

IMPLEMENTASI-1

Ciptaan : Analisis Prediksi Lokasi Distorsi Harmonik Pada Struktur RF-Upconverter
Jenis Ciptaan : Karya Ilmiah
Inventor : Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D, IPM / Prof. Mike Faulkner
No Perlindungan HAKI : KEMENKUMHAM, No. Permohonan: EC00201858741 / 12 Des 2018
No. Pencatatan: 000128367 / 20 Okt 2017. Pertama Kali Diumumkan: 2017-10-20
Link : <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/detail/EC00201858741?type=copyright&keyword=EC00201858741+>

Bukti Implementasi :

Jenis pemodelan struktur digital RF-Transmitter (RF-Tx) akan menggunakan matematika analisis guna menghitung atau memprediksi posisi distorsi berada pada spektrum RF.

Analisa ini akan membantu dalam menyelesaikan masalah distorsi dalam jaringan telekomunikasi.

Implementasi karya diatas digunakan pada salah satu bahan ajar pada Mata Kuliah: Rekayasa Teknologi Jaringan Telekomunikasi (Kode MK: 422P2160533 /Semester 6) pada Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi (TRJT), Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP).

Bentuk implementasi berupa pelaksanaan tugas dalam bentuk Case/Project Based-Learning (CBL/PBL) dengan menggunakan program komputer (Matlab) untuk menyelesaikan tugas-tugas pada pembahasan ini, sebagaimana dijelaskan dalam deskripsi ciptaan. Hal ini sesuai dengan standar Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) MK tersebut pada **CPMK8 (Mengetahui dan memahami Radio Frequency (RF)-Transceiver Structure).**

Bukti kinerja implementasi:

- ✓ Tampilan pada e-learning Kelas dan CPMK MK
- ✓ RPS MK
- ✓ SK Pengampuh MK
- ✓ DPNA Pada Semester Genap 2021/2022.



TSY - Rekayasa Teknologi Jaringan Telekomunikasi - 3B TRJT



Dashboard > My courses > RTJT - 3B TRJT

DESKRIPSI MATA KULIAH Edit

Mata kuliah ini membahas tentang Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi terutama pada 3 lapisan bawah OSI. Konsep dasar pembahasan dibagi dua yaitu rekayasa jaringan kabel (wired) seperti jaringan Fiber Optik dan jaringan nirkabel (wireless) pita lebar. Masing-masing teknologi jaringan telekomunikasi tersebut diuraikan dalam networking modern yang sedang eksis maupun teknologi masa depan terkait sistem jaringan telekomunikasi digital. Tujuan mata kuliah ini agar mahasiswa mampu memahami dan mengamati konseptual jaringan telekomunikasi dan mampu menganalisis rekayasa jaringan dalam menyelesaikan masalah-masalah dalam jaringan eksis tersebut.

- + Info Kuliah dan Pengumuman Kelas Edit 👤
- + RPS MK Rekayasa Teknologi Jaringan Telekomunikasi Edit
- + Kontrak Perkuliahan_Rekayasa Teknologi Jaringan Telekomunikasi 3B TRJT Edit
- + Absensi Kelas 3B TRJT - Genap 2022/2023 Edit 👤
- + Absensi Kelas 3B TRJT - Genap 2021/2022 Edit 👤
- + DAFTAR PUSTAKA Edit

1. Freeman, Roger, L.2007 : Radio System Design for Telecommunications. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc ISBN: 978-0-471-75713-9.
2. Rappaport, Theodore, S.2002. Wireless Communications: Principle and Practices. Second Edition. Prentice Hall Communication Engineering and Emerging Technologies Series. ISBN-10: 0-13-042232-0
3. Winch, R. G. (1993). Telecommunication transmission systems: microwave, fiber optic, mobile cellular radio, data, and digital multiplexing. McGraw-Hill, Inc..
4. Spinuzzi, C. (2008). Network: Theorizing knowledge work in telecommunications. Cambridge University Press.
5. Freeman, R. L. (1991). Telecommunication transmission handbook. Wiley.

