir penelitian	11
4.4 Langkah-langkah Penelitian	12
4.4.1 Pendalaman literature	12
4.4.2 Simulasi MATLAB	12
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	14
5.1 Karakteristik filter modulator $\Sigma\Delta$ order-1/MOD1 dan order-2/MOD2 serta analisis noise shaping	14
5.2 Pemodelan Kuantisasi digital $\Sigma\Delta$ dan fenomena harmonik	19
5.3. Konseptual digital block bagi sigma delta based RF transmitter untuk aplikasi software radio multiband	24
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	25
6.1 Kesimpulan Hasil	25
6.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN (Draft Artikel Ilmiah)	

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Kuantisasi level menurut OSR yang berbeda-beda

22

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Eliminasi komponen arsitektur wireless analog (atas) dengan arsitektur wireless digital (bawah) dengan struktur Sigma-Delta ( $\Sigma\Delta$ ).	2
Gambar 2.1. $\Sigma\Delta$ modulator sebagai A/D converter (atas) and D/A converter (bawah) beserta linear $z$ -domain pada $\Sigma\Delta$ modulator order-1 (MOD1).	4
Gambar 2.2. Arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$ .	5
Gambar 2.3. Road map pengembangan penelitian tentang arsitektur transmisi digital wireless-RF berbasis $\Sigma\Delta$ Modulasi.	7
Gambar 2.4. Peta penelitian yang telah dilakukan, yang sedang diusulkan dan arah rencana penelitian selanjutnya.	8
Gambar 4.1. Fishbone alur penelitian	11
Gambar 4.2. Linear $z$ -domain MOD1 dan MOD2	12
Gambar 4.3. Flowchart simulasi penelitian pada software Matlab.	13
Gambar 5.1 $z$ -domain MOD1.	14
Gambar 5.2. $z$ -domain MOD2.	15
Gambar 5.3. MOD1 dan MOD2 pada sample per period =128.	17
Gambar 5.4. MOD1 dan MOD2 pada sample per period =1024.	18
Gambar 5.5. Noise shaping pada MOD1 dan MOD2.	19
Gambar 5.6. Skema Cartesian $\Sigma\Delta$ .	19
Gambar 5.7. Output PPM/PWM berupa waveform signal.	20
Gambar 5.8. Frekuensi spectrum pada keluaran “Polar to PWM/PPM”, DS-filter= MOD2, $G=1$ , $Q_R=4$ , $Q_\theta=16$ , Sample per period =1024.	21
Gambar 5.9. Harmonik berupa <i>unwanted spectral components</i> dalam spektrum, (a) $Q_\theta=4$ , (b) $Q_\theta=16$ , Sample per period =1024.	21
Gambar 5.10 Phase shift waveform saat pulsa mengganti posisi.	23

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Draft Publikasi



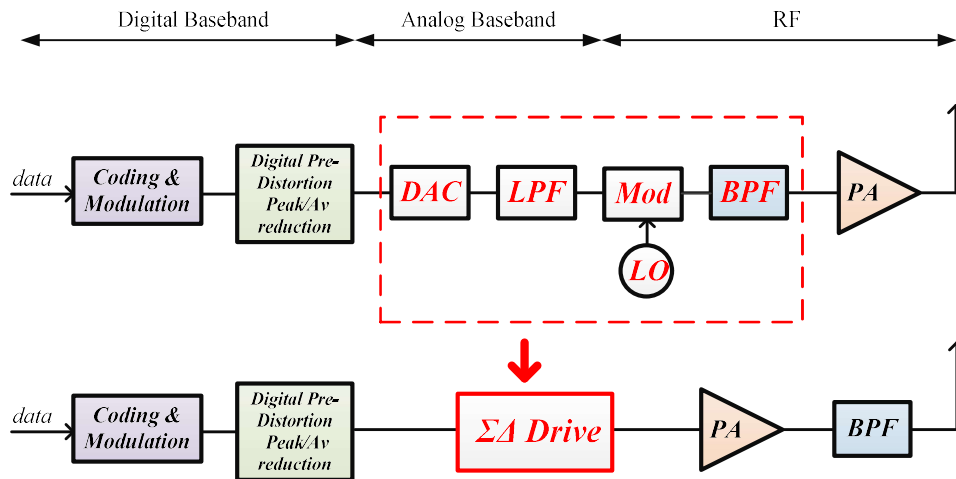
## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di bidang komunikasi seluler kini menjadi bisnis besar di seluruh dunia. Perkembangan yang pesat tersebut mengakibatkan banyaknya standar sistem komunikasi seluler yang diaplikasikan seperti pada standar Generasi 2 (G2), G3, G4 hingga G5 nantinya. Saat terdapat kemajuan teknologi baru, maka standar sistemnya juga harus menyesuaikan dalam waktu yang relative singkat, **Solheim**(2015). Dalam industri seluler, hampir setiap negara dan vendor memiliki standar sendiri. Banyaknya standar bukan hanya menghambat produsen (vendor dan operator), tetapi juga konsumen (user). Bagi pihak produsen, mereka harus mengembangkan inovasi pesawat telepon seluler (handset) yang kompetitif untuk masing-masing standar, sehingga tentunya akan menambah biaya pengembangan dan memperkecil keuntungan pemasarannya. Bagi pihak konsumen, mereka akan dibatasi untuk menggunakan telepon selulernya jika sedang di luar negeri atau di tempat lain yang tidak kompatibel dengan operator standarnya. Usaha untuk membuat standar internasional yang khusus harus dengan membuat standar tambahan yang baru, namun hal ini tetap membutuhkan penanaman modal baru untuk infrastruktur perangkat dan jaringan. Terdapatnya kompetisi inovasi industri teknologi seluler antara Asia, Eropa, dan Amerika, membuat standar baru tersebut menjadi sulit dilaksanakan walaupun membuat sebuah standar internasional yang khusus sangat bermanfaat. Hal inilah yang memotivasi diperkenalkannya konsep radio yang didefinisikan sebagai software (*Software-Defined-Radio*, SDR) atau software radio multiband sebagai solusi yang lebih praktis. Implementasi software pada perangkat telepon seluler mampu diyakini dapat menyesuaikan jenis standar dimana telepon seluler tersebut berada. Salah satu parameter yang sangat penting dari transceiver SDR adalah sistem pengolahan digitalisasi sinyal yang handal, **Ghannouchi** (2010).

*Software radio* yang dikembangkan sebagai standar tunggal dapat menguasai semua area dan semua pelayanan, sehingga konsumen cukup menggunakan satu sistem *handset* saja namun bersifat *multi-mode/multi-band*. *Software radio* lebih mendekati pada penggantian fungsi tradisional radio analog dengan *digital signal processing* (DSP), **Vankka** (2005). Oleh karena itu, untuk menuju digitalisasi transmisi, semua komponen analog tersebut akan dieliminasi dan digantikan dengan system DSP yang lebih fleksibel.

Sebuah konsep baru system transmisi digital-wireless RF kini telah diperkenalkan dengan menggunakan struktur Sigma-Delta ( $\Sigma\Delta$ ) yang akan menggantikan struktur komponen analog. Seperti terlihat pada Gambar 1.1, fungsi radio analog DAC, low pass filter (LPF), modulator dan band pass filter (BPF) kini sudah tergantikan dengan struktur  $\Sigma\Delta$ .



**Gambar 1.1. Eliminasi komponen arsitektur wireless analog (atas) dengan arsitektur wireless digital (bawah) dengan struktur Sigma-Delta ( $\Sigma\Delta$ ).**

Salah satu tantangan terbesar dalam arsitektur baru wireless digital adalah munculnya fenomena noise shaping dan harmonik, **Ruotsalainen** (2013). Sinyal ini adalah sejenis sinyal pengganggu yang tidak diinginkan yang berada disekitar band frekuensi utama dan sangat sulit dihilangkan jika hanya menggunakan filter. Signal harmonik adalah distorsi yang mengganggu *spectral density* sebuah band signal yang diinginkan. Gejala signal harmonik biasanya muncul setelah proses kuantisasi signal. Kuantisasi  $\Sigma\Delta$  memiliki keunggulan dapat menekan *noise floor* serendah mungkin namun tidak dapat menghilangkan distorsi signal disekitarnya. Semakin besar OSR yang digunakan semakin jauh jarak harmonik dan menurunkan noise shaping, namun OSR yang kecil sangat diinginkan untuk menghasilkan performansi yang baik pada sebuah sistem digital-wireless RF. Oleh karena itu diperlukan penelitian yang mendalam untuk mengantisipasi fenomena ini melalui system management *noise shaping* pada teori filter  $\Sigma\Delta$  yang memiliki *oversampling rate* (OSR) yang rendah dan mudah digeser (*tuning*) tanpa menggeser clock periodenya, **Ruotsalainen** (2013). Selain itu, saat ini, belum ada teori baru mengenai

penyebab munculnya harmonic sinyal dari hasil kuantisasi RF-signal dan bagaimana cara menghilangkannya.

## **1.2 Permasalahan yang telah diteliti**

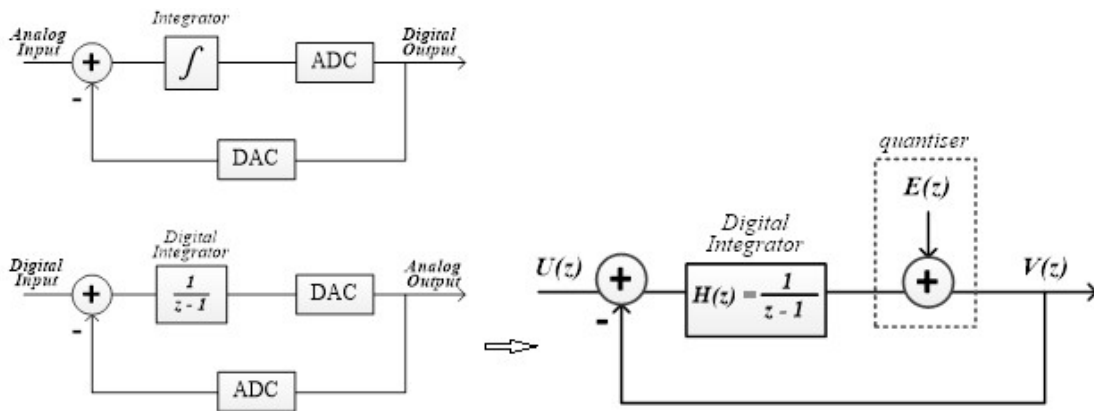
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka telah disusun permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana mensimulasikan karakteristik dasar filter  $\Sigma\Delta$  modulator (order-1/MOD1) dan order-2/MOD2)
- b. Bagaimana menganalisa noise shaping dengan variasi *oversampling rate* (OSR) dari MOD1 dan MOD2
- c. Bagaimana pemodelan kuantisasi digital  $\Sigma\Delta$  untuk mengkaji fenomena harmonic dari feedback loop  $\Sigma\Delta$  modulator

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Modulasi $\Sigma\Delta$

Teknik modulasi  $\Sigma\Delta$  digunakan untuk konversi analog ke digital (A/D) dan digital ke analog (D/A). Teknik A/D dan D/A juga dikenal dengan ADC dan DAC. Modulator  $\Sigma\Delta$  yang memiliki dynamic range yang besar, area chip yang kecil dan mengkonsumsi daya input yang rendah makin sehingga memudahkannya diaplikasikan sebagai unsur komponen elektronik. Teknik  $\Sigma\Delta$  dapat membentuk noise hasil kuantisasi sehingga jauh dari signal band yang diinginkan. Secara umum, operasi modulasinya dengan cara mengurangi hasil sampling kuantisasi error dari sampling signal yang dihasilkan sebelumnya (*feedback*) dan seterusnya sampai berulang-ulang hingga error kuantisasi yang diperoleh menjadi nol. Error signal akan diperoleh setelah di link *feedback* sehingga teknik  $\Sigma\Delta$  dapat beroperasi pula sebagai sebuah *filter* karena memisahkan *transfer function* untuk signal dan noisenya, **Schreier** (2005).



