

Kode>Nama Rumpun Ilmu:  
453/ Teknik Telekomunikasi

## LAPORAN AKHIR PENELITIAN PRODUK TERAPAN



PENERAPAN SISTEM *BASEBAND TUNING* PADA PEMODELAN  
TRANSMISI RADIO FREQUENCY (RF) BERBASIS SOFTWARE RADIO

### TIM PELAKSANA

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

NIDN: 0030037902

Ir. Farchia Ulfiah, M.T (Anggota 1)

NIDN: 0020086904

Airin Dewi Utami, S.T., M.T (Anggota 2)

NIDN: 0024057804

Dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian  
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan  
Kementrian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi  
Sesuai dengan kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2017  
Nomor: 052/SP2H/LT/DPRM/IV/2017, tanggal 3 April 2017

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
OKTOBER, 2017

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul : PENERAPAN SISTEM BASEBAND TUNING PADA  
PEMODELAN TRANSMISI RADIO FREQUENCY (RF)  
BERBASIS SOFTWARE RADIO

**Peneliti/Pelaksana**  
Nama Lengkap : SIRMAYANTI, S.T, M.Eng, Ph.D  
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang  
NIDN : 0030037902  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Program Studi : Teknik Telekomunikasi  
Nomor HP : (+62) 82291298633  
Alamat surel (e-mail) : sirma\_yanti@yahoo.com

**Anggota (1)**  
Nama Lengkap : Ir FARCHIA ULFIAH MT  
NIDN : 0020086904  
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang

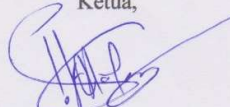
**Anggota (2)**  
Nama Lengkap : AIRIN DEWI UTAMI THAMRIN ST.,MT.  
NIDN : 0024057804  
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang

**Institusi Mitra (jika ada)**  
Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 70,750,000  
Biaya Keseluruhan : Rp 160,450,000

Mengetahui,  
Pembantu Direktur I PNUP



Kota Makassar, 26 - 10 - 2017  
Ketua,



( SIRMAYANTI, S.T, M.Eng, Ph.D)  
NIP/NIK 197903302001122001

Menyetujui,  
Ketua UPPM



**RANCANGAN PELAKSANAAN PENELITIAN**

Nama : SIRMAYANTI S.T, Ph.D, M.Eng  
 NIDN : 0030037902  
 Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang  
 Judul : PENERAPAN SISTEM BASEBAND TUNING PADA PEMODELAN TRANSMISI RADIO FREQUENCY (RF) BERBASIS SOFTWARE RADIO

Pendekatan dan metode penelitian yang digunakan : Simulasi pemodelan  
 Pemodelan Transmitter-RF GHz berstruktur Cartesian

Data yang akan diperoleh : upconverter. Penelitian akan difokuskan pada sisi perangkat pengirim telekomunikasi.  
 Dana Pelaporan:Rp 70,750,000.00

Anggaran yang akan digunakan : Dana Tambahan:Rp 0.00  
 a)Menentukan akurasi variabel OSR dan frekuensi offset yang tepat dalam kinerja transmitter-RF berstruktur .  
 b)Mengkaji pemodelan transmitter-RF melalui phase rotation & derotation dalam format Cartesian dan polar

Tujuan Penelitian : sebagai penerapan baseband IF tuning.  
 c)Mengimplementasikan hasil pemodelan transmitter-RF dalam validasi pengukuran melalui frekuensi nyata GHz dalam rangka mewujudkan kesesuaian standar sebagai aplikasi software.  
 {"- Teknologi Tepat Guna produk", "- Purwarupa/Prototipe produk", "- Metode produk", "- Publikasi Ilmiah Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi accepted/published", "- Publikasi Ilmiah Jurnal Internasional

Luaran wajib yang akan dicapai : accepted/published", "- Publikasi Ilmiah Jurnal Nasional Terakreditasi accepted/published", "- Sistem produk", "- Produk produk", "- Rekayasa Sosial produk", "- Strategi produk", "- Desain produk", "- Model produk", "- Karya Seni produk", "- Kebijakan produk"}  
 Luaran tambahan akan dicapai : {" "}


**Tahapan Pencapaian Luaran**

Bulan Ke	Rencana Capaian	Perseentase
01	Persiapan dan studi literatur	100
02	Perencanaan sistem design, updated lisensi software dan pengadaan alat & bahan penunjang	100
03	Pemodelan Kuantisasi digital , MOD2 dan variabel clock genap & digital pada distorsi interferensi	100

04	Analisa OSR dan foffset yang tepat dalam kinerja transmiter-RF	100
05	Pemodelan Spurious Removal denan metode IF Tuning	100
06	Penyusunan draf publikasi (jurnal)	100
07	Pelaksanaan seminar conference nasional dan publikasi artikel (jurnal)	100
08	Penyusunan Laporan Akhir dan Seminar	100

Kota Makassar, 26 - 10 - 2017

Ketua,



(SIRMAYANTI, S.T, M.Eng, Ph.D)  
NIP/NIK 197903302001122001

Mengetahui,  
Pembantu Direktur I PNUP



(Ibrahim Abduh, S.ST., M.T.)  
NIP/NIK 196805141993091001



Mengetahui,  
Ketua UPPM



(Ir. Suryanto, M.Sc., P.hD)  
NIP/NIK 195908261988031002



## RINGKASAN

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.

Tujuan penelitian ini adalah penerapan *tunability* (*baseband tuning*) untuk meningkatkan *dynamic range* pemodelan *upconveter* melalui akurasi *over sampling rasio* (OSR) dan pemilihan  $f_{offset}$  (*frequency offset*) yang tepat. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya oleh **Sirmayanti** (2014) yaitu mengaplikasikan  $f_{offset}$  pada sinyal input dalam posisi *noise null*. Metode yang akan diusulkan yakni sinyal transmisi akan di $offset$  dari frekuensi pembawanya melalui variable OSR yang berbeda-beda, kemudian dilakukan *channel tuning* melalui variabel nilai *offset* yang besar sebagai solusi terbaiknya. Metode kuantisasi joint akan diterapkan untuk meningkatkan level noise kuantisasi yang terbukti dapat menurunkan *noise floor* hingga 3dB, **Sirmayanti** (2013).

Target penelitian ini adalah peningkatan kinerja pemodelan transmisi digital wireless-RF sehingga dapat diaplikasikan melalui *software radio* berdaya rendah, murah dan bereffisiensi tinggi. Pemodelan ini selanjutnya dapat dirancang dalam bentuk chip *integration circuit* setelah melalui validasi pengukuran pada frekuensi real GHz. Kontribusi penelitian ini adalah diharapkan dapat mengembangkan pemodelan digitalisasi perangkat transmisi RF yang lebih optimal, terbaru dan diaplikasikan dalam sistem telekomunikasi wireless masa depan. Hasil penelitian ini akan memberikan sumbangan kontribusi ilmu pengetahuan berupa teknik modulasi  $\Sigma\Delta$ , kuantisasi  $\Sigma\Delta$ , konsep *software defined radio* (SDR) dan desain transmisi-RF.

## PRAKATA

*Bismillahirrahmaanirrahim.*

Dengan memanjatkan puji syukur atas limpahan segala rahmat kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas anugrahNya dan hidayahNya sehingga penelitian dengan judul **”PENERAPAN SISTEM *BASEBAND TUNING* PADA PEMODELAN TRANSMISI RADIO FREQUENCY (RF) BERBASIS SOFTWARE RADIO”** dapat dikerjakan sesuai dengan waktu yang direncanakan.

Dengan selesainya penelitian ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi dan 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, Oktober 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan yang telah diteliti	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Software radio pada komunikasi wireless	3
2.2 Modulasi $\Sigma\Delta$	4
2.3 Arsitektur transmitter-RF berstruktur $\Sigma\Delta$	5
2.3.1 Arsitektur band-pass $\Sigma\Delta$	5
2.3.2 Arsitektur polar $\Sigma\Delta$	6
2.4 Studi pendahuluan yang telah dilakukan	8
2.5 Road map penelitian	10
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	11
3.1 Tujuan Penelitian	11
3.2 Manfaat Penelitian	11
BAB 4. METODE PENELITIAN	12
4.1 Lokasi dan waktu penelitian	12
4.2 Konseptual dan scenario pemodelan	12
4.3 Bagan alir penelitian	13
4.3.1 Fish Bone	14
4.3.2 Langkah-langkah penelitian	14
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	18
5.1 Pemodelan Kuantisasi digital $\Sigma\Delta$ dan fenomena distorsi interferensi	18
5.2 Akurasi OSR dan $f_{offset}$ yang tepat dalam kinerja transmitter-RF $\Sigma\Delta$	20
5.3. Konseptual digital block bagi sigma delta based RF transmitter untuk aplikasi software radio multiband	24
5.4 Hasil Capaian	25
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	26
7.1 Kesimpulan Hasil	26
7.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27

# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar belakang

*Software radio* merupakan sebuah konsep pengembangan *multi-mode/multi-band* sebagai solusi dari semakin meningkatnya ketidakcocokan standar-standar *air-interface* komunikasi radio. Sistem radio seharusnya dapat digunakan sama pada semua perangkat keras komunikasi dimanapun di seluruh dunia. Sebuah perangkat telepon (*phone*) seharusnya dapat mengakomodasi sistem *global system for mobile communications* (GSM) dan *wideband-code division multiple access* (W-CDMA) sebagai standar di Eropa, *Pacific digital cellular* (PDC) dan *personal handy phone system* (PHS) sebagai standar di Asia, dan juga pada *Interim standard 54* (IS-54), IS-95 dan CDMA2000 sebagai standar di Amerika. Demikian pula bahwa *phone* tersebut juga seharusnya dapat mengakomodasi perbedaan fungsi-fungsi sistem komunikasi seperti selular *universal mobile telecommunications systems* (UMTS), *cordless* (contoh *digital enhanced cordless telekommunications* (DECT)), satelit UMTS, area jaringan pribadi (contoh *buetooth*) dan area jaringan lokal (contoh IEEE 802.11). Bahkan untuk beberapa fungsi terbaru dalam generasi keempat (G4) dan *future* G5 dan sistem *mobile* juga akan bertambah dalam daftar tersebut. Dengan demikian *software radio* dikembangkan agar terdapat suatu standar tunggal untuk dapat menguasai semua area dan semua pelayanan, sehingga pemakai cukup menggunakan satu sistem *handset* saja namun bersifat *multi-mode/multi-band*, Arfi (2015).