[+](#) Add an activity or resource

SILABUS & POKOK PEMBAHASAN MATA KULIAH BERDASARKAN CPMK Edit

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

(CPMK) Menjabarkan dan menjelaskan konsep-konsep teknologi telekomunikasi, sistem dan instalasi



SILABUS & POKOK PEMBAHASAN MATA KULIAH BERDASARKAN CPMK ✎

Edit ▾

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

- (CPMK1) Mengetahui dan memahami konsep jaringan telekomunikasi wireless dan wired
- (CPMK2) Mengetahui dan memahami ISO low layer
- (CPMK3) Mengetahui dan memahami Rekayasa Jaringan Lokal Akses Fiber Optik
- (CPMK4) Mengetahui dan memahami FTTH (Fiber To The Home)
- (CPMK5) Mengetahui dan memahami Sistem Kabel Optik Bawah Laut
- (CPMK6) Mengetahui dan memahami Sistem Jaringan Transmisi Digital (LAN, PLMN, ISDN)
- (CPMK7) Mengetahui dan memahami Rekayasa Jaringan Komunikasi Pelanggan Digital & IP TV
- (CPMK8) Mengetahui dan memahami Radio Frequency (RF)-Transceiver Structure**
- (CPMK9) Mengetahui dan memahami Jaringan Nirkabel Tol Udara Rekayasa, Small Sat dan Komunikasi Digital Satelit
- (CPMK10) Mengetahui dan memahami konsep SISO dan MIMO
- (CPMK11) Mengetahui dan memahami inovasi Web Mobile, Multimedia dan IoT

+ 5G New Radio ✎

Edit ▾

+ Introduction to ISDN_Integrated Services Digital Network ✎

Edit ▾

Video penunjang:

<https://www.youtube.com/watch?v=nhupbJ8t4N4>

<https://www.youtube.com/watch?v=2IPuPS494Yw>

+ Introduction to Software Defined Radios (SDR) ✎

Edit ▾

+ IOT Satellite ✎

Edit ▾

+ NB S-IoT_unterrestrial 5G Network_SmallSat_Frek Plan dan potential ✎

Edit ▾

+ Peta Okupasi Nasional Bidang Telekomunikasi ✎

Edit ▾

+ Point To Point Microwave Transmission ✎

Edit ▾

+ Radio Frequency (RF)-Transceiver Structure ✎

Edit ▾

+ SUBMARINE CABLE_Kabel Optik Bawah Laut ✎

Edit ▾

Video penunjang:

<https://www.youtube.com/watch?v=bgwIEkODK4k>

<https://www.youtube.com/watch?v=d0gs497KApU&t=2s>

+ UMTS Overview Generation & Evolution ✎

Edit ▾

The screenshot displays a course interface with a sidebar on the left containing navigation icons. The main content area features a list of activities, each with a plus icon, a document icon, a title, an edit icon, and a checkmark icon. The activities are:

- IOT Satellite
- NB S-IoT_unterrestrial 5G Network_SmallSat_Frek Plan dan potential
- Peta Okupasi Nasional Bidang Telekomunikasi
- Point To Point Microwave Transmission
- Radio Frequency (RF)-Transceiver Structure
- SUBMARINE CABLE_Kabel Optik Bawah Laut
- UMTS Overview Generation & Evolution
- Wireless Comm_RF and Radio Comm Concept

Below the list, there is a section titled "INFO TUGAS-TUGAS" with an edit icon. This section contains two tasks:

Tugas 1

Tugas Praktek:
Membuat satu study kasus tentang sistem akses jaringan telekomunikasi digital, dan membuat simulasi pemogramannya.

Hints:

1. Memberikan deskripsi kasus yang dibuat
2. Boleh mengambil metode pemogram dari berbagai source (Matlab, Python, C+, dan aplikasi lainnya)
3. Minimal memuat model modulasi digital yang digunakan
4. Study kasus dan model pemograman cukup yang simple saja
5. Membuat laporan sederhana dari tugas ini. Minimal 5 lembar isi dan lampiran berupa tampilan isi codingnya. (Screen shoot) > Tambahkan referensi minimal 3 sumber.

Tugas 2 CBL

Petunjuk: Membuat simulasi sistem RF-Transmitter dengan metode kuantisasi yang tepat. Simulasi dapat menggunakan tools MATLAB atau Python dalam mendeskripsikan perbedaan antara kuantisasi dengan level amplitudo yang berbeda-beda dan pengaruhnya terhadap fungsi noise-kuantisasi.