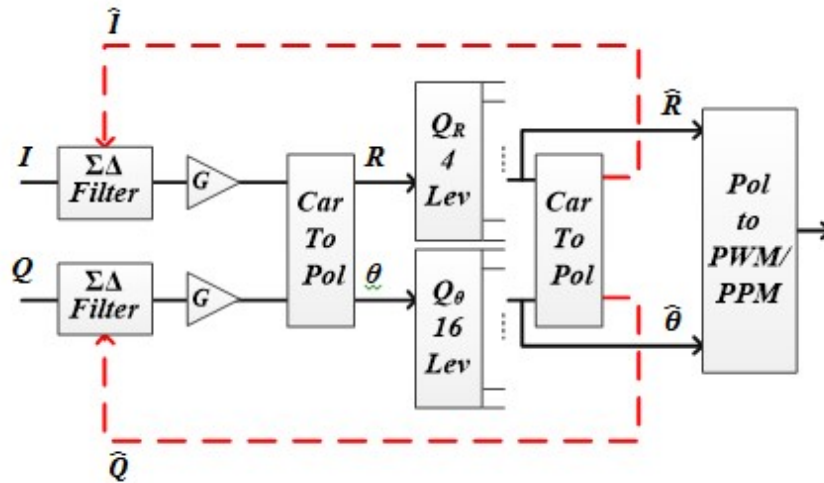
**Gambar 2.1.  $\Sigma\Delta$  modulator sebagai A/D converter (atas) and D/A converter (bawah) beserta linear  $z$ -domain pada  $\Sigma\Delta$  modulator order-1 (MOD1).**

Gambar 2.1 (atas) memperlihatkan struktur analog dasar sebuah A/D dengan filter (*integrator*), sedangkan Gambar 2.1 (bawah) memperlihatkan struktur DSP sebuah D/A dengan filter (*digital integrator*) dan linear  $z$ -domainnya. Modulator  $\Sigma\Delta$  dapat dinormalisasikan secara linear untuk memudahkan dalam analisis matematika, dimana kuantiser dapat diasumsikan sebagai non-korelasi *white noise*,  $E(z)$ , dan keluarannya berupa hasil penjumlahan kuantisasi noise terbentuk dari *noise transfer function* (NTF)

dengan signal input terbentuk dari *signal transfer function* (STF), **Schreier** (2005). Filter digital  $H(z)$  diperoleh dari sebuah integrator dengan transfer function  $\frac{1}{z-1}$  dan beroperasi sebagai noise shaping filter pada  $E(z)$  dan juga sebagai signal shaping filter pada  $U(z)$ .

## 2.2. Arsitektur transmitter Modulasi $\Sigma\Delta$

Penelitian terkini tentang teknik  $\Sigma\Delta$  perlu mempertimbangkan beberapa hal dalam perancangan sebuah arsitektur transmitter berbasis  $\Sigma\Delta$  modulator karena berkaitan dengan performansi kompleksitas dan energy daya input yang dibutuhkan, antara lain: frekuensi carrier senilai dengan kecepatan samplingnya; *spectrum mask* dan *error vector magnitude* (EVM) harus cocok dalam sejumlah bandwidth; kesesuaian desain RF-nya cocok pada semua teknologi silikon. Pada umumnya, keluaran arsitektur transmitter berbasis  $\Sigma\Delta$  modulator akan langsung dihubungkan untuk men-drive *switch-mode power amplifier* (SMPA), yakni kelas-kelas *power amplifier* (PA) yang memiliki efisiensi tinggi dan linearitas yang baik, **Sjöland** (2010).



**Gambar 2.2. Arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$ .**

Saat ini telah diperkenalkan dalam beberapa literature konsep arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$ . Teknik arsitektur ini memiliki keunggulan dalam mengatasi masalah dalam pelebaran bandwidth dan aktivitas switching. Arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$  seperti terlihat pada Gambar 2.2 mengaplikasikan filter- $\Sigma\Delta$  order-2 (MOD2) dimana link *feedback*-nya terbentuk dalam format Cartesian, sedangkan proses kuantisasi dalam format polar, **Sjöland** (2010). Teknik arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$  memiliki shaping noise yang lebih optimal dan stabil dari pada teknik arsitektur Polar- $\Sigma\Delta$  dan band-pass.

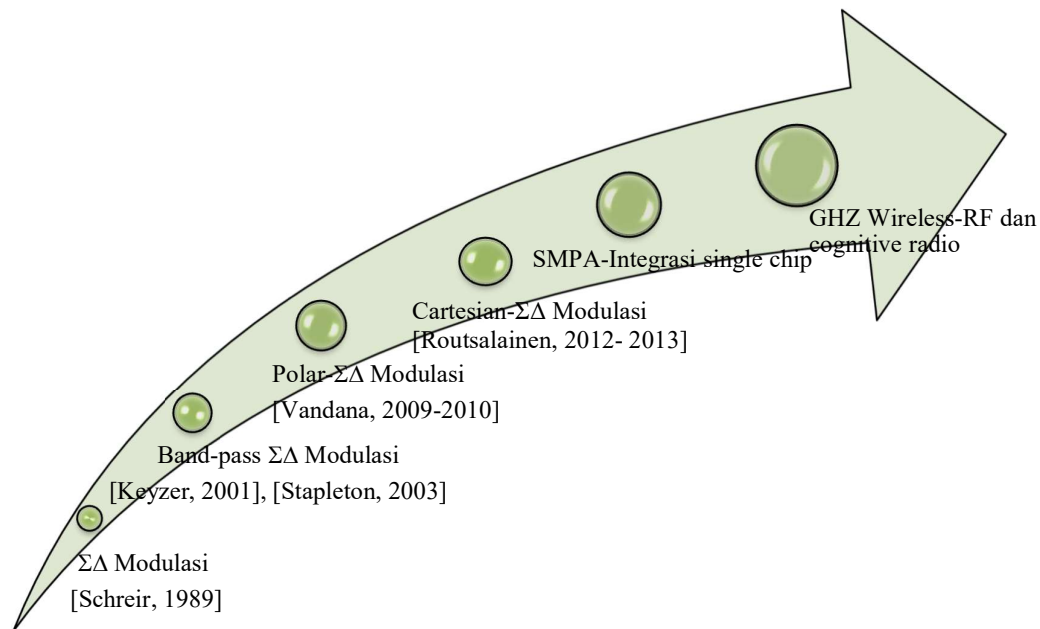
### 2.3 Fenomena noise shaping dan signal harmonik

Format polar pada kuantisasi polar- $\Sigma\Delta$  diajukan untuk mengatasi masalah pelebaran lebar pita (*switching bandwidth*) dan fleksibilitas perangkat transmisi untuk mengeliminasi beberapa komponen analog, **Keyzer** (2001, 2002). Perbandingan struktur  $\Sigma\Delta$  MOD1 dan MOD2 dapat memperlihatkan fenomena noise shaping. Semakin tinggi OSR dan level ordernya, noise shaping akan semakin kecil (**Schreier, 2005**). Salah satu arsitektur polar- $\Sigma\Delta$  yang diteliti oleh **Keizer** (2002) yakni melalui dua buah modulator  $\Sigma\Delta$  untuk representasi pemisahan kuantisasi amplitudo dan fasa. Performansi sistem konversinya menggunakan *pulse width modulation* (PWM) dan *pulse position modulation* (PPM) untuk menghasilkan keluaran signal-RF. Metode ini memiliki kekurangan diantaranya keterbatasan jumlah pulsa per periode dan ketika signal inputnya kecil maka tidak terjadi performa switching pulsa yang baik.

Solusi permasalahan diatas, kemudian diusulkan oleh **Bassoo dkk** (2009) dalam konsep arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$  dan kuantisasi polar- $\Sigma\Delta$ . Fenomena menarik tentang signal harmonik muncul pada teknik ini. Sejak digunakan system kuantisasi polar- $\Sigma\Delta$  pada konversi signal baseband polar menuju ke RF menggunakan PWM/PPM, distorsi muncul di sekitar spectrum keluaran walaupun *noise floor*-nya sudah yang sangat rendah. Distorsi itu adalah signal harmonik pada setiap range frekuensi offsetnya ( $f_{offset}$  yaitu jarak anatar  $f_c$  ke signal utama). Bentuk signal harmonik ini adalah *image* ( $-f_{offset}$ ), harmonic-3 ( $3f_{offset}$ ), harmonic-5 ( $5f_{offset}$ ) dan seterusnya pada setiap harmonik ganjil. Proses PPM merupakan hal yang paling krusial penyebab utama fenomena ini. Perubahan sebuah signal fasa diwakili oleh perubahan posisi pulsanya dan posisi awal pulsa tersebut (*pulse edge*) harus tepat terjadi pada awal pulsa periode (*digital timing*).

Skema Cartesian- $\Sigma\Delta$  senantiasa mempertimbangkan frekuensi carrier ( $f_c$ ) yang terharmonisasi dengan frekuensi clock ( $f_{clock}$ ). Misalnya  $f_{clock}=4f_c$ , berarti menggeser frekuensi carrier juga akan menggeser frekuensi clock. Jika  $f_{offset}$  kecil maka akomodasi rotasi terhadap signal input *I-Q* akan lambat dan makin mempermudah munculnya fenomena signal harmonic, **Stapleton** (2003). Hasil penelitian terbaru oleh **Routsalainen dkk** (2012) menunjukkan bahwa besarnya nilai  $f_{offset}$  menjadi penyebab munculnya *image* disekitar band signal utama. Peneliti ini menawarkan solusi penggunaan kompleksitas *noise shaping* untuk memindahkan sebuah noise tepat di posisi *image* yang berbeda fase dan akhirnya akan saling menekan satu sama lain. Solusi lain yang ditawarkan peneliti ini

dengan metode *delay* pada link *feedback* untuk menggeser *image* agar dijauhkan dengan band signal utama.