*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 sistem transmitter radio frequency (RF) kini telah diperkenalkan dengan menggunakan struktur *Sigma-Delta* ( $\Sigma\Delta$ ) yang akan menggantikan struktur komponen analog seperti *low pass filter* (LPF), modulator dan *band pass filter* (BPF), *local oscillator* (LO).

Salah satu model transmitter-RF yang berstruktur  $\Sigma\Delta$  adalah Cartesian  $\Sigma\Delta$  *upconverter*, dimana struktur ini cocok diaplikasikan pada standard WLAN dan WCDMA, Bassoo (2009). Performasi arsitektur *upconverter* ini dapat menjadi tolak ukur yang sangat penting untuk mencapai efisiensi tinggi dan linearitas terbaik dalam *men-drive* penguat-penguat kelas *switch mode* (SMPA). Skema tersebut diatas dapat



menghasilkan noise terendah (*noise null*) tepat pada frekuensi pembawa,  $f_c$  (*carrier frequency*), atau diatur pada  $\frac{1}{4}$  dari frekuensi detak,  $f_{clock}$  (*clock frequency*).

## 1.2 Permasalahan yang telah diteliti

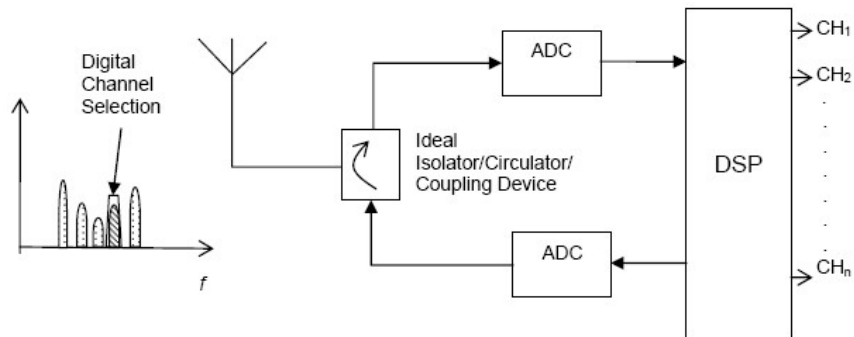
Hasil penelitian oleh **Sirmayanti** (2012) bahwa jika signal transmisi yang berada tepat pada  $f_c$  maka tidak akan memperoleh distorsi pengganggu sinyal. Namun demikian, sebagian besar system wireless mensyaratkan kesesuaian penyetelan (*tunability*) pada semua frekuensi band. Terdapat dua solusi yang mungkin dapat dilakukan; pertama, mengganti  $f_{clock}$  pada sirkuit *upconverter*, namun berdampak pada kesatuan waktu (*synthesized clock*) dan juga ketersediaan resolusi frekuensi yang tepat. Kedua, mengaplikasikan  $f_{offset}$  (*frequency offset*) pada sinyal input dalam posisi *noise null*. Dari kedua hal tersebut, hal yang paling mudah dilakukan adalah solusi opsi yang kedua karena  $f_{offset}$  dapat dibangkitkan pada sirkuit baseband yang sudah ada. Namun permasalahan distorsi (gangguan sinyal pengganggu yang tidak diinginkan) masih akan muncul saat  $f_{clock}$  yang *dioffset*.

Oleh karena itu, penelitian ini telah melakukan penerapan *tunability* untuk meningkatkan *dynamic range* pemodelan *upconveter* tersebut. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya oleh **Sirmayanti** (2014). Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa saat variable  $f_{offset}$  meningkat dan jika seluruh band *dishiff* melalui *intermediate frequency* (IF) maka produk distorti secara nyata akan berpindah jauh dari posisi  $f_c$ . Namun hasil penelitian ini masih menggunakan resolusi metode kuantisasi dimensi satu yaitu kuantisasi ganjil saja. Dengan demikian, metode yang akan diusulkan yakni sinyal transmisi akan *dioffset* dari frekuensi pembawanya menggunakan variable *over sampling rasio* (OSR) yang berbeda-beda, kemudian dilakukan *channel tuning* melalui variable-variabel nilai *offset* yang besar sebagai solusi terbaiknya. Metode kuantisasi joint akan diterapkan untuk meningkatkan level noise kuantisasi yang terbukti dapat menurunkan *noise floor* hingga 3dB, **Sirmayanti** (2012). Pola skema ini diharapkan dapat mengantarkan sinyal yang diinginkan (*desired signal*) mencapai posisi frekuensi pusat tepat berada pada *noise floor* terendahnya sementara distorsi harmoniknya akan tergeser menjauhi *desired signal* tersebut.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Software radio pada komunikasi wireless

*Software radio* 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 menganggur (*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.



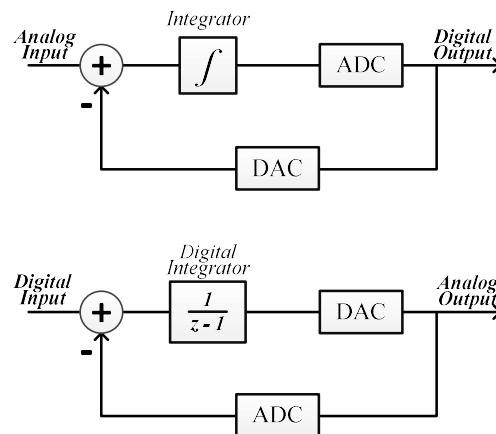
Gambar 2.1 Arsitektur ideal software radio.

*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.

## 2.2 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 sehingga memudahkannya diaplikasikan sebagai unsur komponen elektronik. 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 2.2.  $\Sigma\Delta$  modulator sebagai ADC and DAC (bawah).

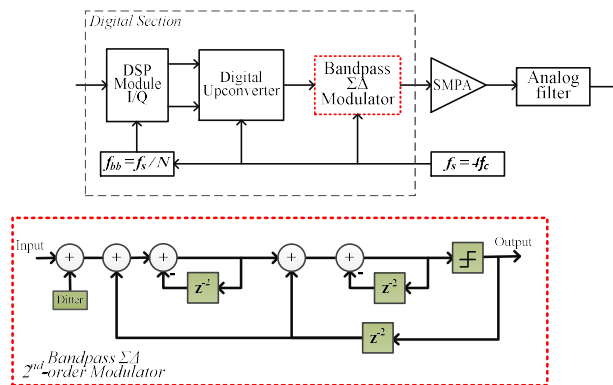
Gambar 2.2 (atas) memperlihatkan struktur analog dasar sebuah ADC dengan filter (*intergrator*), sedangkan Gambar 2.2 (bawah) memperlihatkan struktur DSP sebuah DAC dengan filter (*digital integrator*) dan linear  $z$ -domainnya. Modulator  $\Sigma\Delta$  dapat dinormalisasikan secara linear untuk memudahkan 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  $U(z)$ .

## 2.3 Arsitektur transmitter-RF berstruktur $\Sigma\Delta$

### 2.3.1 Arsitektur band-pass $\Sigma\Delta$

Teknik modulasi *band-pass*  $\Sigma\Delta$  merupakan solusi struktur permulaan untuk desain pemancar RF menggunakan *switch mode power amplifier* (SMPA). Keyzer (2001) dalam penelitiannya bahwa modulator *band-pass*  $\Sigma\Delta$  mampu menghasilkan sebuah deretan signal pulsa dan mampu menekan noise hasil kuantisasi sehingga sangat cocok sebagai masukan ke penguat-penguat SMPA, seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Struktur band-pass  $\Sigma\Delta$  ( $2^{nd}$  order).

Teknik modulasi ini dapat menghilangkan prosesi analog melalui konversi DSP yaitu dengan cara mengganti *band-pass*  $\Sigma\Delta$  1-bit ADC dengan *band-pass*  $\Sigma\Delta$  1-bit DAC. Modul DSP digunakan untuk menghasilkan input signal baseband  $I-Q$ . Setelah itu, kedua input tersebut akan diinterpolasi dengan frekuensi cuplik (*sampling frequency*) yang cukup besar sebelum dilakukan konversi sinyal. Metode konversi dilakukan dengan cara masing-masing signal baseband  $I-Q$  dikalikan dengan deret pulsa 1,1,-1,-1,... (untuk baseband- $I$ ) and -1,1,1,-1,... (untuk baseband- $Q$ ). Hasil proses konversi kemudian digabungkan dan diteruskan ke modulator *band-pass*  $\Sigma\Delta$  dimana akan menghasilkan sederetan signal digita untuk kemudian diteruskan ke SMPA. Teknik modulasi ini memerlukan *sampling frequency* yang empat kali lebih besar dari frekuensi pembawa (*carrier frequency*) RF. Dengan tingginya kecepatan waktu (*clock rate*) tersebut maka pula memerlukan konsumsi daya yang besar sehingga bisa mengurangi efisiensi sistemnya.