Tugas individu dan dikerjakan selama 2 minggu.

Sumber: <https://elearning.poliupg.ac.id/course/view.php?id=473#section-0>



POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
PRODI TEKNOLOGI REKAYASA JARINGAN TELEKOMUNIKASI

KODE DOKUMEN :
 Doc.TRJT/Kur/V.3/2022

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)

MATA KULIAH (MK)	KODE MK	RUMPUN MK	BOBOT (SKS)		SEMESTER	TANGGAL PENYUSUNAN	
REKAYASA TEKNOLOGI JARINGAN TELEKOMUNIKASI	422P2160533	PRODI, KODE 3	T = 1	P = 2	6	26-Nov-22	
OTORISASI	Pengembang RPS		Koordinator RMK		Ketua Prodi		
	I. Sirmayanti		Sirmayanti		Sirmayanti		
			TTD:		TTD:		
Capaian Pembelajaran (CP)	CPL-PRODI						
	(CPL1) S09						
	(CPL2) KU2						
	(CPL3) KK2, KK5						
	(CPL4) PP2, PP6, PP10						
	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)						
	(CPMK1) Mengetahui dan memahami konsep jaringan telekomunikasi wireless dan wired						
	(CPMK2) Mengetahui dan memahami ISO low layer						
	(CPMK3) Mengetahui dan memahami Rekeyasa Jaringan Lokal Akses Fiber Optik						
	(CPMK4) Mengetahui dan memahami FTTH (Fiber To The Home)						
	(CPMK5) Mengetahui dan memahami Sistem Kabel Optik Bawah Laut						
	(CPMK6) Mengetahui dan memahami Sistem Jaringan Transmisi Digital (LAN, PLMN, ISDN)						
	(CPMK7) Mengetahui dan memahami Rekeyasa Jaringan Komunikasi Pelanggan Digital & IP TV						
	(CPMK8) Mengetahui dan memahami Radio Frequency (RF)-Transceiver Structure						
	(CPMK9) Mengetahui dan memahami Jaringan Nirkabel Tol Udara, Rekeyasa Small Sat dan Komunikasi Digital Satelit						
(CPMK10) Mengetahui dan memahami konsep SISO dan MIMO							
(CPMK11) Mengetahui dan memahami Inovasi Web Mobile, Mutimedia dan IoT							
Kemampuan Akhir Tiap Tahapan Belajar (Sub-CPMK)							
(Sub-CPMK1) Mampu membandingkan teknologi jaringan telekomunikasi wireless dan wired							
(Sub-CPMK2) Mampu memahami parameter jaringan telekomunikasi							
(Sub-CPMK3) Mampu mengetahui teknologi jaringan digital							
Korelasi CPL terhadap Sub-CPMK							
		Sub-CPMK1	Sub-CPMK2	Sub-CPMK3			
CPL1		✓					
CPL2			✓				
CPL3				✓			
CPL4				✓			
Deskripsi Singkat MK	Mata kuliah ini membahas tentang Teknologi Rekeyasa Jaringan Telekomunikasi terutama pada 3 lapisan bawah OSI. Konsep dasar pembahasan dibagi dua yaitu rekeyasa jaringan kabel (wired) seperti jaringan Fiber Optik dan jaringan nirkabel (wireless) pita lebar. Masing-masing teknologi jaringan telekomunikasi tersebut diuraikan dalam networking modern yang sedang eksis maupun teknologi masa depan terkait sistem jaringan telekomunikasi digital. Tujuan mata kuliah ini agar mahasiswa mampu memahami dan mengamati konseptual jaringan telekomunikasi dan mampu menganalisis rekeyasa jaringan dalam menyelesaikan masalah-masalah dalam jaringan eksis tersebut.						
Pustaka	1. Freeman, Roger, L.2007 : Radio System Design for Telecommunications. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc ISBN: 978-0-471-75713-9. 2. Rappaport, Theodore, S.2002. Wireless Communications: Principle and Practices. Second Edition. Prentice Hall Communication Engineering and Emerging Technologies Series. ISBN-10: 0-13-042232-0 3. Winch, R. G. (1993). Telecommunication transmission systems: microwave, fiber optic, mobile cellular radio, data, and digital multiplexing. McGraw-Hill, Inc.. 4. Spinuzzi, C. (2008). Network: Theorizing knowledge work in telecommunications. Cambridge University Press. 5. Freeman, R. L. (1991). Telecommunication transmission handbook. Wiley.						
Dosen Pengampu	Sirmayanti, Yedi G, Arni Litha						
Mata Kuliah Prasyarat	Jaringan Telekomunikasi, Saluran Transmisi, Komunikasi Serat Optik, Sistem Komunikasi Analog dan Digital, Frekuensi Tinggi dan Gelombang Mikro						
Minggu ke -	Kemampuan Akhir Tiap Tahapan Belajar (Sub-CPMK)	Penilaian		Bentuk Pembelajaran, Metode Pembelajaran, Penugasan Mahasiswa		Materi Pembelajaran	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria & Bentuk	Estimasi Waktu		Pustaka	
				Luring (Offline)	Daring (Online)		
1	2	3	4	5	6	7	8