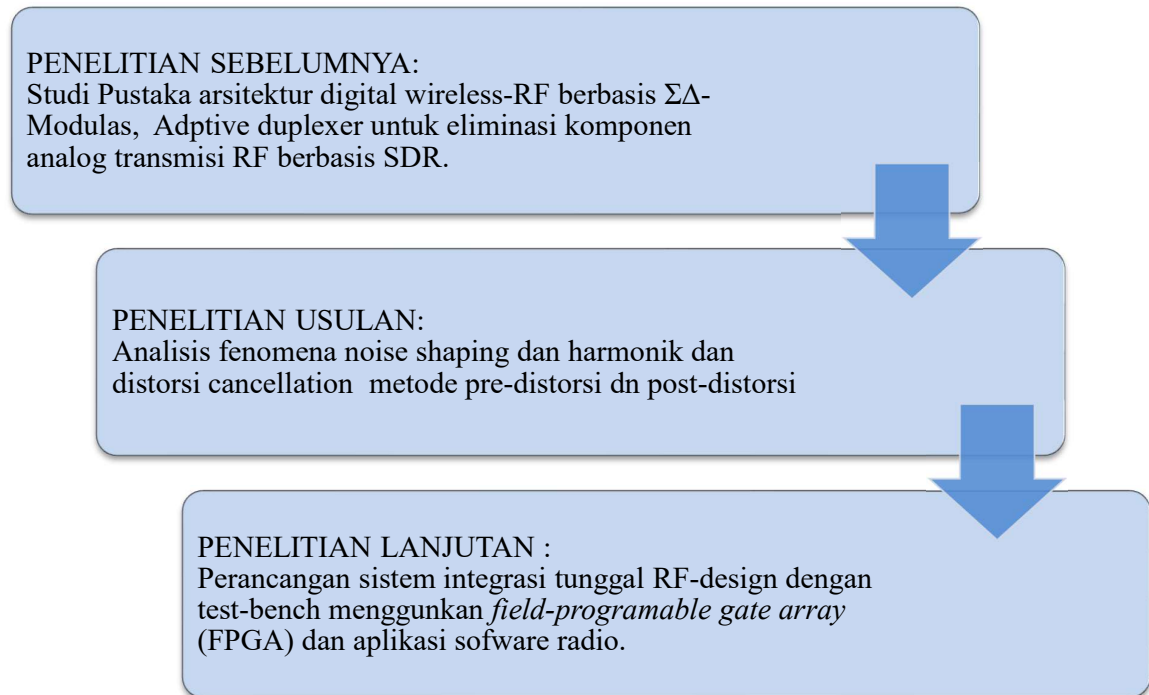
**Gambar 2.3. Road map pengembangan penelitian tentang arsitektur transmisi digital wireless-RF berbasis ΣΔ Modulasi.**

Eliminasi perangkat analog menjadi perangkat digital bukanlah pekerjaan mudah. Sistem ini akan terintegrasi dengan dengan DSP dan system lainnya melalui software radio. Penelitian yang diusulkan ini merupakan pengembangan dari hasil penelitian oleh **Bassoo** (2009) dan **Routsalainen** (20012) yaitu merancang metode baru system *pre-distorsi* dan *post-distorsi* dengan focus untuk menghapus segala noise dan produk distorsi pada spectrum signal yang dihasilkan. Gambar 2.3 menunjukkan perkembangan penelitian tentang teknik ΣΔ menuju aplikasi system transmisi digital wireless-RF. Terlihat bahwa teknik dasar ΣΔ memegang peranan penting demi terwujudnya sistem digitalisasi pada perangkat penerima radio komunikasi terutama pada proses eliminasi sistem perangkat pasif analog menuju sistem DSP.

#### **2.4 Studi pendahuluan yang telah dilakukan**

Gambar 2.4 menunjukkan peta arah usulan penelitian yang memuat tentang sistematika studi pendahuluan yang dilakukan, usulan penelitian saat ini dan rencana penelitian lanjutan. Skema software radio melalui perancangan adaptive duplexer telah dilaksanakan oleh pengusul peneliti pada tahun 2010 melalui kegiatan penelitian Hibah Bersaing (DIKTI DIPAPNUP, nomor:031/k23.21/pl/2009). Hasil penelitian ini

menunjukkan bahwa digitalisasi perangkat sangat perlu dilakukan melalui eliminasi komponen analog pada perangkat transmisi secara keseluruhan. Software radio hanya mampu optimal pada pengolahan sinyal digital murni. Adaptive duplexer dirancang pada bagian transmitter akhir yakni untuk mengoptimalkan pengiriman selective multi-band. Perangkat digital pada bagian transmitter awal juga masih perlu dikaji. Oleh karena itu, struktur  $\Sigma\Delta$  Modulator ini dibangun untuk ditempatkan pada sisi depan sebuah digital transmitter.



**Gambar2.4. Peta penelitian yang telah dilakukan, yang sedang diusulkan dan arah rencana penelitian selanjutnya.**

Konsep dasar arsitektur  $\Sigma\Delta$  Modulator sebagai digital converter juga telah dilaksanakan. **Sirmayanti** (2014) dalam studi literature menunjukkan metode arsitektur yang tepat untuk optimalisasi fenomena noise shaping dan harmonik. Dari beberapa studi pendahuluan tersebut di atas yang telah dilakukan, maka perlu dilakukan pengembangan mendalam pada usulan penelitian ini. Penelitian ini akan menyempurnakan penelitian kami sebelumnya yaitu menganalisa fenomena noise shaping dan harmonikdan metode penyelesaiannya sehingga sistem ini dapat diterapkan pada software radio, **Mitola** (1999) dan **Vankka** (2005).



## BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

### 3.1 Tujuan penelitian

Tujuan jangka panjang yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengembangkan konsep baru sistem transmisi digital wireless-RF berbasis software radio.

Adapun tujuan utama penelitian ini adalah:

- a. Mensimulasikan karakteristik dasar filter  $\Sigma\Delta$  modulator (order-1/MOD1) dan order-2/MOD2)
- b. Menganalisa noise shaping dengan variasi *oversampling rate* (OSR) dari MOD1 dan MOD2
- c. Pemodelan kuantisasi digital  $\Sigma\Delta$  untuk mengkaji fenomena harmonic dari feedback loop  $\Sigma\Delta$  modulator

### 3.2 Manfaat dan urgensi Penelitian

Metode struktur  $\Sigma\Delta$  termasuk yang direkomendasikan dalam desain transmisi digital. Hal ini karena proses  $\Sigma\Delta$  yang mudah, output keluarannya sudah murni signal pulsa (digital) sebagai produk handal untuk aplikasi software radio dan mampu melewati signal-RF langsung untuk dikuantisasi baik sisi amplitude dan fasanya. Salah satu keunggulannya adalah perolehan band signal yang lebih besar (*wider bandwidth*). Hal ini semakin memungkinkan dikembangkan sebuah perangkat baru transmisi GHz digital wireless-RF yang berdaya sangat rendah dan dengan ukuran perangkat transmitter yang kecil. Inilah konsep baru yang disebut *green-base transceiver station* (*green* BTS) yang ramah lingkungan sesuai dengan slogan baru dalam industri pertelekomunikasian yang dikenal sebagai *Green Communication*. Urgensi penelitian ini adalah:

- a. Menggagas metode kuantisasi digital  $\Sigma\Delta$  dua dimensi untuk memodifikasi system kuantisasi tunggal pada struktur  $\Sigma\Delta$ . Kualitas kuantisasi digital ini akan berpengaruh kepada ketepatan *signal-to-noise-ratio* (SNR) dan kompleksitas tingkat operasi aritmetik yang dihasilkan.
- b. Menggagas metode baru Digital Blok perangkat-perangkat transceiver (pengirim-penerima) menuju system digital murni untuk aplikasi software radio. Hasil metode

ini kelak dapat dirancang oleh peneliti bidang RF-design dalam bentuk digital circuit sehingga menghasilkan sebuah chip tunggal untuk transmitter wireless-RF.

Hasil penelitian ini diharapkan menghasilkan sebuah metode baru dalam konsep digitalisasi perangkat transmisi wireless GHz berstruktur Sigma-Delta yang lebih optimal. Fungsi terminal transmiter (Tx) dan receiver (Rx) dapat berkerjasama sebagai *multi-mode/multi-band* pada satu standar software radio yang diinginkan. Hal ini sangat membantu bagi para produsen dalam pengembangan infrastruktur, mengurangi biaya produksi pembangunan BTS, tower antenna dan tambahan eksternal perangkat user bagi para penyedia operator selular di Indonesia dan diseluruh dunia.

Transmisi digital wireless-RF dapat pula diaplikasikan pada generasi teknologi G4 dan G5 komunikasi seluler yang mulai diperkenalkan dan akan diaplikasi di Indonesia, *indoor wireless*, *relay-global positioning system (GPS)*, *ad-hock network*, dan jaringan akses lokal yang saat ini sedang dikembangkan hingga dapat menjangkau sistem telekomunikasi secara keseluruhan

Hasil penelitian ini akan memberikan sumbangan pengetahuan berupa teknik dasar  $\Sigma\Delta$ , kuantisasi- $\Sigma\Delta$ , signal noise shaping dan fenomena harmonik.

## BAB 4. METODE PENELITIAN

### 4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

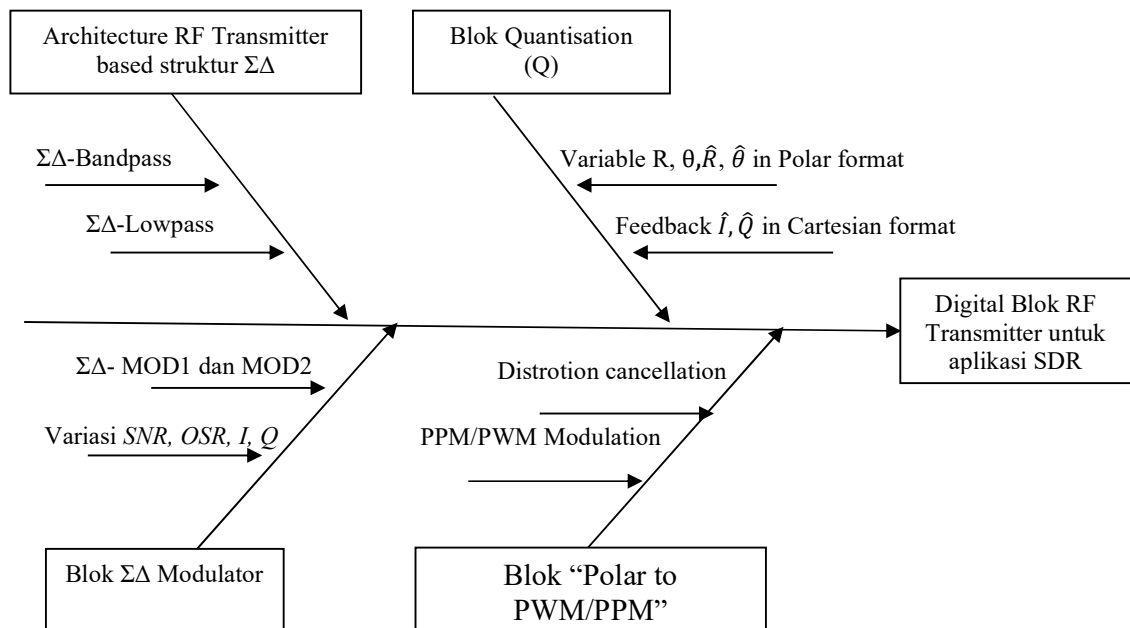
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transmisi dan Frekuensi Tinggi dan Laboratorium Pengolahan Sinyal program studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Ujung Pandang dan dilaksanakan 8 bulan.

### 4.2 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan untuk menunjang penelitian ini yaitu Perangkat lunak berupa program Matlab untuk membuat simulasi.