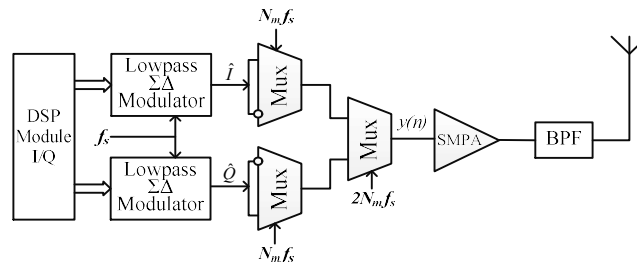
Implementasi lain pada teknik *band-pass*  $\Sigma\Delta$  dalam konversi sinyal yaitu menggunakan kombinasi dua modulator *low-pass*  $\Sigma\Delta$  untuk masing-masing baseband-*I* dan baseband-*Q*, Helaoui (2008). Seperti terlihat pada Gambar 2.4, konsep ini juga dilengkapi dengan tiga buah unit *multiplexer* (Mux) yang beroperasi seperti *quadrature modulator* untuk mengkonversi bit kuantisasi  $\hat{I}-\hat{Q}$  ke bentuk sinyal RF melalui frekuensi pembawa (*carrier frequency*,  $f_c$ ). Hal ini dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$y_{RF}(n) = \hat{Q} \sin\left(2\pi n \frac{f_c}{f_{clock}}\right) + \hat{I} \cos\left(2\pi n \frac{f_c}{f_{clock}}\right) \quad (1)$$

Pada saat  $f_{clock} = 4f_c$  maka persamaan (1) menjadi:

$$\sin\left(2\pi n \frac{f_c}{f_{clock}}\right) = 0,1,0,-1,0,1, \dots \quad (2)$$

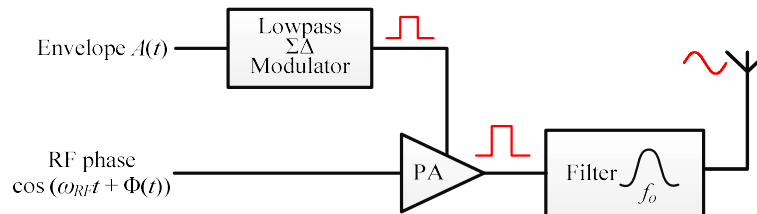
$$\cos\left(2\pi n \frac{f_c}{f_{clock}}\right) = 1,0,-1,0,1,0 \dots \quad (3)$$



Gambar 2.4. Struktur *band-pass*  $\Sigma\Delta$  (two *low-pass*  $\Sigma\Delta$ s).

### 2.3.2 Arsitektur polar $\Sigma\Delta$

Teknik polar  $\Sigma\Delta$  beroperasi pada sinyal berskema polar (amplituda  $A(t)$  and fasa  $\Phi(t)$ ) dan bukan skema *I-Q*, Nielsen (2007). Struktur polar  $\Sigma\Delta$  ini telah diperkenalkan bertujuan untuk mengurangi aktivitas switching dan mengurangi penggunaan komponen analog.

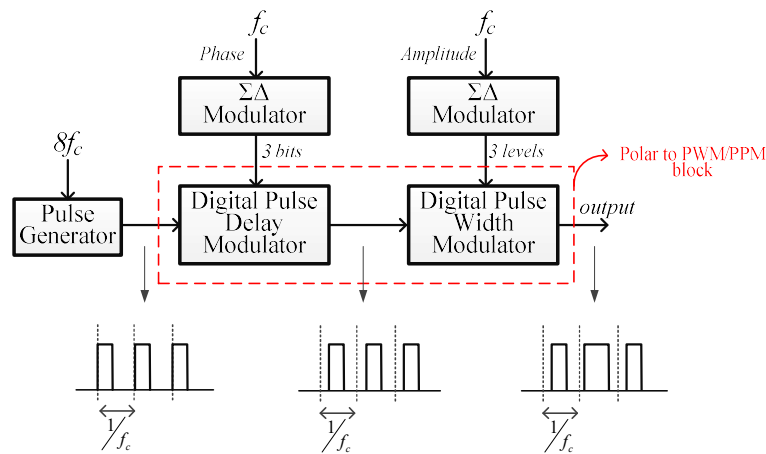


Gambar 2.5. Arsitektur polar  $\Sigma\Delta$  based burst-mode.

Gambar 2.5 memperlihatkan struktur polar  $\Sigma\Delta$  yang terdiri atas modulator *low-pass*  $\Sigma\Delta$  1-bit dan sebuah gerbang penguat. Setiap sampel amplituda sinyal input  $A(t)$  akan mewakili nilai rata-rata periode ‘on’-‘off’ berbentuk signal pulsa dan inilah sebagai bagian output modulator *low-pass*  $\Sigma\Delta$ . Sedangkan fasa input akan mewakili

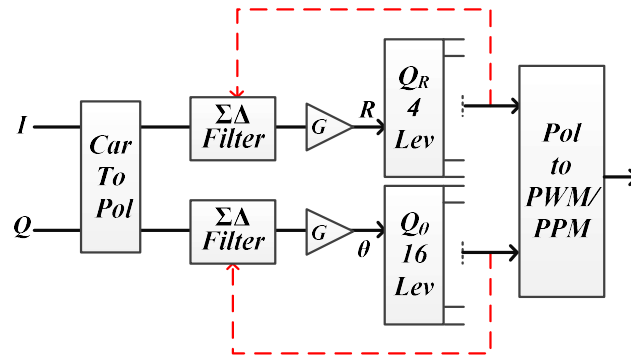
pewaktuannya pada pembawa RF. Gerbang penguat beroperasi dalam mode saturasi dengan input berupa gelombang segiempat.

Keyzer (2002) melakukan penelitian serupa dengan mengembangkan struktur  $\Sigma\Delta$  melalui dua modulator  $\Sigma\Delta$ , dimana masing-masing modulator menghasilkan pulsa signal yang mengandung nilai amplitude dan fasa signal. Struktur  $\Sigma\Delta$  juga dirancang dengan menambahkan blok konversi *pulse width modulation* (PWM) dan *pulse position modulation* (PPM), terlihat pada Gambar 2.6. Amplitude signal dikuantisasi kedalam tiga level dan fasa signal dikuantisasi kedalam delapan level. *Digital pulse delay modulator* berperan pada input pemodulasi fasa dalam periode  $f_c$  dan *digital pulse delay modulator* berperan menghasilkan output termodulasi fasa dalam periode  $\frac{1}{8f_c}$ . Proses selanjutnya adalah *pulse expander* untuk mengubah-ubah lebar fasa. Struktur ini mampu mengurangi penggunaan jumlah pulsa dalam satu periode dan hampir tidak terdapat *switching pulse* disaat signal inputnya kecil. Struktur ini sangat baik diterapkan dalam transmitter-RF karena memiliki efisiensi yang sangat baik namun kelemahannya ialah terbentuknya lebar pulsa (bandwidth) yang sangat besar.



Gambar 2.6. Arsitektur polar  $\Sigma\Delta$  architecture oleh Keyzer (2002).

Bassoo (2009) melakukan penelitian pengembangan pada struktur polar  $\Sigma\Delta$  seperti terlihat pada Gambar 2.7. Input signal berupa baseband  $I-Q$  dikonversi kedalam format polar menghasilkan  $R, \theta$ . Dua buah modulator *low-pass*  $\Sigma\Delta$  ditempatkan untuk masing-masing signal  $R$  (amplituda) dan  $\theta$  (fasa). Nilai  $R$  dikuantisasi dalam 4 level sedangkan dan  $\theta$  dikuantisasi dalam 16 level terdistribusi antara nilai 0 hingga  $2\pi$ . Luaran hasil kuantisasi akan dijadikan unit *loop* (*feedback*) kembali ke filter  $\Sigma\Delta$  dan sekaligus juga diteruskan ke blok ‘Polar to PWM/PPM’ untuk menghasilkan pulsa *waveform*. Hasil inilah kemudian akan menjadi input untuk SMPA.



Gambar 2.7. Arsitektur polar  $\Sigma\Delta$  oleh Bassoo (2009).

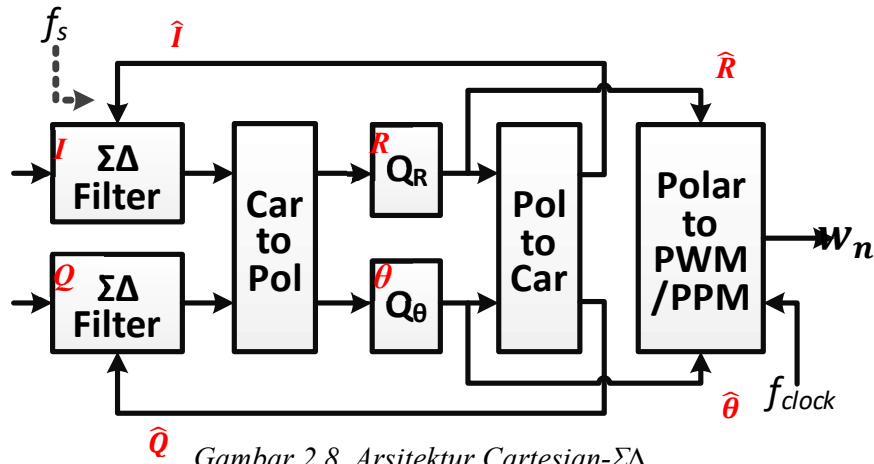
Dari hasil studi pustaka dan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa struktur  $\Sigma\Delta$  dapat menghasilkan akurasi lebar dan posisi pulsa pada setiap cycle di frekuensi pembawa (*carrier frequency*). Dengan demikian dalam struktur  $\Sigma\Delta$  signal fasa harus dimodifikasi untuk mengurangi pergeseran fasa. Selain itu, struktur polar  $\Sigma\Delta$  memiliki bandwidth besar dibandingkan dengan struktur  $I-Q$  sehingga proses ini bisa mengurangi modulasi lebar pita yang diinginkan. Walaupun demikian, struktur ini tetap unggul dalam mengurangi kecepatan cuplik. Kekurangan struktur polar  $\Sigma\Delta$  terdapat pada *noise quantization* dan *noise floor* yang tinggi yang menyebabkan munculnya banyak komponen spectral yang tak diinginkan bahkan menjadi gangguan bagi signal utama. Kuantisasi level pada struktur-struktur diatas umumnya masih bergantung pada periode clock umum. Peningkatan kinerja dengan meneliti model kuantisasi per periode clock dengan mempertimbangkan setiap perubahan OSR diharapkan akan lebih akurat sehingga dapat sangat berpengaruh dalam membentuk lebar dan posisi bagi signal RF yang lebih efisien.

Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian yang berupaya untuk meningkatkan kinerja struktur transmisi digital wireless-RF dengan meningkatkan *dynamis range* melalui *baseband tuning* dan menjauhkan *harmonic distortion* dari signal yang diinginkan. Hal ini akan dilakukan melalui metode kuantisasi polar dua dimensi yang disebut kuantisasi joint.

#### 2.4 Studi pendahuluan yang telah dilakukan

Telah dilaksanakan beberapa studi pendahuluan untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan. Studi pendahuluan yang telah dilakukan adalah berupa studi pustaka dan penelitian pendahuluan terutama tentang pengembangan struktur  $\Sigma\Delta$  menuju aplikasi sistem transmisi-RF.

Beberapa penelitian berupa simulasi karakteristik telah dilakukan pada struktur dasar filter  $\Sigma\Delta$  yakni modulator  $\Sigma\Delta$  orde-1 (MOD1) dan orde-2 (MOD2). Perbandingan struktur  $\Sigma\Delta$  MOD1 dan MOD2 dapat memperlihatkan fenomena *noise shaping*. Semakin tinggi OSR dan level ordernya, *noise shaping* akan semakin kecil. Dari hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa MOD2 mampu menekan noise shaping lebih baik daripada MOD1.



Gambar 2.8. Arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$ .

Studi pendahuluan selanjutnya yang telah dilaksanakan adalah sebuah pengembangan baru dari modulator polar  $\Sigma\Delta$  menuju struktur Cartesian  $\Sigma\Delta$  seperti pada Gambar 2.8. Format Cartesian- $\Sigma\Delta$  diajukan untuk mengatasi masalah pelebaran lebar pita (*switching bandwidth*) dan fleksibilitas perangkat transmisi untuk mengeliminasi beberapa komponen analog, **Sirmayanti** (2011). Skema Cartesian- $\Sigma\Delta$  senantiasa mempertimbangkan *carrier frekuensi* ( $f_c$ ) yang terhamonisasi dengan *clock frekuensi* ( $f_{clock}$ ) pada sisi unit *feedback* filter  $\Sigma\Delta$ . Misalnya jika  $f_{clock}=4f_c$ , akan berarti menggeser *carrier frekuensi* juga akan menggeser *clock frekuensi*.

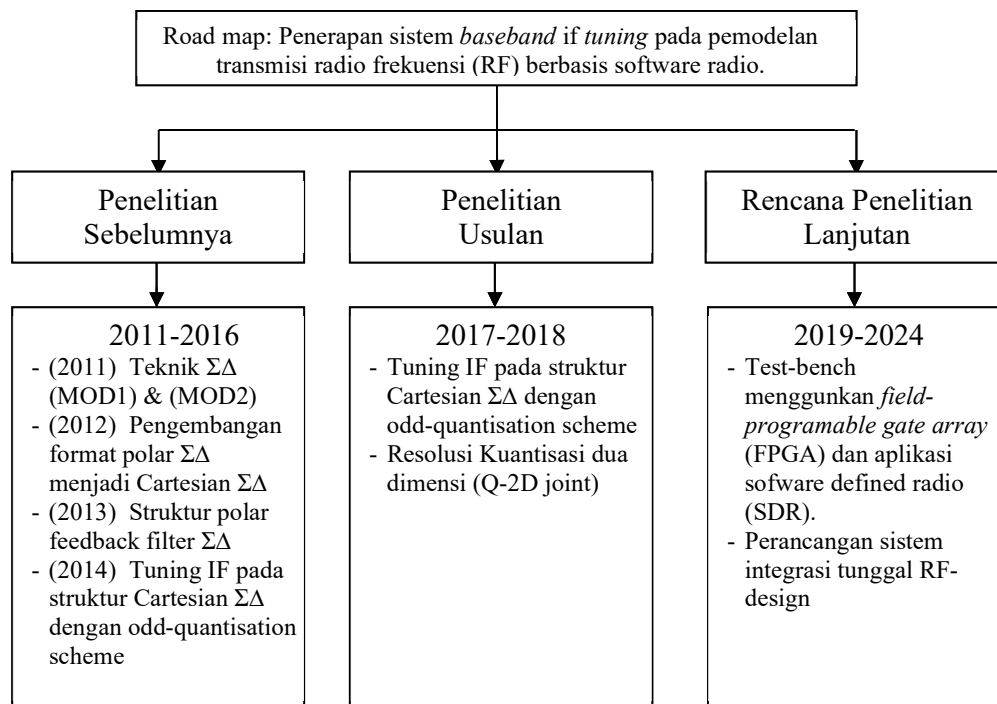
Konsep dasar arsitektur modulator  $\Sigma\Delta$  sebagai digital converter juga telah dilaksanakan. **Sirmayanti** (2014) dalam hasil review studi literature menunjukan metode arsitektur yang tepat untuk optimalisasi struktur filter  $\Sigma\Delta$ . Metode penelitian dilakukan dengan cara membandingkan signal level pada *spectrum adjance control power* (ACP) antara polar dan Cartesian  $\Sigma\Delta$ s menggunakan signal OFDM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur Cartesian  $\Sigma\Delta$  (Cartesian  $\Sigma\Delta$  upconverters) memiliki keunggulan dibandingkan dengan struktur *band pass*  $\Sigma\Delta$  dan polar  $\Sigma\Delta$  terutama pada permasalahan *bandwidth expansion* dan penurunan *switching activity*.



Penelitian *baseband IF tuning* sebelumnya oleh **Sirmayanti** (2014) masih dititikberatkan metode kuantisasi dari *pulsewidth period* bernilai ganjil. Dari hasil penelitian ini, 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 offestnya ( $f_{offset}$  yaitu jarak antara  $f_c$  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*). Solusi *baseband IF tuning* diharapkan dapat menekan noise null dan menggeser sejauh mungkin distorsi-distorsi tersebut dari *desired signal*.

## 2.5 Road map penelitian

Road map penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9. Peta penelitian yang telah dilakukan, yang sedang diusulkan dan arah rencana penelitian selanjutnya.

## BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

### 3.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk:

- a. Menentukan akurasi variabel OSR dan  $f_{offset}$  yang tepat dalam kinerja transmitter-RF berstruktur  $\Sigma\Delta$ .
- b. Mengkaji pemodelan transmitter-RF melalui *phase rotation & derotation* dalam format Cartesian dan polar sebagai penerapan *baseband IF tuning*.
- c. Mengimplementasikan hasil pemodelan transmitter-RF dalam validasi pengukuran melalui frekuensi nyata GHz dalam rangka mewujudkan kesesuaian standar sebagai aplikasi software.

### 3.2 Manfaat Penelitian

Metode struktur  $\Sigma\Delta$  adalah termasuk yang direkomendasikan dalam desain transmisi digital RF. Hal ini semakin memungkinkan dikembangkan sebuah perangkat baru transmisi-RF berbasis *software radio* yang berdaya sangat rendah dan dengan ukuran perangkat transmitter yang kecil. Teknologi 5G pada kisaran 20 Gbps (nantinya menuju unlimited bps pada generasi 6G) dan konsep digitalisasi struktur transmitter yang terintegrasi dalam aplikasi *software defined radio* (SDR) akan dipersyaratkan pada struktur arsitektur dan infrastruktur teknologi berdimensi kecil dan hanya membutuhkan energi daya yang kecil (*mWatt transmitter*).

Manfaat penelitian ini adalah untuk peningkatan kinerja transmisi-RF baik dari segi efisiensi dan kelinearannya. Hasilnya akan diterapkan pada pembangunan arsitektur RF berstruktur  $\Sigma\Delta$  full digital murni untuk aplikasi sebagai sebuah *software radio*. Hasil metode ini kelak dapat dirancang oleh peneliti di bidang mikroelektronika RF-design dalam bentuk digital circuit sehingga menghasilkan sebuah chip tunggal sebagai transmitter-RF *integration circuit* (IC).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan pemodelan digitalisasi perangkat transmisi RF yang lebih optimal, terbaru dan diaplikasikan dalam sistem telekomunikasi wireless masa depan. Hasil penelitian ini akan memberikan sumbangan kontribusi ilmu pengetahuan berupa teknik modulasi  $\Sigma\Delta$ , kuantisasi  $\Sigma\Delta$ , dan konsep SDR.

## BAB IV. METODE PENELITIAN

Metode penelitian untuk peningkatan kinerja pemodelan transmisi-RF berbasis *software radio* adalah dimulai dengan desain, simulasi, analisis dan pengukuran validasi yang akan dilakukan secara bertahap. Desain Cartesian  $\Sigma\Delta$  sebagaimana telah dilaksanakan di penelitian dan studi pendahuluan sebelumnya (road map penelitian pada Gambar 2.9) kini akan dikembangkan pada sisi blok Kuantisernya dengan menambahkan unit *offset phase rotation* dan *derotation*. Simulasi akan dibuat untuk menginvestigasi karakteristik kuantisasi joint. Analisis akan dilaksanakan untuk mengetahui tingkat resolusi yang terbaik pada pemilihan variasi OSR dan  $f_{offset}$  yang digunakan untuk berbagai level kuantisasi yang digunakan. Analisis ini juga berupa analisis matematika sehingga validasi simulasi dapat dibandingkan dengan perhitungan secara teorinya. Tahap terakhir adalah validasi keseluruhan simulasi melalui pengukuran kepada frekuensi real (GHz).

Penelitian pada tahun pertama ini, hal yang telah dilaksanakan yakni dengan menentukan akurasi variabel OSR dan  $f_{offset}$  yang tepat dalam kinerja transmitter-RF berstruktur  $\Sigma\Delta$ . Pemilihan OSR yang tepat mempengaruhi level  $f_{offset}$  yang akan digunakan seperti kesesuaiannya pada standar WLAN dan WCDMA.