1	Mengetahui dan memahami konsep ISO low layer bagi jaringan telekomunikasi wireless dan wired	Kelengkapan literatur dan kebenaran penjelasan.	Non-test	Teori: TM: 1x(1x50') TS: 1x(1x60') M: 1x(1x60') Praktek: TM+TS=1x[(2x2x50')+(2x70')] (Group Discussion & Self-Directed Learning)	Materi Ajar dan Daftar hadir pada https://elearning.poliupg.ac.id/	1.Kontrak Perkuliahan 2.Pengantar Umum Rekayasa Jaringan Telekomunikasi Modern 3.ISO Layer 4. ISO Low layer (network, data link, physical) 5. Sistem jaringan fisik (wire) dan non-fisik (wireless)	5%
2,3	Mengetahui dan memahami Rekayasa Jaringan Lokal Akses Fiber Optik dan FTTH (Fiber To The Home)	Kelengkapan literatur dan kebenaran penjelasan.	Tes lisan, diskusi pengenalan masalah dan Tugas 1	Teori: TM: 2x(1x50') TS: 2x(1x60') M: 2x(1x60') Praktek: TM+TS=2x[(2x2x50')+(2x70')] (Case/Project Based Learning, Tahap-1: Cconceive)	Materi Ajar, Tugas & Project, dan Daftar hadir pada https://elearning.poliupg.ac.id/	6. Konsep dan Arsitektur Jaringan Lokal Akses Fiber Optik (JARLOKAF) 7. FTTH (Fiber To The Home) 8. DLC (Digital Lopp Carrier) 9. PON (Passive Optical Network) 10. AON (Active Optical Network) 11. HFC (Hybrid Fiber Coax)	10%
4,5	Mengetahui dan memahami Sistem Kabel Optik Bawah Laut	Kelengkapan literatur dan kebenaran penjelasan.	Non-test	Teori: TM: 2x(1x50') TS: 2x(1x60') M: 2x(1x60') Praktek: TM+TS=2x[(2x2x50')+(2x70')] (Role-Play Simulation & Contextual Learning)	Materi Ajar, Daftar hadir, Video materi, Modul dan Lembar Tugas/ujian pada https://elearning.poliupg.ac.id/	12. Submarine Cable Network 13. Topology Submarine Cable 14. Komponen Submarine Cable 15. Line Transmisi Submarine Cable 16. Power Feeding	15%
6,7	Mengetahui dan memahami Sistem Jaringan Transmisi Digital (LAN, PLMN, ISDN)	Kelengkapan literatur dan kebenaran penjelasan.	Tes lisan, diskusi, Identifikasi Masalah/ideation dan Tugas 2	Teori: TM: 2x(1x50') TS: 2x(1x60') M: 2x(1x60') Praktek: TM+TS=2x[(2x2x50')+(2x70')] (Case/Project Based Learning, Tahap-2: Design)	Materi Ajar, Tugas & Project, dan Daftar hadir pada https://elearning.poliupg.ac.id/	17. Antarmuka Jaringan Fiber Optik dengan ISDN 18. DSL (Digital Subscriber Line), ADSL n+ (Asymmetric DSL 2+), DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) 19. Modem/Router/Residential Gateway 20. IN (Intelegent Network), ISDN dan B-ISDN	15%
8	Evaluasi Tengah Semester / Ujian Tengah Semester	Menyelesaikan semua soal	Tes tulis & project report	TM: (2x50')			
9	Mengetahui dan memahami Rekayasa Jaringan Komunikasi Pelanggan Digital & IP TV	Kelengkapan literatur dan kebenaran penjelasan.	Non-test	Teori: TM: 1x(1x50') TS: 1x(1x60') M: 1x(1x60') Praktek: TM+TS=1x[(2x2x50')+(2x70')] (Role-Play Simulation & Contextual Learning)	Video. Materi Ajar, Daftar hadir, Modul dan Lembar Tugas/ujian pada https://elearning.poliupg.ac.id/	21. Digital Broadcasting System 22. IP TV 23. Teknologi Radio pemancar Digital	5%
10	Mengetahui dan memahami Radio Frequency (RF)-Transceiver Structure	Kelengkapan literatur dan kebenaran penjelasan.	Tes lisan, diskusi, Simulasi & Prototype dan Tugas 3	Teori: TM: 1x(1x50') TS: 1x(1x60') M: 1x(1x60') Praktek: TM+TS=1x[(2x2x50')+(2x70')] (Role-Play Simulation & Contextual Learning) (Case/Project Based Learning, Tahap-3: Implement)	Video. Materi Ajar, Daftar hadir, Modul dan Lembar Tugas/ujian pada https://elearning.poliupg.ac.id/	24. RF Transmitter/Receiver 25. Sigma-Delta Filters 26. Quantisation 27. PWM/PPM dan upconverter	10%