### 4.3 Bagan Alir Penelitian

Langkah pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dengan studi literatur, persiapan bahan (pra-simulasi) dan penentuan algoritma, pelabelan parameter simulasi data input dan data output, model linear-z dan simulasi pemodelan blok struktur  $\Sigma\Delta$ . Hasil simulasi akan terintegrasi melalui analisa seluruh sistem. Adapun bagan alir penelitian seperti pada Tabel 1 terangkum pada metodologi penelitian dalam fishbone pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1. Fishbone alur penelitian

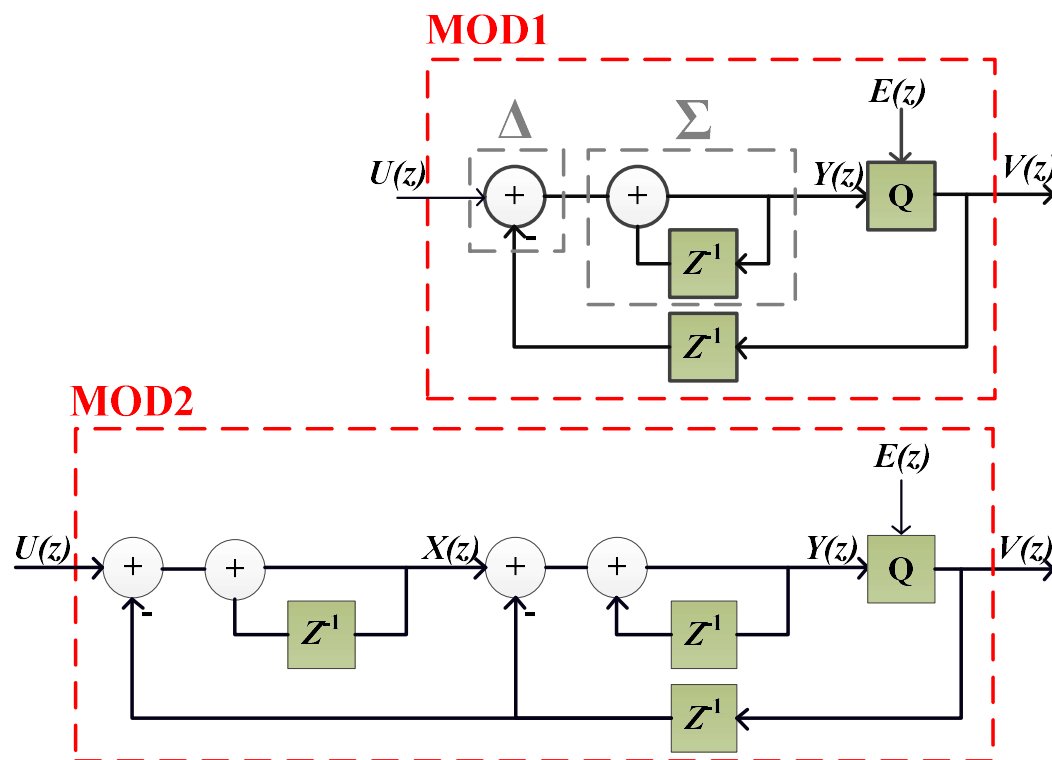
## 4.4 Langkah-langkah Penelitian

### 4.4.1. Pendalaman Literatur

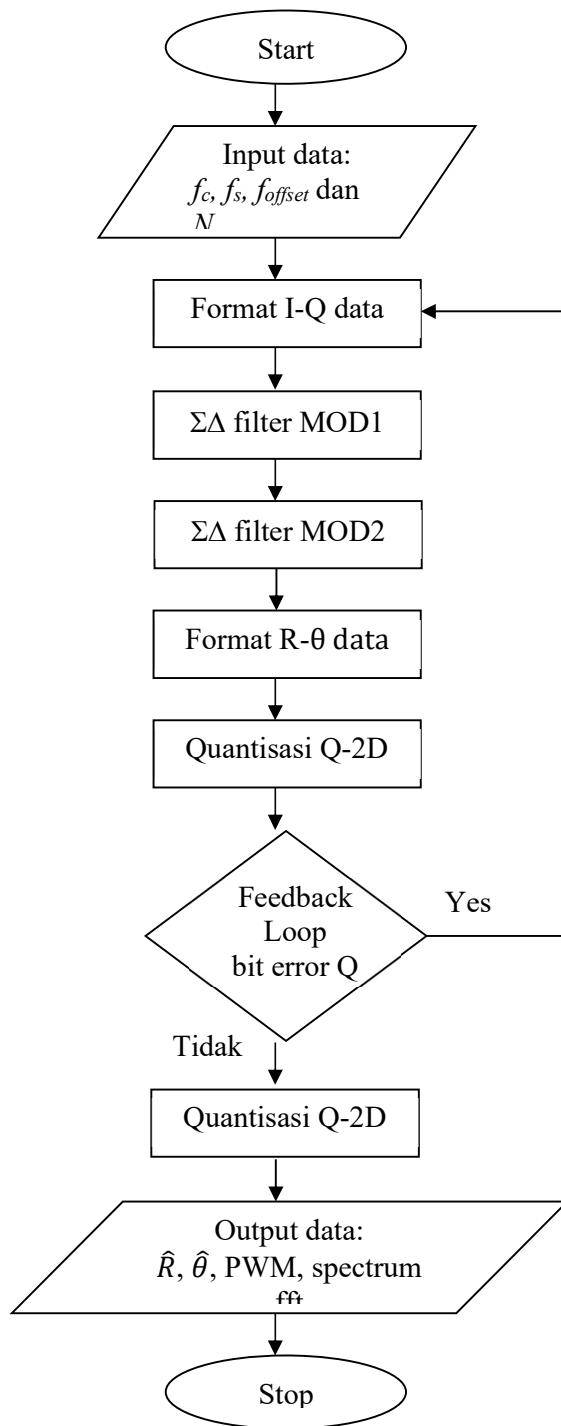
Pendalaman literature review (studi pustaka) akan dilakukan terutama mengenai skema  $\Sigma\Delta$  Modulator, konsep feedback loop Polar dan Cartesian. Pendalaman materi juga dilakukan pada standar wireless dan software sehingga hasil penelitian ini akan memenuhi standar validasi yang tepat.

### 4.4.2. Simulasi MATLAB

Pemodelan melalui simulasi Matlab akan banyak dilakukan dalam penelitian ini. Linearisasi pemodelan- $z$  MOD1 dan MOD2 sangat diperlukan untuk memudahkan fungsi transfer function pada Matlab. Gambar 4.2 menunjukkan blok linear model dalam  $z$ -domain untuk struktur  $\Sigma\Delta$  Modulator. Parameter-parameter yang ditunjukkan dalam blok biagram tersebut akan digunakan sebagai algoritma utama pada simulasi yang akan dilaksanakan.



Gambar 4.2. Linear  $z$ -domain MOD1 dan MOD2

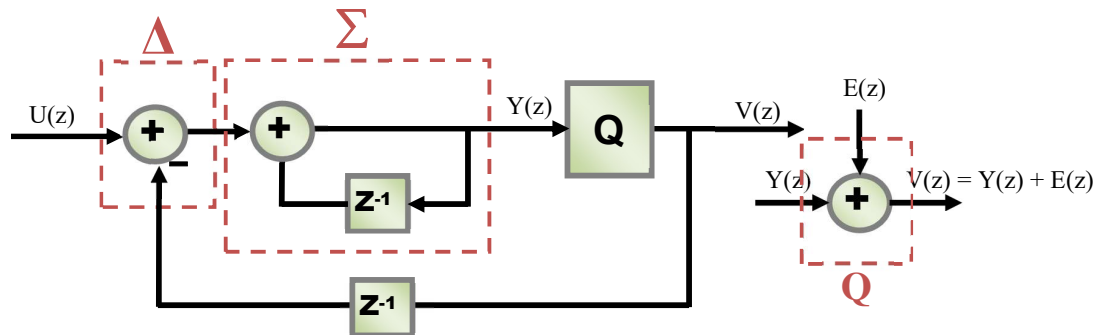


**Gambar 4.3. Flowchart simulasi penelitian pada software Matlab.**

## BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

### 5.1 Karakteristik filter modulator $\Sigma\Delta$ order-1/MOD1 dan order-2/MOD2serta analisis noise shaping

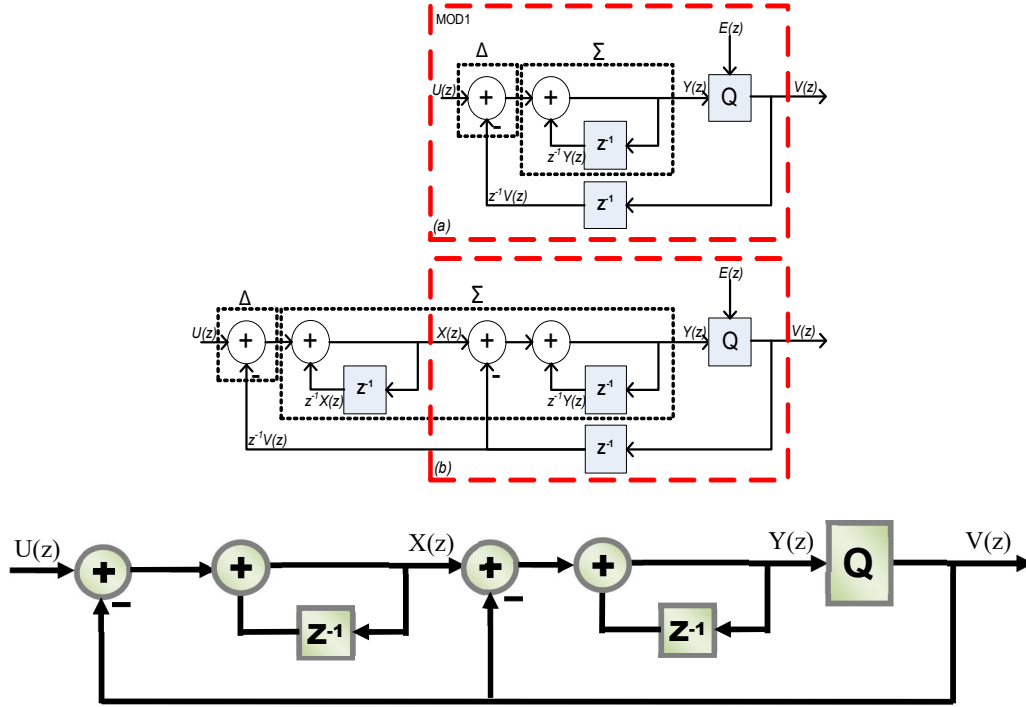
Modulator  $\Delta\Sigma$  memiliki beberapa fungsi khusus yaitu sebagai *noise shaping filter* dan *oversampling*. Modulator  $\Delta\Sigma$  sebagai *noise shaping filter* dapat mendistribusikan kuantisasi error atau noise pada posisi terendah dalam band signal yang diinginkan. Modulator  $\Delta\Sigma$  sebagai *oversampling* secara sederhana dapat mencuplik signal inputnya sebesar dua kali sebesar bandwidthnya dan menurunkan kuantisasi noise pada band signal yang diinginkan.



Gambar 5.1 z-domain MOD1.

Pemodelan upconverter  $\Delta\Sigma$  mengaplikasikan sebuah loop feedback noise sebagai konsep dari konversi analog-to-digital. Gambar 5.1 menunjukkan order pertama sebuah modulator  $\Delta\Sigma$ , dan dikenal dengan MOD1. Setiap input signal yang masuk ke modulator akan melalui fungsi delta  $\Delta$  (+/-). Signal ini kemudian akan diteruskan melalui integrator sebagai fungsi sigma  $\Sigma$  yang berperan sebagai komparator. Komparator ini akan mengkuantisasi dan menentukan apakah input signal tersebut lebih besar atau lebih rendah terhadap nilai batas (threshold) melalui nilai hasil berupa bit. Process loop feedback dipengaruhi ketika keluaran komparator juga di feedback kembali ke unit inputnya melalui fungsi delta  $\Delta$  (+/-). Loop feedback ini secara kontinyu bekerja hingga menghasilkan hasil bit kuantisasi hingga sesuai persis dengan signal inputnya (noise nol). Dengan mengatur clock rate dari oversampling (OSR) dan penggunaan order modulasi yang lebih besar maka lebih memungkinkan menghasilkan noise terendah dari keluaran filter tersebut.