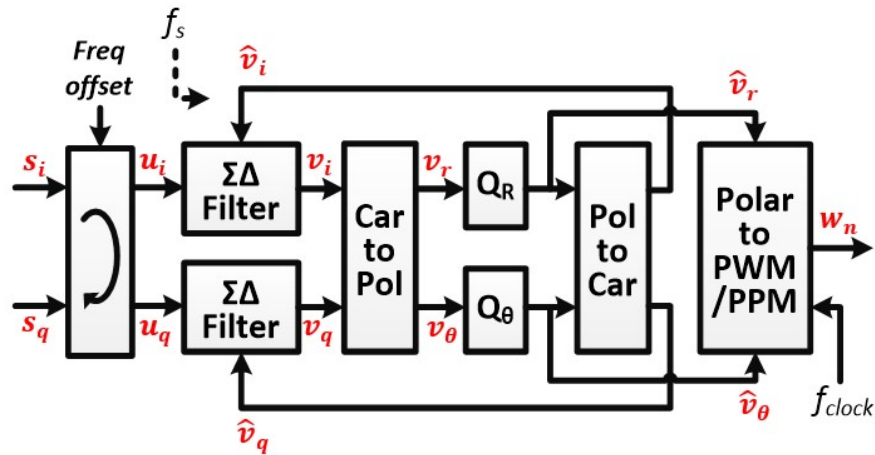
### 4.1 Lokasi dan waktu penelitian

Pelaksanaan simulasi dan pengukuran telah dilakukan di Laboratorium Frekuensi Tinggi, Transmisi dan Gelombang Mikro Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Waktu pelaksanaan telah dilakukan selama enam (6) bulan dari delapan (8) bulan perencanaan di tahun pertama ini (2017).

### 4.2 Konseptual dan skenario pemodelan

Konsep pengembangan RF transmitter dengan struktur  $\Sigma\Delta$  terlihat pada Gambar 4.1. Konseptual penelitian ini akan diuraikan pada tiap blok struktur yaitu blok  $\Sigma\Delta$  filter, blok kuantisasi Q dan blok Polar-to-PWM/PPM. Parameter penelitian ini terlihat jelas pada gambar di atas dimana masing-masing variable ukur adalah parameter-parameter yang akan disimulasikan.



Gambar 4.1 Skema Cartesian  $\Sigma\Delta$  dimana joint quantisation diaplikasikan dalam skenario baseband tuning.

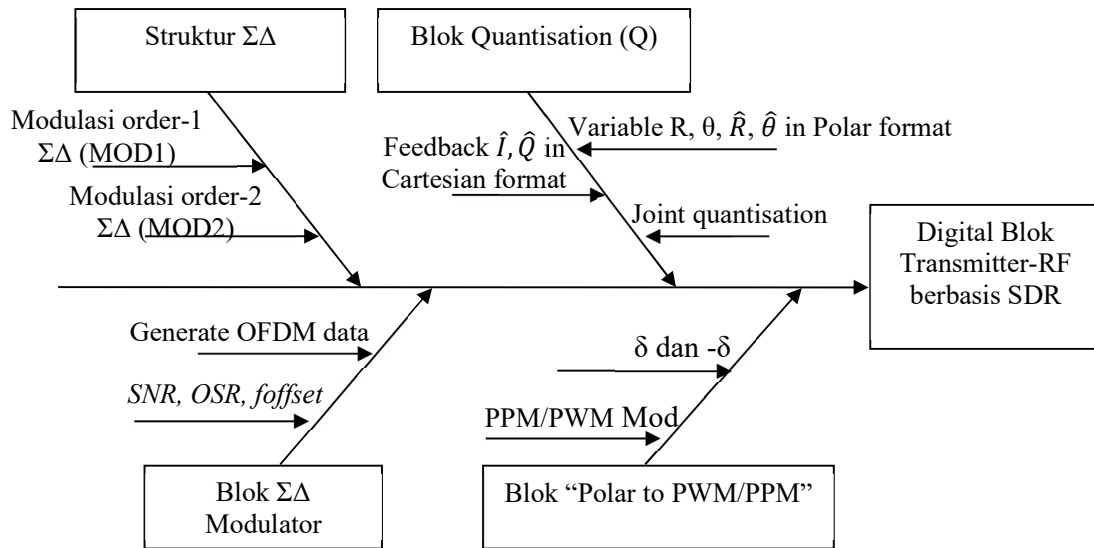
Ketiga blok struktur diatas akan diuraikan sebagai berikut:

- 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.
- 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  $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$ .
- Blok "Polar to PWM/PPM" adalah fungsi menghasilkan sinyal *waveform* RF ( $w_n$ ). 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.

#### 4.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini menguraikan kegiatan yang akan dikerjakan untuk jangka waktu yang diusulkan melalui diagram fishbone, Gambar 4.2. Adapun langkah-langkah kerja penelitian selama 2 tahun diperlihatkan pada Gambar 4.3. Rangkuman metodologi penelitian sesuai dengan tujuan penelitian, konsteksual penelitian, langkah-langkah penelitian, dan indicator capaian/luaran ditampilkan pada Tabel 4.1.

### 4.3.1 Fish Bone

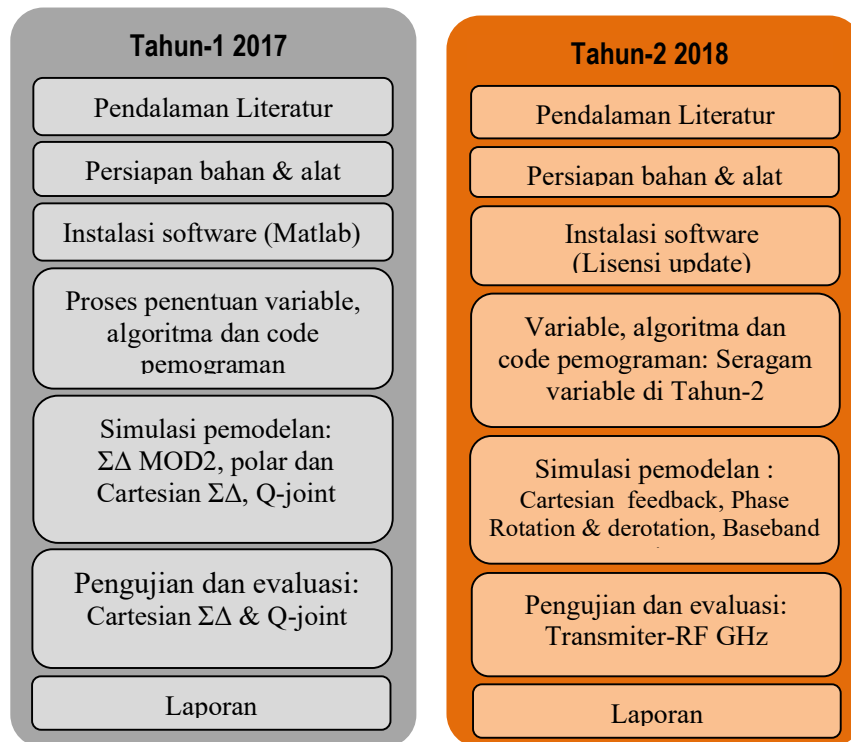


Gambar 4.2 Fishbone alur penelitian.

### 4.3.2 Langkah-langkah Penelitian

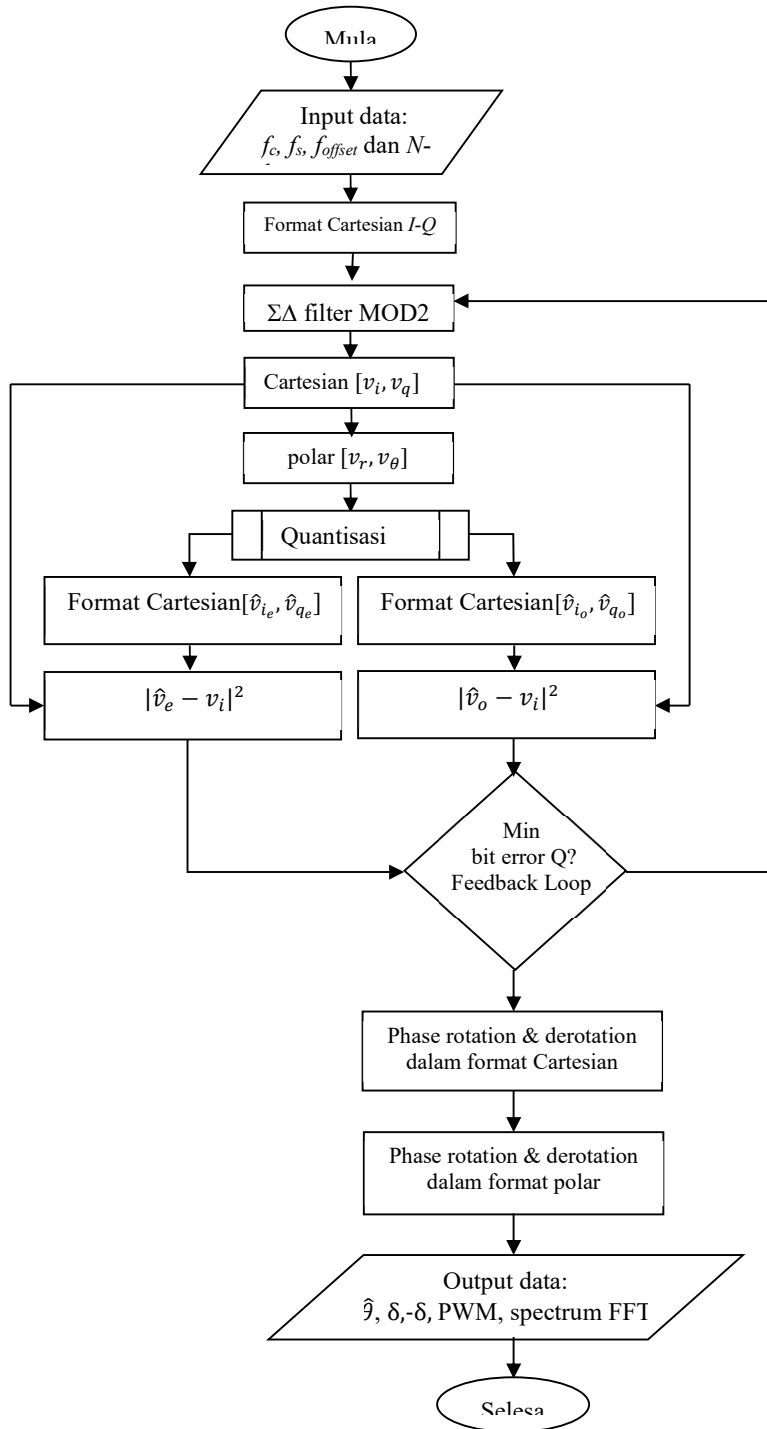
Langkah pelaksanaan penelitian terdiri atas tujuh tahapan umum dan hasil simulasi serta pengukuran akan terintegrasi melalui analisa seluruh sistem. Berikut ini urutan langkah kerja penelitian:

- (1) *Pendalaman literature*: Pendalaman *literature review* (studi pustaka) telah difokuskan mengenai  $\Sigma\Delta$  modulator, *feedback loop* polar dan Cartesian, dan *baseband tuning*. Pendalaman materi juga dilakukan pada standar wireless dan software dalam memenuhi standar validasi yang tepat.
- (2) *Persiapan bahan & alat*: Persiapan bahan & alat dilaksanakan melalui pengadaan/pembelian bahan (bahan habis pakai dan ATK) serta alat penunjang yang dibutuhkan. Bahan dan alat ini dapat berupa hardware dan software.
- (3) *Instalasi software*: Pengerjaan instalasi software sangat diperlukan dalam persiapan simulasi. Software yang digunakan harus ditunjang dengan lisensi dan versi software yang memadai termasuk toolbox dan modulnya. Selain itu diperlukan pengetahuan dan skill yang tepat untuk memahami penggunaan software tersebut baik melalui bahasa pemrograman maupun berupa simulink. Dalam penelitian ini software yang dibutuhkan berupa *MATLAB*<sup>®</sup> versi 2013b dilengkapi dengan *Toolbox Signal Processing* dan *Toolbox Communication*.



Gambar 4.3 Langkah-langkah kerja penelitian untuk 2 tahun.

- (4) *Penentuan variable, algoritma dan code pemograman*: Pengerjaan pra simulasi (*preliminary simulation*) sangat perlu dilakukan untuk mengetahui jumlah dan spesifikasi bahan dan alat yang dibutuhkan. Penentuan variable, algoritma dan code pemograman dilakukan dalam memudahkan pelabelan pada keseluruhan sistem. Pelabelan variable juga untuk memudahkan dalam analisa matematika.. Dalam proses simulasi, fungsi *function* dan *looping* akan dibuat sehingga pelabelan variable yang tepat bisa memudahkan dalam pengerjaan penelitian ini.
- (5) *Simulasi pemodelan (Simulasi MATLAB)*: Simulasi pemodelan berupa *function* akan dibuat pada tiap blok-blok struktur  $\Sigma\Delta$ . Sistem integrasi keseluruhan blok akan dibuat dalam bentuk *main program*. Gambar 4.4 menunjukkan flowchart simulasi yang akan dilaksanakan. Hasil simulasi dapat berupa grafik spektrum yang diplot pada output blok diagram tersebut.
- (6) *Pengujian dan evaluasi*: Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja arsitektur transmisi-RF berstruktur  $\Sigma\Delta$ , yang dilaksanakan mencakup keseluruhan alir penelitian ini. Untuk memvalidasi maka akan dilaksanakan pengukuran sehingga dapat menghasilkan konsep rancangan integrasi sistem teknologi berskala laboratorium (*prototype* dan *low fidelity*).
- (7) *Laporan*: Hasil penelitian akan dibuat dalam bentuk laporan dan publikasi.



Gambar 4.4. Flowchart simulasi penelitian pada software Matlab.

Tabel 4.1 Metodologi penelitian berdasarkan tujuan, konsteksual dan langka kerja penelitian.

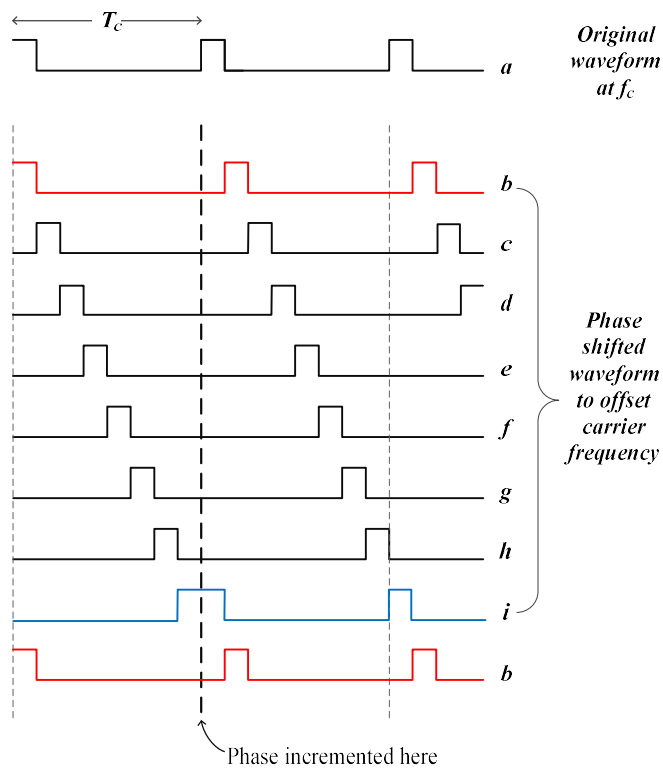
Tujuan Penelitian	Kontekstual Penelitian	Metode Penelitian	Target & Luaran	Waktu Pelaksanaan
Menentukan akurasi variabel OSR dan $f_{offset}$ yang tepat dalam kinerja transmitter-RF berstruktur $\Sigma\Delta$ .	<p>Persiapan &amp; Pengumpulan</p> <p>Blok <math>\Sigma\Delta</math> modulator</p>	Studi Literature	<p>Draf Jurnal</p> <p>J. Nasional-1 (published)</p> <p>Pemakalah local conf.</p>	<p>Penelitian Tahun 1 (2017)</p>
		Bahan & alat		
		Instalasi Software		
		Input $I-Q$ , $OSR$ , $f_{offset}$		
		MOD1 dan		
		Cartesian to polar		
		Out baseband $[v_i, v_q]$		
		Input polar $[v_r, v_\theta]$		
		Pol to Car		
		Minimum point-Q		
Mengkaji pemodelan transmitter-RF melalui <i>phase rotation &amp; derotation</i> dalam format Cartesian dan polar bagi penerapan <i>baseband IF tuning</i> .	<p>Blok Quantisasi</p> <p>Phase Rotation &amp; Derotation</p>	$ \hat{v}_i - v_i ^2$	<p>Draf Buku Ajar ISBN</p> <p>Draf Model,</p> <p>Jurnal Int. published</p> <p>J. Nasional-2 published</p> <p>Pemakalah conference</p>	<p>Penelitian Tahun 2 (2018)</p>
		Output $Q[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$		
		Phase rotation $\delta$		
		Phase derotation $-\delta$		
		$\delta$ dan $-\delta$ Cartesian		
		$\delta$ dan $-\delta$ polar		
		Baseband IF tuning		
		Feedback Loop		
		Analisa feedback $[\hat{v}_i, \hat{v}_q]$		
		PWM/PPM		
Mengimplementasikan hasil pemodelan transmitter-RF dalam validasi pengukuran melalui frekuensi nyata GHz dalam rangka mewujudkan kesesuaian standar pada aplikasi software.	<p>Blok PWM/PPM</p> <p>Buiding Digital Blok transmitter-</p>	Waveform-RF, $w_n$	<p>Editing Buku Ajar</p> <p>Draf Desain TKT 4</p>	<p>Penelitian Tahun 2 (2018)</p>
		SMPA		
		Integrasi sistem dalam prototype & Validasi		



## BAB V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

### 5.1 Pemodelan Kuantisasi digital $\Sigma\Delta$ dan fenomena distorsi interferensi

Konsep pemodelan RF transmitter dengan struktur  $\Sigma\Delta$  terlihat pada Gambar 4.1 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 5.1 Phase shift waveform saat pulsa mengganti posisi.**

Gambar 5.1 menunjukkan *waveform a-h* adalah perubahan pulsa yang beraturan dalam satu periode sama. Ketika pulsa *waveform* tersebut akan bergeser 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.

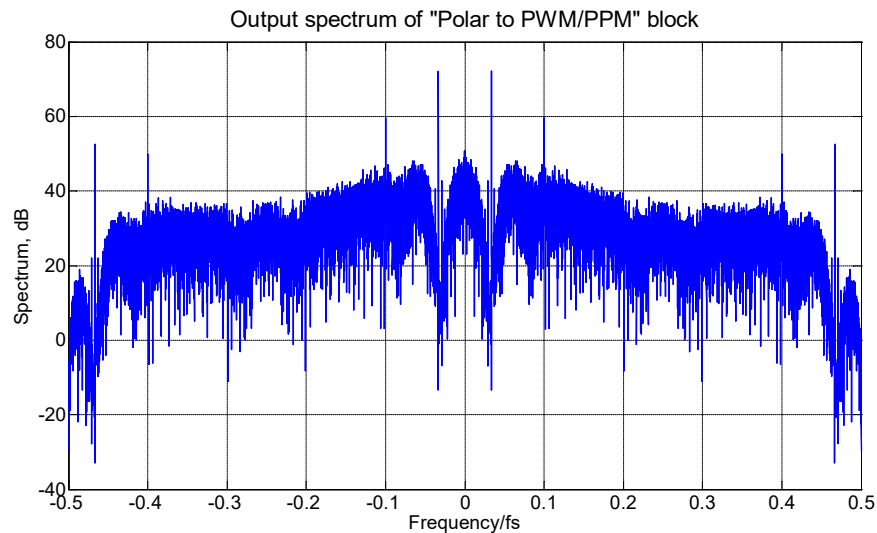
Proses PWM/PPM memerlukan digital clock ( $f_{clock}$ ) untuk menghasilkan nilai sampling RF berupa carrier frequency ( $f_c$ ) sesuai dengan tiap keluaran sinyal melalui sebuah variable factor disebut  $OSR_{RF}$ .  $OSR_{RF}$  ini dapat ditentukan melalui persamaan:

$$OSR_{RF} = \frac{f_{clock}}{f_c}$$

Jumlah tingkat kuantisasi,  $N_p$ , adalah setara fungsi dari  $OSR_{RF}$ , yakni jumlah siklus clock per periode bagi RF carrier ( $N_p = OSR_{RF}$ ). Amplitudo dan fase dari bentuk gelombang dapat diperbarui dalam setiap penambahan setengah dari RF carrier yang memberikan tingkat sampel,  $f_s$  bagi filter  $\Sigma\Delta$ . Hal ini dapat ditentukan melalui persamaan:

$$f_s = \frac{2f_c}{i}$$

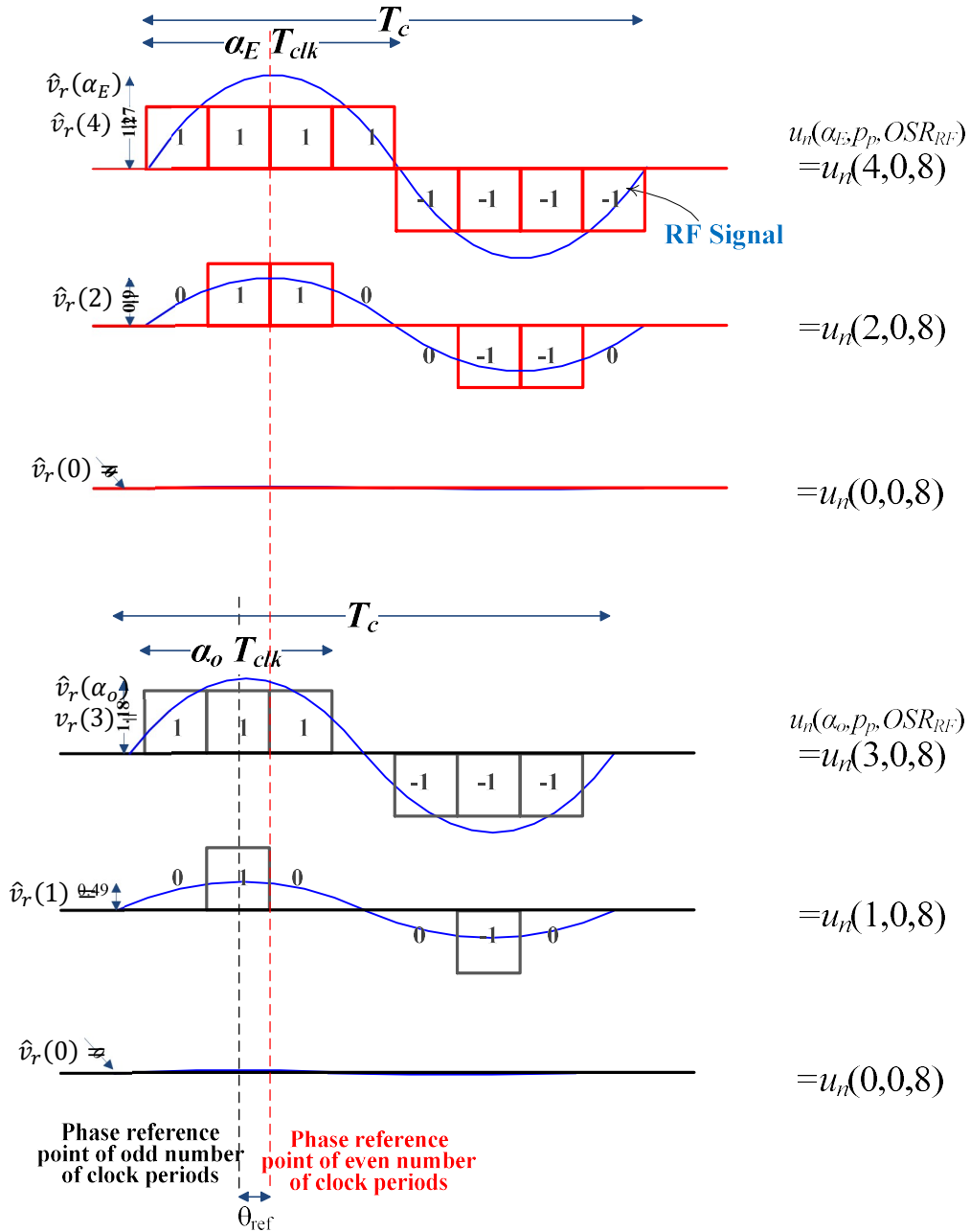
Dimana  $i \geq 1$  adalah bilangan bulat positif. Biasanya nilai  $i$  dapat lebih besar dari satu ( $i > 1$ ) karena sulitnya membuat filter  $\Sigma\Delta$  berkecepatan tinggi.



**Gambar 5.2. Frekuensi spectrum pada keluaran “Polar to PWM/PPM”, DS-filter= MOD2, G=1, QR=4, Q<sub>0</sub> =16, Sample per period =1024.**

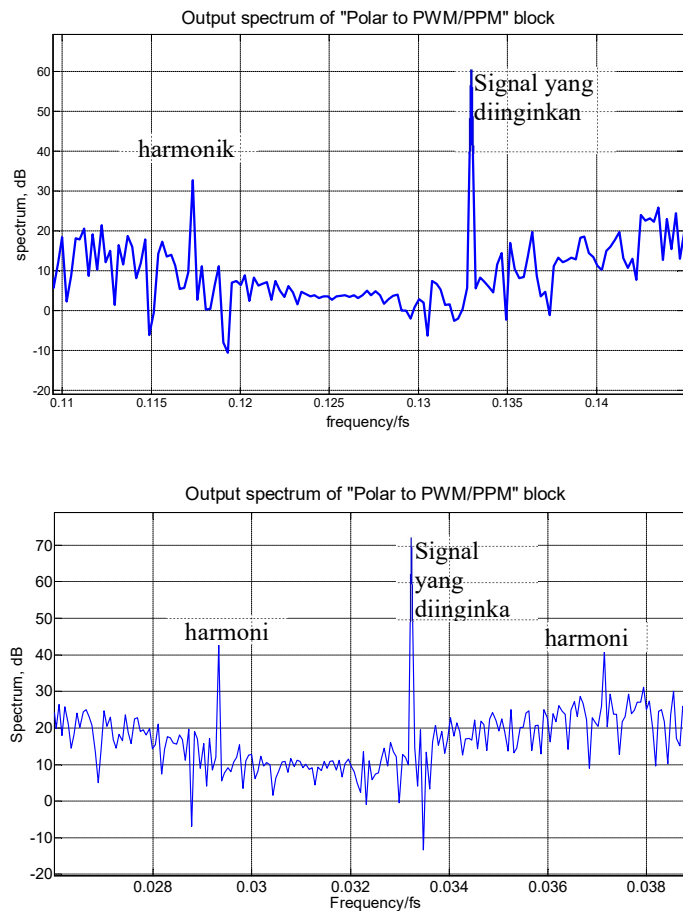
## 5.2 Akurasi OSR dan $f_{offset}$ yang tepat dalam kinerja transmitter-RF $\Sigma\Delta$

Nilai level amplitudo,  $N_A$ , ditentukan melalui amplitudo sinyal sinusoidal yang kontiyu. Sebagai contoh pada  $OSR_{RF} = 8$ , amplitudo ini akan memiliki lebar pulsa periode 0, 1, 2, 3 dan 4. Gambar 5.2 adalah contoh keluaran PWM/PPM. Gambar 5.3 adalah bentuk gelombang disusun dengan susunan clock genap dan ganjil yakni  $w_n(4T_{clk}, 0)$  untuk clock genap dan  $w_n(3T_{clk}, 0)$  untuk clock ganjil.



Gambar 5.3 Hasil kuantisasi amplitudo carrier  $\hat{v}_r(\alpha)$  untuk clock genap dan clock ganjil pada  $OSR_{RF} = 8$ ). Catatan:  $\alpha_E, \alpha_o$  adalah lebar pulsa dan  $p_p$  adalah posisi pulsa.

Parameter lainnya adalah kuantisasi fasa yang dikuantisasi secara merata ke dalam sejumlah tingkat kuantisasi fase disebut  $N_p$ . Nilai  $N_p$  dapat bertahap dari kisaran 0 sampai  $2\pi$ . Hasil kuantisasi fase disebut  $\hat{v}_\theta$ , ditentukan oleh posisi deretan pulsa. Hasil kuantisasi amplitudo  $\hat{v}_r$  ditentukan oleh lebar pulsanya. Contoh pada Gambar 5.3 menunjukkan kondisi amplitudo maksimum pada  $OSR_R = 8$ . Hasil keluaran pertama adalah berupa gelombang persegi penuh, dan selanjutnya jika melalui penyaringan filter band-pass maka sinyal yang dihasilkan berupa keluaran sinusoidal. Hasil keluaran kedua akan menunjukkan penurunan level amplitudo yang disebabkan oleh lebar pulsa yang berkurang dari gelombang three-level waveform. Tahap berikutnya akan menunjukkan amplitudo berupa nol sinewave. Dalam hal ini, filter  $\Sigma\Delta$  akan memilah output antara ketiga keadaan tersebut di atas untuk menghasilkan amplitudo sinyal RF yang ditentukan.