Modulator  $\Delta\Sigma$  orde kedua (MOD2) sebagaimana pada Gambar 5.2 merupakan konstruksi pengembangan melalui dua buah integrator pada setiap fungsi loop  $\Sigma$ . Pemodelan ini diharapkan memiliki bentuk noise terendah dengan bertambahnya orde level modulasinya.



Gambar 5.2. z-domain MOD2.

Kuantisasi noise pada dasarnya direpresentasikan sebagai bentuk error signal,  $E(z)$ , dalam fungsi kuantiser  $Q(\cdot)$ . Signal error ini akan bergabung kedalam integrator dan kemudian dikuantisasi dalam bentuk 1-bit. Metode ini dikenal sebagai 1-bit ADC). Oleh karena itu, dalam fungsi kuantiser  $Q(\cdot)$ , gambar di atas dapat dibuat analisisnya sebagai berikut:

$$V(z) = Y(z) + E(z) \quad (1)$$

Dimana  $Y(z)$  merupakan output dalam tahap pertama blok struktur z-domain. Persamaan ini dapat dituliskan berupa:

$$Y(z)_{MOD1} = U(z) + z^{-1}Y(z) - z^{-1}V(z) \quad (2)$$

$U(z)$  merupakan z-transform dari input signal.

Persamaan (2) di atas disubstitusi ke persamaan (1) akan menunjukkan fungsi signal and noise transfer. *Signal transfer function* (STF) adalah signal yang diinginkan sesuai dari

input  $U(z)$ . *Noise transfer function* (NFT) adalah berperan sebagai fungsi filter dalam menekan nilai kuantisasi noise  $E(z)$ . STF and NTF dari MOD1 dapat ditentukan melalui:

$$\begin{aligned} V(z)_{MOD1} &= U(z) + z^{-1}Y(z) - z^{-1}V(z) + E(z) \\ &= U(z) + (1 - z^{-1})E(z) \end{aligned} \quad (3)$$

Secara umum, STF adalah bernilai 1 dan NTF bagi MOD1 adalah  $(1 - z^{-1})$ , sehingga persamaan di atas dapat pula dituliskan dengan:

$$V(z) = STF(z) U(z) + NTF(z) E(z) \quad (4).$$

Ketika  $z = e^{j\omega}$ , kita dapat menghitung nilai daya frekuensi domain bagi NTF, yaitu

$$\begin{aligned} NTF_{MOD1}(e^{j\omega}) &= (1 - e^{-j\omega}) \\ &= [1 - (\cos\omega - j\sin\omega)] \end{aligned} \quad (5)$$

Kompleks envelope NTF dalam persamaan (5) dapat digunakan untuk menentukan magnitude NTF dan hal ini berupa *power spectral density*(PSD) pada fungsi noise shaping. Dengan demikian,

$$\begin{aligned} |NTF_{MOD1}(e^{j\omega})| &= \left[ \sqrt{\text{Re} [NTF(e^{j\omega})]^2 + \text{Im} [NTF(e^{j\omega})]^2} \right] \\ &= \left[ \sqrt{(1 - \cos\omega)^2 + (\sin\omega)^2} \right] \\ &= 2 - 2\cos\omega \end{aligned} \quad (6)$$

Bentuk square magnitude NTF MOD1 adalah

$$\begin{aligned} |NTF_{MOD1}(e^{j\omega})|^2 &= 2 - 2\cos\omega \\ &= [2\sin(\pi f)]^2 \end{aligned} \quad (7)$$

Berikutnya bagi struktur MOD2 bahwa terdapat dua tahapan loop dalam modulatnya dengan menambahkan unit delay berupa  $X(z)$ , sehingga

$$X(z) = U(z) + z^{-1}X(z) - z^{-1}V(z) \quad (8)$$

Seperti halnya pada MOD1, struktur MOD2 dapat diformulasikan untuk menghasilkan output kuantiser,  $V(z)$ , melalui persamaan (2) and (3) yakni

$$Y(z)_{MOD2} = X(z) + z^{-1}Y(z) - z^{-1}V(z) \quad (9)$$

$$V(z)_{MOD2} = U(z) + (1 - z^{-1})^2 E(z) \quad (10)$$

Dengan demikian, STF MOD2 adalah 1, dan NTF MOD2 berupa  $(1 - z^{-1})^2$  dalam domain atau dalam persamaan pada frekuensi domainnya yakni berupa

$$\begin{aligned} NTF_{MOD2}(e^{j\omega}) &= [(1 - \cos\omega) + j\sin\omega]^2 \\ &= [4\sin^2(\omega/2) (-\cos\omega + j\sin\omega)] \end{aligned} \quad (11)$$



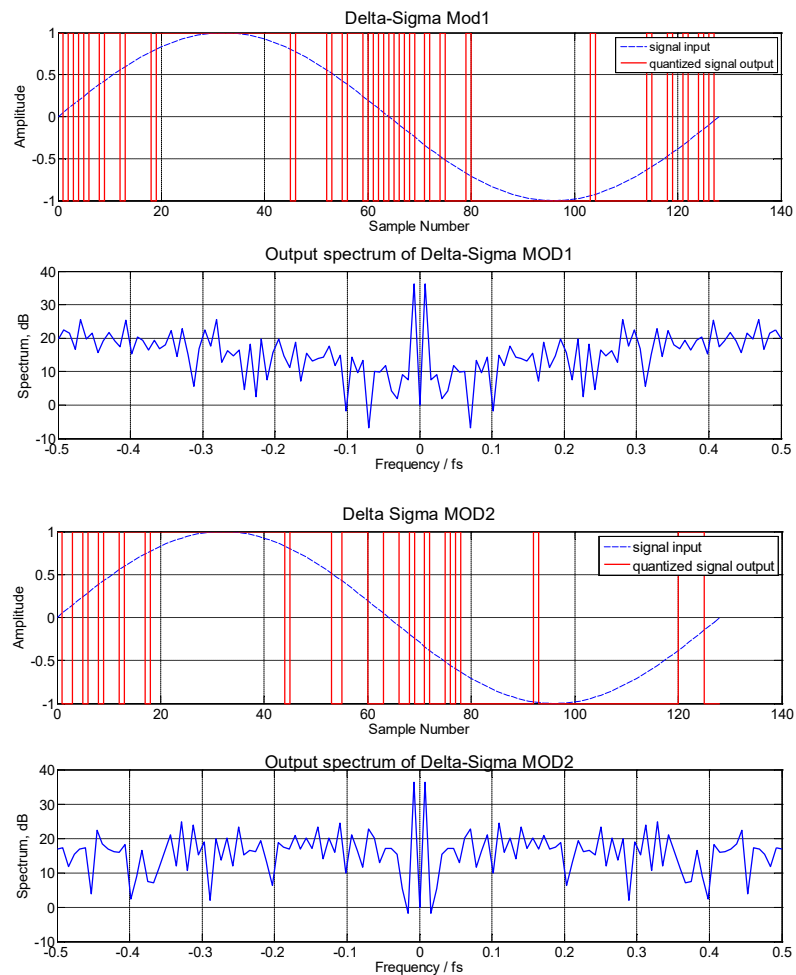
Kemudian, square magnitude NTF MOD2 adalah

$$|NFT_{MOD2}(e^{j\omega})|^2 = [4 \sin^2(\omega/2)]^2$$

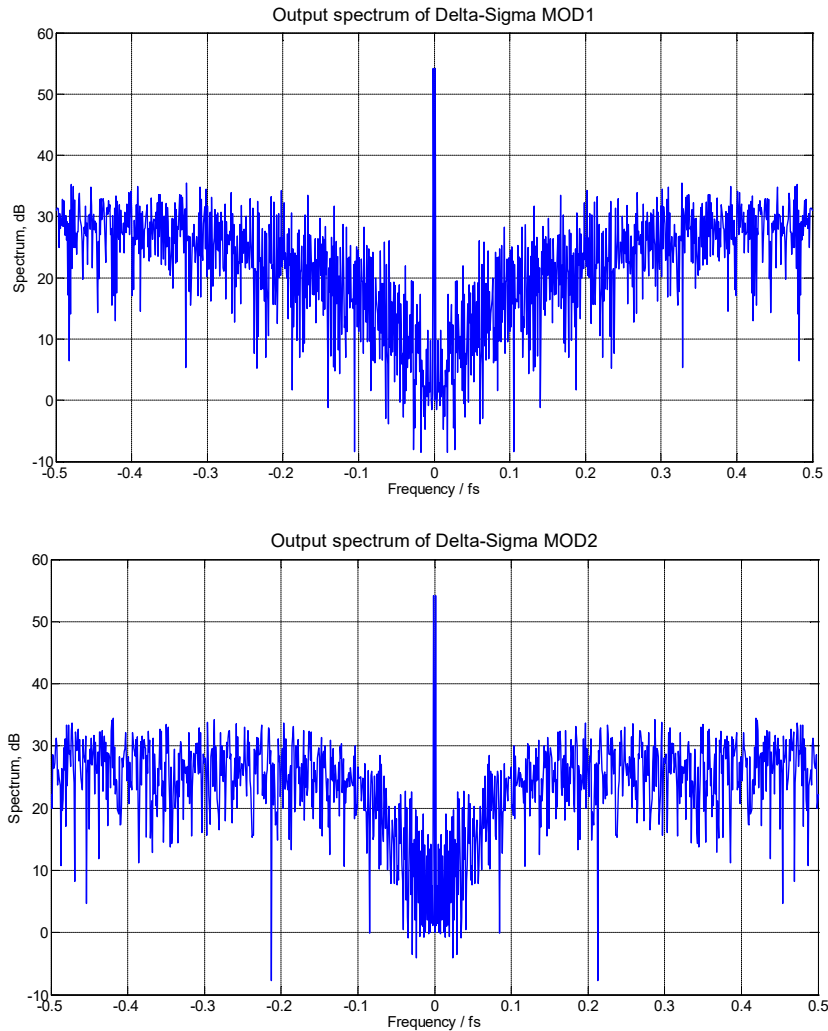
$$= [2\sin(\pi f)]^4 \quad (12)$$

Bagi frekuensi  $f \ll 1$  (anggap  $f=0$ ), maka  $|NFT_{MOD1}|^2 = |NFT_{MOD2}|^2 \approx 0$ . Kondisi ini menunjukkan secara jelas bahwa kuantisasi noise dapat ditekan serendah mungkin atau dijauhkan dari signal yang diinginkan dikarenakan proses *noise shaping filter* tersebut. Inilah yang menjadikan efektivitas modulasi  $\Delta\Sigma$  sangat cocok digunakan bagi signal dalam frekuensi rendah.

Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 berikut menunjukkan spektrum frekuensi MOD1 dan MOD2 masing-masing melalui sampling rate perbandingan 128 dan 1024.

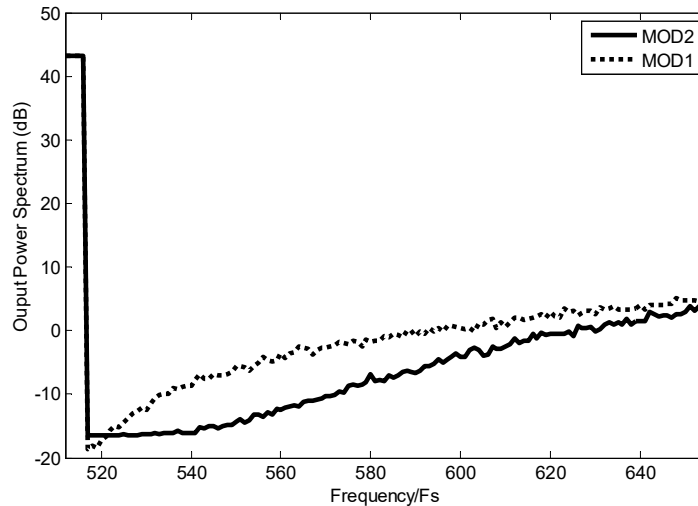


**Gambar 5.3. MOD1 dan MOD2 pada sample per period =128.**



**Gambar 5.4. MOD1 dn MOD2 pada sample per period =1024.**

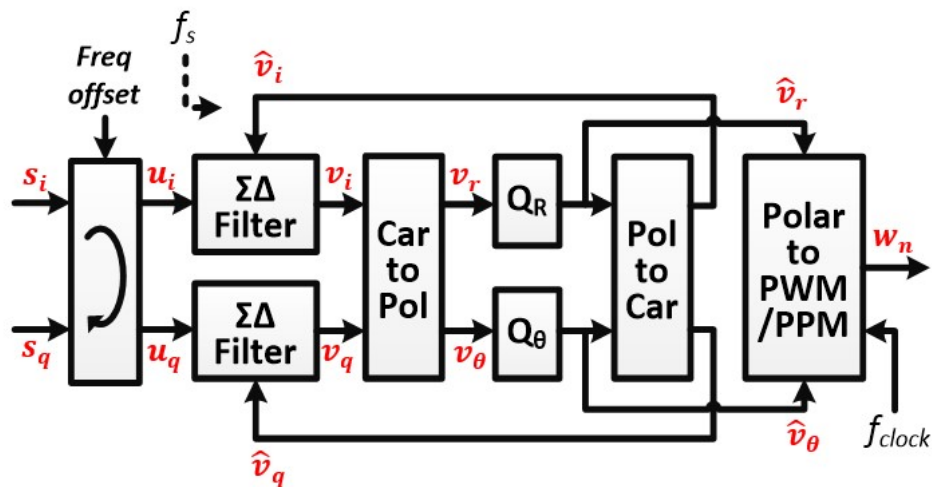
Hasil simulasi pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 diatas menunjukkan perbandingan NTF respon frekuensi antara MOD1 dan MOD2. Terlihat jelas bahwa total power bagi kuantisasi noise MOD2 lebih besar dari MOD1. Hal ini terjadi karena frekuensi gain MOD2 juga lebih besar dari MOD1. Selain itu, noise shaping MOD2 menunjukkan performansi yang lebih baik (lebih rendah) dari MOD1. Simulasi yang dihasilkan untuk Gambar 5.5 berikut berupa output power spectrum modulator  $\Delta\Sigma$  terhadap frekuensi carrier dengan menggunakan signal OFDM, dimana MOD2 memiliki noise floor lebih rendah disekitar band signal dibandingkan dengan MOD1. Dengan demikian, MOD2 akan dipilih sebagai referensi bagi struktur model Cartesian  $\Delta\Sigma$  upconverter yang diusulkan.



Gambar 5.5. Noise shaping pada MOD1 dan MOD2.

## 5.2 Pemodelan Kuantisasi digital $\Sigma\Delta$ dan fenomena harmonik

Konsep pemodelan RF transmitter dengan struktur  $\Sigma\Delta$  terlihat pada Gambar 5.6. Struktur ini terdiri atas tiga blok utama yaitu blok  $\Sigma\Delta$  filter, blok kuantisasi Q dan blok Polar-to-PWM/PPM. Parameter penelitian ini terlihat jelas pada gambar dimana masing-masing variable ukur adalah parameter-parameter yang akan disimulasikan.

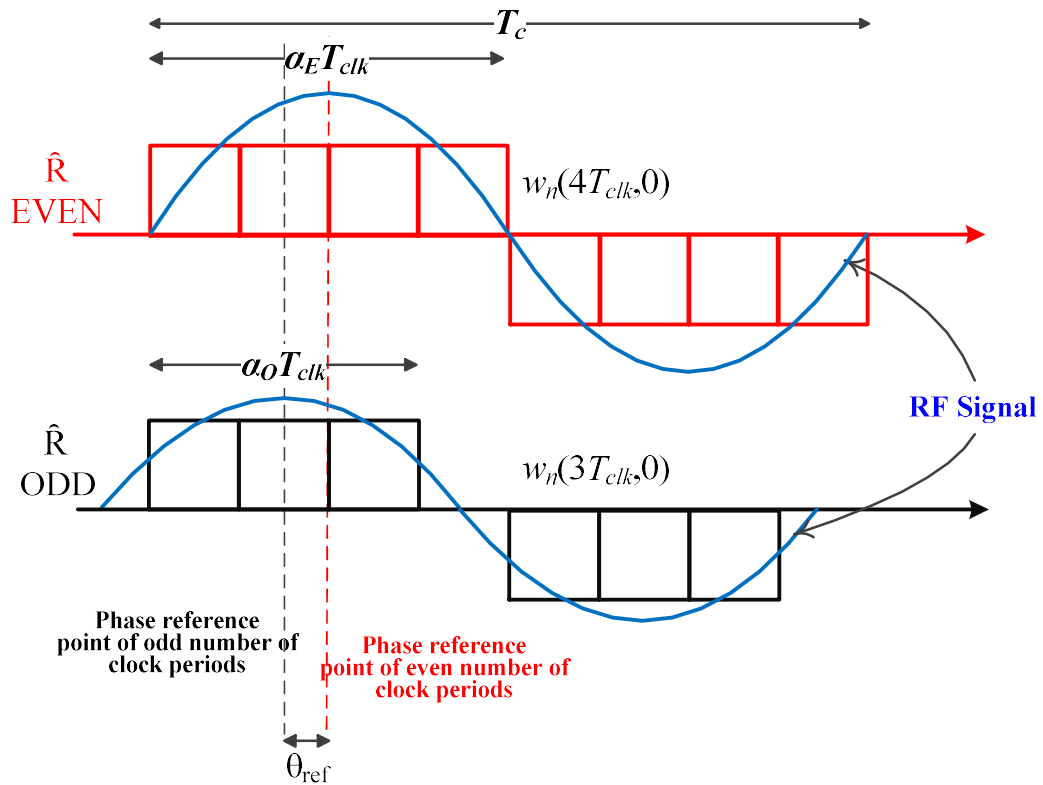


Gambar 5.6. Skema Cartesian  $\Sigma\Delta$ .

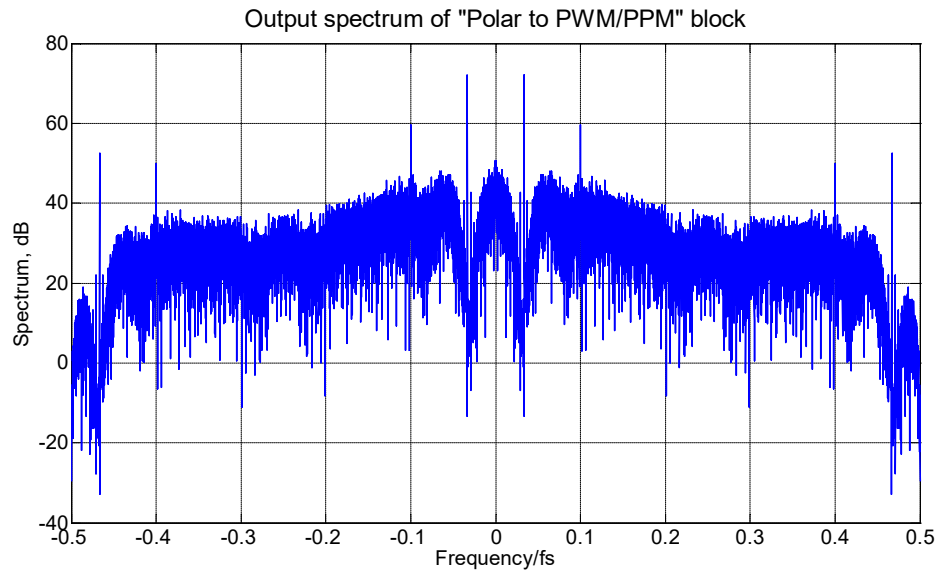
Ketiga blok struktur diatas akan diuraikan sebagai berikut:

- Blok  $\Sigma\Delta$  filter memuat struktur *low-pass* filter  $\Sigma\Delta$  beroder-2 ( $\Sigma\Delta$  MOD2). Masing-masing input baseband *I-Q* akan melalui  $\Sigma\Delta$  MOD2 yang berbeda  $[u_i, u_q]$ . Keluaran blok ini adalah dalam variabel  $[v_i, v_q]$  format koordinat Cartesian.

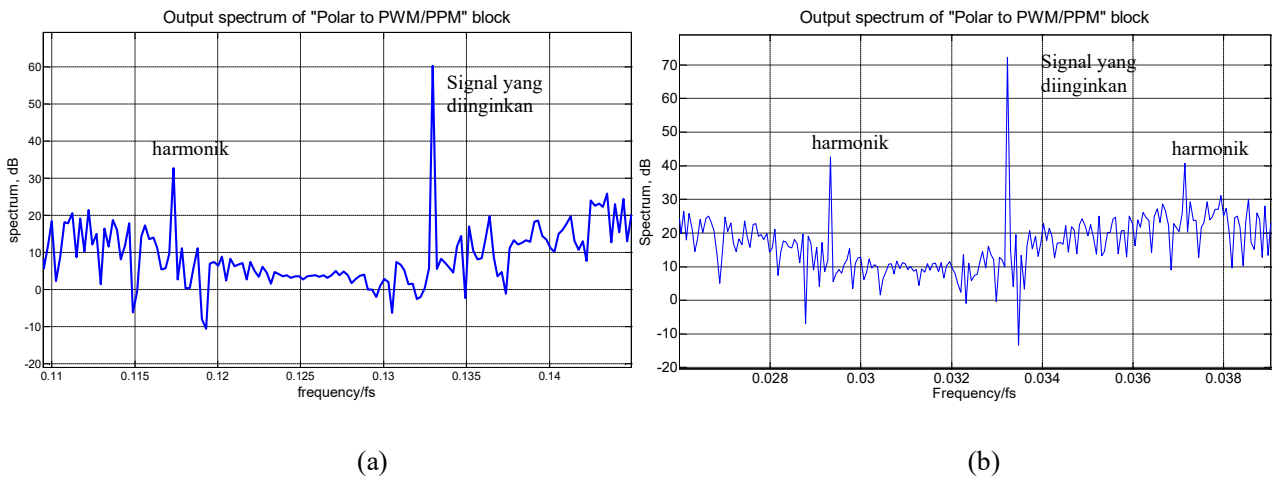
- b) Blok Quantiser-Q adalah fungsi kuantisasi sinyal polar. Sebelum proses kuantisasi, signal baseband  $[u_i, u_q]$  harus dikonversi (blok Car-to-Pol) kedalam koordinat Cartesian menjadi polar dan akan menghasilkan  $[v_r, v_\theta]$ . Metode konversi dapat dilakukan dengan persamaan umum  $R = \sqrt{I^2 + Q^2}$  dan  $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{Q}{I}\right)$ . Proses kuantisasi akan dilakukan secara terpisah baik yaitu untuk amplitude (blok  $Q_R$ ) dan fasa (blok  $Q_\theta$ ) menghasilkan  $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$ .
- c) Blok ‘Polar to PWM/PPM’ adalah fungsi menghasilkan sinyal waveform RF ( $w_n$ ). Pada Gambar 5.7., Luaran blok Quantiser format polar  $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$  akan diteruskan ke dalam blok ini, sedangkan format Cartesian  $[\hat{v}_i, \hat{v}_q]$  akan diteruskan ke unit feedback  $\Sigma\Delta$  filter.