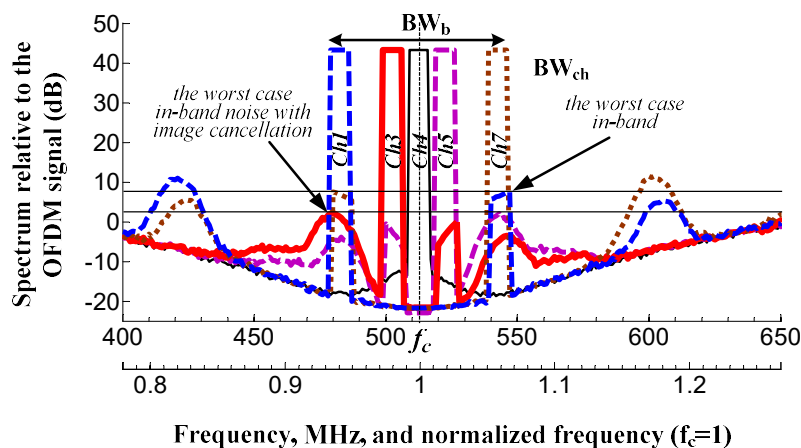
**Gambar 5.4.** Harmonik beupa *unwanted spectral components* dalam spektrum, (atas)  $Q_0 = 4$ , (bawah)  $Q_0 = 16$ , Sample per period = 1024.

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). Pada Gambar 5.4, 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*).

Perbedaan OSR yang digunakan mempengaruhi perubahan level kuantisasi yang diinginkan. Tabel 5.1 memperlihatkan variasi OSR dan efek level kuantisasinya.

Kemajuan dalam kecepatan logika digital telah membuka kemungkinan menghasilkan signal RF termodulasi secara langsung dari aliran bit tunggal. Dalam teknik PWM / PPM yang digunakan untuk mengendalikan amplitudo dan fase pembawa RF masih menghasilkan sejumlah produk harmonisa dan distorsi yang tidak diinginkan. Selain itu, kuantisasi noise masih dihasilkan saat tepi pulsa disinkronisasi dalam clock digital.

Pada Gambar 5.5 menunjukkan sejumlah kanal dalam posisi offset yang berbeda. Sangat terlihat bahwa terjadi tumpah tindih antara beberapa kanal dengan harmonic dari kanal lain yang menduduki frekuensi yang sama. Walaupun akan digunakan filter yang baik, kondisi ini belum mampu mengatasi gangguan distorsi ini.



**Gambar 5.5.** Hasil simulasi berupa output spektrum untuk posisi kanal yang berbeda-beda pada variable  $OSR_{RF}= 32$ .

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

$\alpha_o$	$OSR_{RF} (=N_p)$					Quantisation scheme
	4	8	16	32	64	
0	0	0	0	0	0	<b>O D D</b>
1	0.9003	0.4873	0.2484	0.1248	0.0625	
3	-	1.1763	0.7074	0.3696	0.1868	
5	-	-	1.0587	0.6002	0.3094	
7	-	-	1.2488	0.8078	0.4290	
9	-	-	-	0.9843	0.5444	
11	-	-	-	1.1229	0.6546	
13	-	-	-	1.2184	0.7585	
15	-	-	-	1.2671	0.8551	
17	-	-	-	-	0.9434	
19	-	-	-	-	1.0227	
21	-	-	-	-	1.0921	
23	-	-	-	-	1.1510	
25	-	-	-	-	1.1988	
27	-	-	-	-	1.2351	
29	-	-	-	-	1.2595	
31	-	-	-	-	1.2717	
$\alpha_E$						<b>E V E N</b>
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	

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

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

*Software radio* 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 jenis frekuensi yang menganggur (*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.

## 5.4 Hasil Capaian

Tabel 5.2 menunjukkan capaian hasil yang akan ditargetkan.

**Tabel 5.2 Hasil Capaian**

No	Jenis Luaran		Indicator Capaian 2017	Hasil Capaian (%)	Tujuan Publikasi
1	Publikasi ilmiah	Internasional	Draf, Submitted	<b>100% ACCEPTED</b>	Jurnal Internasional TELKOMNIKA (October 2017) <a href="http://telkomnika.ee.uad.ac.id">telkomnika.ee.uad.ac.id</a>
2	Pemakalah dalam pertemuan ilmiah	Internasional	Draf, terdaftar	<b>100% Draft</b>	IEEE COMNETSAT (Rejected) (29 September 2017) <u>Re-submit:</u> International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC): Wireless and Mobile Communications & Networking <a href="http://www.isncc-conf.org/">http://www.isncc-conf.org/</a> , Index SCOPUS. (23 Des 2017)
		Nasional	Draf, Terdaftar, sudah dilaksanakan	<b>100% ACCEPTED, Sudah Dilaksanakan</b>	Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTTEI) (November 2017) <a href="http://sntte2017.poliupg.ac.id">http://sntte2017.poliupg.ac.id</a>
				<b>100% ACCEPTED, Sudah Dilaksanakan</b>	Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (SNP2M) (November 2017) <a href="http://snp2m2017.poliupg.ac.id/">http://snp2m2017.poliupg.ac.id/</a>
3	Model/Purwarupa/ Desain/Karya seni/Rekayasa Sosial		Draf	Draft 100%	Tahun-1
4	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)		3	3	



## BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

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 ratio* (OSR) dan pemilihan  $f_{\text{offset}}$  (*frequency offset*) yang tepat dapat dilakukan untuk solusi permasalahan.

### 6.2 Saran

- Validasi tiap hasil simulasi dapat dilakukan melalui aplikasi frekuensi tinggi misalnya pengukuran dengan Field-programable gate array (FPGA).

## DAFTAR PUSTAKA

- A. B. Arfi, Mohamed Helaoui, dan Fadhel M. Ghannouchi, (2015). *All-digital sigma-delta RF modulator for software defined radio applications*. Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), hal. 1379-1382, ISSN: 0840-7789, DOI: 10.1109/CCECE.2015.7129480.
- 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 Communication IEEE, hal. 13-18.
- J. Vankka (2005). *Digital synthesizers and transmitters for software radio*: Springer.
- M. Helaoui, S. Hatami, R. Negra, and 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.
- M. Nielsen and T. Larsen. (2007). *A transmitter architecture based on delta-sigma modulation and switch-mode power amplification*. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, vol. 54, hal. 735-739.
- R. Schreier, G. C. Temes, and J. Wiley (2005). *Understanding delta-sigma data converters*. IEEE press Piscataway, NJ, vol. 74.
- S. **Sirmayanti** and Arni Litha (2010). *Perancangan adaptive duplexer sistem software radio multiband untuk mengatasi kelemahan fungsi radio analog menuju sistem sirkuit integrasi*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing DIKTI 2010. Perpustakaan PNU.
- S. **Sirmayanti** and Horace King, Mike Faulkner (2011). *Sigma Delta ( $\Sigma\Delta$ ) Architecture Integration with Digital Pre-distortion to enhance Optimal Switch Mode Power Amplification (OSMPA) in FEMTO cell Transceiver Design*. Proceeding in International Conference on Information, Comms, and Signal Processing (ICICS), hal. 1-4. DOI: 10.1109/ICICS.2011.6173552
- S. **Sirmayanti** and Mike Faulkner (2014),  *$\Sigma\Delta$  Modulator for Digital Wireless Architecture: A review a revie*. Proceeding in IEEE MICEEI International Conference, hal. 83-87, DOI: 10.1109/MICEEI.2014.47067316.
- S. **Sirmayanti** dan Mike Faulkner, (2014). *Tuning baseband on Cartesian Delta-Sigma Up-conversion*. IET e-Letters Journal, Vol. 50, Issue:8, hal. 635-637, DOI: 10.1049/el.2014.0164.
- S. **Sirmayanti**, Vandana bassoo, and Mike Faulkner, (2012). *OFDM performance with Odd-Even Quantisation in Cartesian DS upconverters*. Proceeding in IEEE International Conf on Signal Processing and Communication Systems (ICPCS), hal. 1-5, DOI: 10.1109/ ICSPCS.2012.6507965.
- 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 : Penerapan Sistem Baseband Tuning pada pemodelan transmisi RF berbasis Software Radio

Jumlah Penulis : 3 (tiga) 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 : Okt-17  
 f. DOI artikel (jika ada) :  
 g. Alamat web jurnal :  
 h. Keterangan (opsional) : LAPORAN AKHIR PENELITIAN PRODUK TERAPAN DIKTI 2017

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 checked="" type="checkbox"/>	
a. Kelengkapan unsur isi artikel (10%)			10	10
b. Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan (30%)			28	28
c. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi (30%)			27	27
d. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan/jurnal (30%)			25	25
<b>Total = (100%)</b>			<b>90</b>	<b>90</b>
<b>Nilai Pengusul = <math>90 \times 60\% =</math></b>				

Catatan Reviewer :

Penelitian ini bergantung ke tahun berikutnya dgn  
 suggest peneliti yg berbeda.

Makassar, 2 Ags 2021  
 Reviewer 2,

**Dr. Ir. Satriani 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 : Penerapan Sistem baseband Tuning pada Pemodelan Transmisi Radio Frequency (RF) Berbasis Software Radio

Penulis laporan : Sirmayanti, Farchia Ulfiah, Airin Dewi Utami

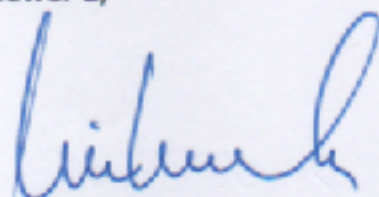
Identitas laporan : a. Tahun terbit : 2017  
b. Penyanggah Dana : Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kemenristekdikti  
c. Jumlah halaman : 27 halaman

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	0,75
d.	Kebermanfaatan (10%) (Memberikan manfaat bagi kemajuan ilmu dan solusi bagi masalah yang dihadapi masyarakat)	0,2	0,15
<b>Total = (100%)</b>		<b>2</b>	<b>1,85</b>
<b>Nilai Pengusul: 1,85</b>			
Catatan Penilai artikel oleh Reviewer: Kelengkapan unsur isi laporan terpenuhi, kedalaman pembahasan cukup baik dan memiliki relevansi dengan bidang keilmuan pengusul. Metode dan data penelitian cukup muktahir.			

Makassar, 11 September 2021

Reviewer 2,



**lin Karmila Yusri, SST. MEng. PhD.**

NIP. 19760403 200212 2 001

Unit Kerja: Jurusan Teknik Elektro PNUP