**Gambar 5.7. Output PPM/PWM berupa waveform signal.**



**Gambar 5.8. Frekuensi spectrum pada keluaran “Polar to PWM/PPM”, DS-filter= MOD2, G=1, Q<sub>R</sub>=4, Q<sub>0</sub> =16, Sample per period =1024.**



**Gambar 5.9. Harmonik beupa *unwanted spectral components* dalam spektrum, (a) Q<sub>0</sub> =4, (b) Q<sub>0</sub> = 16, Sample per period =1024.**

Metode kuantisasi dari *pulsewidth period* untuk system konversi signal baseband polar menuju ke RF menggunakan PWM/PPM memunculkan distorsi di sekitar spectrum keluaran (walaupun *noise floor*-nya sudah yang sangat rendah dari *pulsewidth period* bernilai ganjil). Distorsi tersebut adalah signal harmonik pada setiap range frekuensi offsetnya ( $f_{offset}$  yaitu jarak antara  $f_c$  ke signal utama). Bentuk signal harmonik ini adalah *image* ( $-f_{offset}$ ), harmonik-3 ( $3f_{offset}$ ), harmonik-5 ( $5f_{offset}$ ) dan seterusnya pada setiap

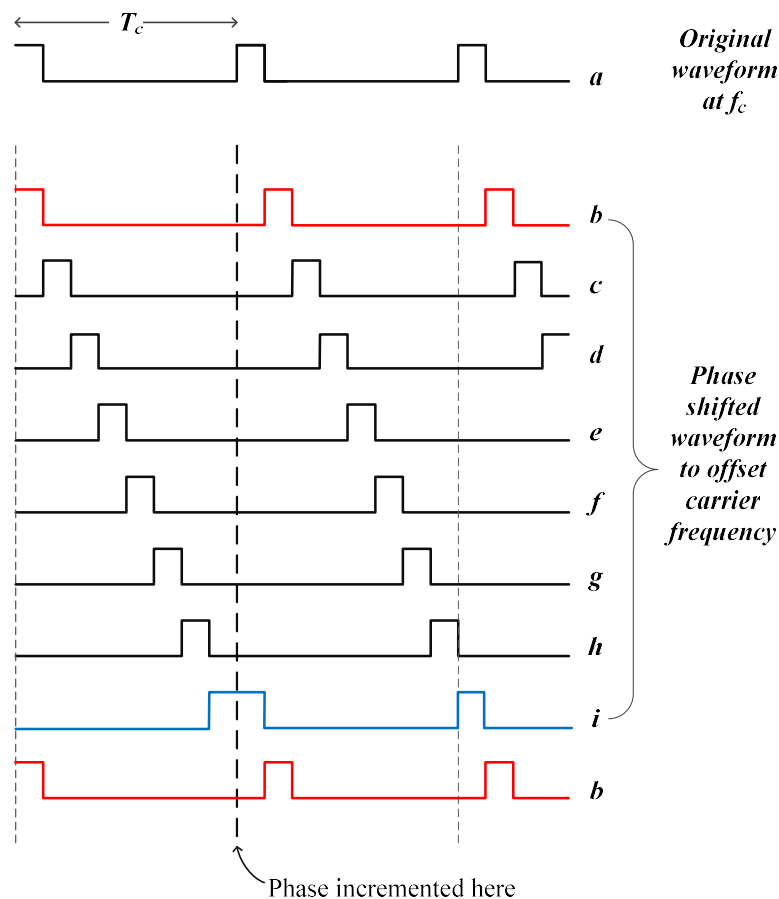
harmonik ganjil. Proses PPM merupakan hal yang paling krusial penyebab utama fenomena ini. Perubahan sebuah signal fasa diwakili oleh perubahan posisi pulsanya dan posisi awal pulsa tersebut (*pulse edge*) harus tepat terjadi pada awal pulsa periode (*digital timing*). Perbedaan OSR yang digunakan mempengaruhi perubahan level kuantisasi yang diinginkan. Tabel 5.1 berikut memperlihatkan variasi OSR dan efek level kuantisasi yang dihasilkan.

**Tabel 5.1. Kuantisasi level menurut OSR yang berbeda-beda**

$\alpha_o$	$OSR_{RF} (=N_p)$				
	4	8	16	32	64
$\alpha_E$					
0	0	0	0	0	0
2	1.2733	0.9003	0.4873	0.2484	0.1248
4	-	1.2733	0.9003	0.4873	0.2484
6	-	-	1.1763	0.7074	0.3696
8	-	-	1.2733	0.9003	0.4873
10	-	-	-	1.0587	0.6002
12	-	-	-	1.1763	0.7074
14	-	-	-	1.2488	0.8078
16	-	-	-	1.2733	0.9003
18	-	-	-	-	0.9843
20	-	-	-	-	1.0587
22	-	-	-	-	1.1229
24	-	-	-	-	1.1763
26	-	-	-	-	1.2184
28	-	-	-	-	1.2488
30	-	-	-	-	1.2671
32	-	-	-	-	1.2733

Output kuantiser dari sebuah signal baseband adalah berupa bit-bit dalam format polar  $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$ . Bit ini akan diteruskan menuju blok ‘Polar to PWM/PPM’ sehingga proses pulsa square waveform dapat dihasilkan. Proses PWM akan menyesuaikan perubahan amplitude pada pulsa square tersebut, sedangkan proses PPM akan menyesuaikan perubahan fasaya. Perubahan fasa bergantung kepada nilai perubahan carrier per period-nya. Setiap perubahan ini tentunya dapat mempengaruhi adanya perubahan level kuantisasi yang terjadi setiap saat. Demikian pula bahwa setiap perubahan amplitude mempengaruhi terjadinya loss atau gain pada perubahan durasi rasio amplitude-positif menuju amplitude-

negatif dan memunculkan distorsi lain, seperti distorsi AM. Saat pulsa berada diposisi atas (tinggi, berlogika “1”) dan ketika diposisi akhir untuk mengalami perubahan posisi logika maka pulsa ini akan mengikuti dan menyesuaikan perubahan pelebaran karena terikuti oleh pulsa pengikut lainnya dari periode lain, sehingga total perubahan lebar pulsa akan semakin melebar. Sebagaimana terlihat pada Gambar 5.10 berikut, *waveform a-h* adalah perubahan . pulsa yang beraturan dalam satu periode sama. Ketika pulsa waveform tersebut akan bergerer ke periode berikutnya, perubahan *waveform-h* menjadi terlihat di *waveform-i* dan mengalami pelebaran pulsa. Proses inilah kemudian memunculkan fenomena harmonik dan beberapa produk spektral liar yang tidak diinginkan disekitar band signal yang diinginkan.



**Gambar 5.10** Phase shift waveform saat pulsa mengganti posisi.

**5.3. Konseptual digital block bagi sigma delta based RF transmitter untuk aplikasi software radio multiband**

Konsep pengembangan RF transmitter dengan struktur  $\Sigma\Delta$  terlihat pada Gambar 5.6. Struktur ini disebut Cartesian  $\Sigma\Delta$ . Fenomena noise shaping terjadi pada blok awal RF transmitter yakni pada  $\Sigma\Delta$  modulatornya. Sedangkan fenomena harmonic terjadi pada blok “PWM/PPM” akibat proses konversi Polar kuantisasi menjadi pulse width.

*Softwareradio* akan memegang harapan untuk sebuah sistem baru dalam komunikasi wireless. Lebih khusus lagi dengan adanya proses pemakaian bersama spektrum frekuensi (*spectrum sharing*) melalui *dynamic-coordination*, sehingga sejenis frekuensi yang mengganggu (*white space*) dapat dikreasikan lebih mungkin kedalam penggunaan spektrumnya. Kemampuan *sharing spektrum* ini dapat dibangun melalui sistem shift (*paradigm-shift*) pada sistem komunikasi wireless dari pemancar (Tx) ke penerima (Rx) dengan jalan apapun saat *interference-power* lebih besar dari pemancaran Tx, **Mitola** (1999). Hal ini tentu berdampak pada adaptasi radio sesuai pada kondisi lingkungannya. *Software radio* akan berupa sistem komputer dan bahkan dianggap sebagai radio dalam sebuah komputer atau komputer sebagai Tx. Sistem ini menyediakan fitur teknologi komunikasi dan perhitungan kebutuhan bagi user terhadap jaringan diinginkannya.

*Software radio* memungkinkan sebuah konsep *multi-mode/multi-band* yang terdiri atas penerima dengan multi-penyambungan, **Vankka** (2005). Kanal yang diinginkan diseleksi dengan menggunakan sebuah filter seleksi kanal tetap pada frekuensi menengah dan lebar pita kanal yang diatur oleh parameter standar yang diberlakukan. Arsitektur umum *software radio* seperti terlihat pada Gambar 2.1. Pada konsep ini, konversi analog ke digital ditempatkan langsung pada sisi awal sistem. Setiap band yang masuk, yang memuat beberapa kanal, akan didigitalisasikan sehingga semua fungsi kerja radio yang dilaluinya akan diformasikan menggunakan program mikroprosesor DSP. Model sistem ideal penerima ini dapat pula dikonfigurasi kembali sehingga cocok pada semua band RF, modulasi ataupun format data, **Sirmayanti** (2010). Dengan sistem ini, jaringan komunikasi radio yang berlangsung mendapatkan keuntungan yang sangat signifikan terutama dalam hal pengurangan ukuran, biaya dan konsumsi daya.

## BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN



## 6.1 Kesimpulan Hasil

Dalam rangka menuju digitalisasi transmisi, *software radio* lebih mendekati pada eliminasi fungsi tradisional radio analog dengan *digital signal processing* (DSP). Sebuah konsep baru sistem transmitter RF akan diperkenalkan menggunakan struktur *Sigma-Delta* ( $\Sigma\Delta$ ), dimana struktur ini cocok diaplikasikan pada multi standard telekomunikasi. Teknik dasar  $\Sigma\Delta$  digunakan untuk mengelolah skema modulasi yang cukup kompleks pelaksanaannya seperti pada *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) sehingga dapat menghasilkan keluaran *pulse waveform*. Struktur upconverter berbasis Cartesian  $\Sigma\Delta$  tepat diaplikasikan untuk meningkatkan *dynamic range*, efisiensi dan linearitas pada desain transmitter-RF GHz. Selanjutnya, sebagian besar digitalisasi system komunikasi wireless mensyaratkan kesesuaian penyetelan (*tunability*) pada semua frekuensi band. Namun Cartesian  $\Sigma\Delta$  upconverter masih memiliki kekurangan dalam masalah noise dan gangguan harmonik dari band signal yang kita harapkan.

Permasalahan dan tantangan pada transmitter RF skema Cartesian  $\Sigma\Delta$  upconverter adalah fenomena noise shaping dan harmonik signal yang besar. Harmonik ini muncul setelah melalui proses kuantisasi. Harmonik signal merupakan gangguan signal (*distorsi*) terbesar karena menyebabkan interferensi dan mengurangi *strength signal* pada band signal yang diinginkan. Penerapan *tunability* (*baseband tuning*) untuk meningkatkan *dynamic range* pemodelan *upconveter* melalui akurasi *over sampling rasio* (OSR) dan pemilihan  $f_{\text{offset}}$  (*frequency offset*) yang tepat dapat dilakukan untuk solusi permasalahan.

## 6.2 Saran

- Dapat dilakukan penelitian lanjutan tentang konsep *tunability* pada struktur  $\Sigma\Delta$
- Validasi dapat dilakukan melalui aplikasi frekuensi tinggi misalnya pengukuran dengan Field-programable gate array (FPGA).

## DAFTAR PUSTAKA

- D. W. Alan **Solheim**. (19 March 2015). *Microwave Backhaul Radios Meet The Evolving Traffic Challenge*. Available: <http://mobiledevdesign.com/learning-resources/microwave-backhaul-radios-meet-evolving-traffic-challenge>
- F. M. **Ghannouchi** (2010), "Power amplifier and transmitter architectures for software defined radio systems," *Circuits and Systems Magazine, IEEE*, vol. 10, hal. 56-63.
- H. A. **Ruotsalainen**, H. Arthaber, dan G. Magerl (2013), "Quantization noise cancelation scheme for digital quadrature RF pulse encoding," *IEEE MTTs International*, hal. 1-4.
- H. **Ruotsalainen**, H. Arthaber, dan G. Magerl (2012), "A new quadrature PWM modulator with tunable center frequency for digital RF transmitters," *Circuits and Systems II: Express Briefs, IEEE Transactions on*, vol. 59, hal. 756-760.
- H. **Sjöland**, C. Bryant, V. Bassoo, dan M. Faulkner (2010), "Switched mode transmitter architectures," in *Analog Circuit Design*, ed: Springer, hal. 325-342.
- J. **Keyzer**, J. Hinrichs, A. Metzger, M. Iwamoto, I. Galton, dan P. Asbeck (2001), "Digital generation of RF signals for wireless communications with band-pass DS modulation," *Microwave Symposium Digest, 2001 IEEE MTT-S International*, hal. 2127-2130.
- J. **Keyzer**, R. Uang, Y. Sugiyama, M. Iwamoto, I. Galton, dan P. Asbeck (2002), "Generation of RF pulsewidth modulated microwave signals using delta-sigma modulation," *Microwave Symposium Digest, 2002 IEEE MTT-S International*, hal. 397-400.
- J. **Mitola** and G. Q. Maguire, Jr. (1999) Cognitive radio: making software radios more personal. *Personal Communications, IEEE*. 13-18.
- J. **Vankka** (2005), *Digital synthesizers and transmitters for software radio*: Springer.
- R. **Schreier**, G. C. Temes, and J. Wiley (2005), *Understanding delta-sigma data converters* vol. 74: IEEE press Piscataway, NJ.
- S. P. **Stapleton** (2003), "High efficiency RF power amplifiers using bandpass delta-sigma modulators," *Agilent Technologies, Inc*, hal. 1-22.
- S. **Sirmayanti** and Mike Faulkner (2014),  $\Sigma\Delta$  Modulator for Digital Wireless Architecture: A review a review, Proceeding in IEEE MICEEI International Conference, pp. 83-87, Nov 2014, DOI: 10.1109/MICEEI.2014.47067316.
- V. **Bassoo** dan M. Faulkner (2009), "Sigma-delta digital drive signals for switchmode power amplifiers," *Electronics Letters*, vol. 44, hal. 1299-1300.

B.100

## LAPORAN KARYA ILMIAH HASIL PENELITIAN PERIODE 2015-2018

1. Studi Dan Analisis Pemodelan End-To-End SNR Pada Transmisi Relay Dual-Hop Dengan Mixed-Multipath Fading Channel (2015)  
Penulis: Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D. / Lidemar Halide, S.T., M.T
2. Fenomena Noise Shaping Dan Harmonik Pada Sigma Delta Based RF Transmitter Untuk Aplikasi Software Radio Multiband (2016)  
Penulis: Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D. / Lidemar Halide, S.T., M.T
3. Akurasi Simetrik Distorsi Image Dan Solusi Image Cancellation Dari Fenomena Harmonik Up-Conversion Structure (2017)  
Penulis: Ir. Ichsan Mahjud, M.T / Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.
4. Penerapan Sistem Baseband Tuning Pada Pemodelan Transmisi Radio Frequency (Rf) Berbasis Software Radio, Tahun-1 (2017)  
Penulis: Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Farchia Ulfiah, M.T. / Airin Dewi Utami, S.T., M.T
5. Penerapan Sistem Baseband Tuning Pada Pemodelan Transmisi Radio Frequency (Rf) Berbasis Software Radio, Tahun-2 (2018)  
Penulis: Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D. / Irfan Syamsuddin, S.T., M.ComISM., Ph.D / Airin Dewi Utami, S.T., M.T./ Ir. Ichsan Mahjud, M.T
6. Perancangan Sigma-Delta Modulation Based Digital Filter Untuk Modul Praktikum Sistem Komunikasi Digital (2018)  
Penulis: Sulwan Dase, S.T., M.T. / Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.



**UPT PERPUSTAKAAN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
2018**

BIBIE  
NDANG

B.100

B.100

SIRMAYANTI, DKK

LAPORAN KARYA ILMIAH HASIL P

# LAPORAN KARYA ILMIAH HASIL PENELITIAN PERIODE 2015-2018

1. Studi Dan Analisis Pemodelan End-To-End SNR Pada Transmisi Relay Dual-Hop Dengan Mixed-Multipath Fading Channel (2015)  
Penulis: Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D. / Lidemar Halide, S.T., M.T
2. Fenomena Noise Shaping Dan Harmonik Pada Sigma Delta Based RF Transmitter Untuk Aplikasi Software Radio Multiband (2016)  
Penulis: Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D. / Lidemar Halide, S.T., M.T
3. Akurasi Simetrik Distorsi Image Dan Solusi Image Cancellation Dari Fenomena Harmonik Up-Conversion Structure (2017)  
Penulis: Ir. Ichsan Mahjud, M.T / Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.
4. Penerapan Sistem Baseband Tuning Pada Pemodelan Transmisi Radio Frequency (Rf) Berbasis Software Radio, Tahun-1 (2017)  
Penulis: Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Farchia Ulfiah, M.T. / Airin Dewi Utami, S.T., M.T
5. Penerapan Sistem Baseband Tuning Pada Pemodelan Transmisi Radio Frequency (Rf) Berbasis Software Radio, Tahun-2 (2018)  
Penulis: Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D. / Irfan Syamsuddin, S.T., M.ComISM., Ph.D / Airin Dewi Utami, S.T., M.T / Ir. Ichsan Mahjud, M.T
6. Perancangan Sigma-Delta Modulation Based Digital Filter Untuk Modul Praktikum Sistem Komunikasi Digital (2018)  
Penulis: Sulwan Dase, S.T., M.T. / Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.

PERPUSTAKAAN B.J. HABIBIE  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
KETT15  
SR  
C



**UPT PERPUSTAKAAN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
2018**

PERIODE 2015-2018

**LEMBAR**  
**HASIL PENILAIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU PEER REVIEW**  
**KARYA ILMIAH : HASIL PENELITIAN ATAU HASIL PEMIKIRAN YANG TIDAK DIPUBLIKASIKAN (TERSIMPAN DI PERPUSTAKAAN PERGURUAN TINGGI)\***

Judul Artikel : Fenomena Noise Shaping dan Harmonik pada Sigma Delta Based RF Transmitter untuk aplikasi software radio multiband

Jumlah Penulis : 2 (dua) orang  
 Status Pengusul : **penulis pertama**/~~Penulis kedua~~/~~penulis korespondensi~~ \*\*

Identitas Artikel : a. Nama Seminar :  
 b. Nomor ISSN :  
 c. Waktu Penyelenggaraan :  
 d. Penerbit/Penyelenggara : Perpustakaan PNUP  
 e. Tanggal Publikasi : Nov-16  
 f. DOI artikel (jika ada) :  
 g. Alamat web jurnal :  
 h. Keterangan (opsional) : LAPORAN HASIL PENELITIAN FUNDAMENTAL

Hasil Penilaian *Peer Review* :

Komponen Yang Dinilai	Nilai Maksimal Artikel			Nilai Akhir Yang Diperoleh
	Internasional/Internasional bereputasi** <input type="checkbox"/>	Nasional Terakreditasi <input type="checkbox"/>	Nasional *** <input type="checkbox"/>	
a. Kelengkapan unsur isi artikel (10%)				10
b. Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan (30%)				30
c. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi (30%)				28
d. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan/jurnal (30%)				27
<b>Total = (100%)</b>				<b>95</b>
<b>Nilai Pengusul = <math>95 \times 100\% =</math></b>				

Catatan Reviewer :

Sesuai bidang keahlian.

Makassar, 2 Ags 2021  
 Reviewer 2,

**Dr. Ir. Satjiani Said Akhmad, M.T.**  
 NIP. 19670904 199303 2 001  
 Unit kerja : Jurusan Teknik Elektro PNUP

\*Dinilai oleh dua Reviewer secara terpisah  
 \*\*coret yang tidak perlu  
 \*\*\*nasional/terindeks di DOAJ, CABI, Copernicus

**LEMBAR**  
**HASIL PENILAIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU PEER REVIEW**  
**KARYA ILMIAH: LAPORAN PENELITIAN YANG TIDAK DIPUBLIKASIKAN\***

Judul laporan : Fenomena Noise Shaping dan harmonic pada Sigma Delta Based RF Transmitter untuk Aplikasi Software Radio Multiband

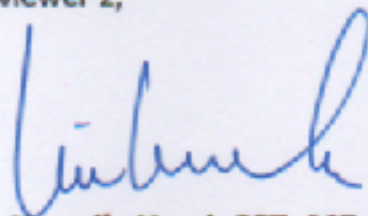
Penulis laporan : Sirmayanti, Lidemar Halide

Identitas laporan : a. Tahun terbit : 2016  
b. Penyandang Dana : DIPA PNUP  
c. Jumlah halaman : 26 halaman

Hasil Penilaian Peer Review :

No.	Komponen yang dinilai	Nilai Maksimum Laporan Penelitian	Nilai yang diberikan penilai (NP)
a.	Kelengkapan unsur isi laporan (10%) (Mencakup prakata, daftar isi, bab/bagian, daftar Pustaka, lembar pengesahan, dan kelengkapan lain)	0,2	0,2
b.	Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan (40%) (Memiliki relevansi dengan bidang keilmuan, melakukan analisis, eksplorasi, dan elaborasi terhadap masalah yang dibahas)	0,8	0,75
c.	Kecukupan dan kemuktahiran data/informasi dan metodologi (40%) (Mengungkap konsep dan mengkaji fenomena muktahir yang didukung data hasil penelitian, menggunakan kajian akademik ilmiah, bahasa yang mudah dipahami, serta didukung dengan pustaka yang relevan).	0,8	0,70
d.	Kebermanfaatan (10%) (Memberikan manfaat bagi kemajuan ilmu dan solusi bagi masalah yang dihadapi masyarakat)	0,2	0,15
Total = (100%)		2	1,80
Nilai Pengusul: <b>1,80</b>			
Catatan Penilai artikel oleh Reviewer: Laporan dapat diterima dan terpenuhi unsur ruang lingkup, memiliki relevansi dengan bidang keilmuan pengusul. Namun belum didukung dengan Pustaka yang up-to-date.			

Makassar, 11 September 2021  
Reviewer 2,



**lin Karmila Yusri, SST. MEng. PhD.**  
NIP. 19760403 200212 2 001  
Unit Kerja: Jurusan Teknik Elektro PNUP