11	Mengetahui dan memahami Jaringan Nirkabel Tol Udara, Rekayasa Small Sat dan Komunikasi Digital Satelit	Kelengkapan literatur dan kebenaran penjelasan.	Non-test	Teori: TM: 1x(1x50') TS: 1x(1x60') M: 1x(1x60') Praktek: TM+TS=1x[(2x2x50')+(2x70')]	Materi Ajar, Tugas & Project, dan Daftar hadir pada https://elearning.poliupg.ac.id/	28. Arsitektur Tol Langit Satelit Palapa Ring , VSAT dan Komunikasi Digital Satelit 29. Komunikasi Digital Satelit a. Implementasi Satelit IoT b. Implementasi Satelit dalam konsep smart-city	10%
12, 13	Mengetahui dan memahami konsep SISO dan MIMO	Kelengkapan literatur dan kebenaran penjelasan.	Non-test & praktek simulasi	Teori: TM: 2x(1x50') TS: 2x(1x60') M: 2x(1x60') Praktek: TM+TS=2x[(2x2x50')+(2x70')] (Matlab Simulation & Collaborative Learning)	Matlab remote-lab. Materi Ajar, Daftar hadir, Modul dan Lembar Tugas/ujian pada https://elearning.poliupg.ac.id/	30. OFDM subcarriers 31. SISO/MIMO Encoding dan Detection 32. SISO/MIMO-OFDM Cognitive Radio	15%
14, 15	Mengetahui dan memahami Inovasi Web Mobile, Mutimedia dan IoT	Kelengkapan literatur dan kebenaran penjelasan.	Tes lisan, diskusi, Implementasi proyek dan Tugas 4	Teori: TM: 2x(1x50') TS: 2x(1x60') M: 2x(1x60') Praktek: TM+TS=2x[(2x2x50')+(2x70')] (Case/Project Based Learning, Tahap-4: Operate/ MiniGalery/ Presentation)	Video. Materi Ajar, Daftar hadir, Modul, Tugas & Project, dan Lembar Tugas/ujian pada https://elearning.poliupg.ac.id/	33. Inovasi Web Mobile 34. Mutimedia Telekomunikasi 35. Inovasi Internet of Things (IoT) Practioners	15%
16	Evaluasi Akhir Semester / Ujian Akhir Semester	Menyelesaikan semua soal	Tes tulis & Oral persentasi/Publikasi	TM: (2x50')			

Catatan:

1	Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) Program Studi adalah kemampuan yang dimiliki oleh setiap lulusan yang merupakan internalisasi dari sikap, penguasaan pengetahuan dan ketrampilan sesuai dengan jenjang prodinya yang diperoleh melalui proses pembelajaran
2	CPL yang dibebankan pada mata kuliah adalah beberapa capaian pembelajaran lulusan program studi yang digunakan untuk pembentukan/pengembangan sebuah mata kuliah yang terdiri dari aspek sikap, ketrampilan umum, ketrampilan khusus dan pengetahuan.
3	CP Mata kuliah (CPMK) adalah kemampuan yang dijabarkan secara spesifik dari CPL yang dibebankan pada mata kuliah, dan bersifat spesifik terhadap bahan kajian atau materi pembelajaran mata kuliah tersebut
4	Sub-CP Mata kuliah (Sub-CPMK) adalah kemampuan yang dijabarkan secara spesifik dari CPMK yang dapat diukur atau diamati dan merupakan kemampuan akhir yang direncanakan pada tiap tahap pembelajaran, dan bersifat spesifik terhadap materi pembelajaran mata kuliah tersebut
5	Indikator penilaian kemampuan dalam proses maupun hasil belajar mahasiswa adalah pernyataan spesifik dan terukur yang mengidentifikasi kemampuan atau kinerja hasil belajar mahasiswa yang disertai bukti-bukti
6	Kreteria Penilaian adalah patokan yang digunakan sebagai ukuran atau tolok ukur ketercapaian pembelajaran dalam penilaian berdasarkan indikator-indikator yang telah ditetapkan. Kreteria penilaian merupakan pedoman bagi penilai agar penilaian konsisten dan tidak bias. Kreteria dapat berupa kuantitatif ataupun kualitatif.
7	Bentuk penilaian: test dan non-test
8	Bentuk pembelajaran: Kuliah, Responsi, Tutorial, Seminar atau yang setara, Praktikum, Praktik Studio, Praktik Bengkel, Praktik Lapangan, Penelitian, Pengabdian Kepada Masyarakat dan/atau bentuk pembelajaran lain yang setara
9	Metode Pembelajaran: Small Group Discussion, Role-Play & Simulation, Discovery Learning, Self-Directed Learning, Cooperative Learning, Collaborative Learning, Contextual Learning, Project Based Learning, dan metode lainnya yg setara.
10	Materi Pembelajaran adalah rincian atau uraian dari bahan kajian yg dapat disajikan dalam bentuk beberapa pokok dan sub-pokok bahasan
11	Bobot penilaian adalah prosentasi penilaian terhadap setiap pencapaian sub- CPMK yang besarnya proposional dengan tingkat kesulitan pencapaian sub- CPMK tsb., dan totalnya 100%.
12	TM=Tatap Muka, PT=Penugasan terstruktur, BM=Belajar mandiri.
13	Rumpun MK: menyatakan salah satu dari 3 Profil lulusan yaitu;
	1. Ahli Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi
	2. Ahli Frekuensi Radio
	3. Ahli Perancangan Jaringan Telekomunikasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telepon: (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili: (0411)-586043
Laman : www.poliupg.ac.id/ E-Mail : pnup@poliupg.ac.id

KEPUTUSAN DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
NOMOR 552/P/2022

TENTANG

PENGANGKATAN DOSEN PENGASUH MATA KULIAH,
PEMBIMBING DAN PENANGGUNGJAWAB PRAKTIKUM LAB./BENGKEL
SEMESTER GENAP 2021/2022
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG,

- Menimbang :
- a. bahwa dalam rangka penyelenggaraan proses belajar mengajar di Politeknik Negeri Ujung Pandang, perlu diangkat Dosen Pengasuh Mata Kuliah, Pembimbing dan Penanggungjawab Praktikum Laboratorium dan Bengkel Semester Genap 2021/2022 Program Studi Diploma IV;
 - b. bahwa mereka yang tercantum namanya pada kolom (2), dianggap cakap dan memenuhi syarat untuk mengasuh mata kuliah, membimbing dan mengkoordinir pelaksanaan praktikum laboratorium dan bengkel seperti yang tercantum pada kolom (5) lampiran keputusan ini;
 - c. berdasarkan butir 1 dan 2 di atas, maka dipandang perlu menerbitkan keputusannya;
- Mengingat :
1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
 2. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
 3. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 3 Tahun 2020 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi;
 4. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 16 Tahun 2019 tentang Organisasi dan Tata Kerja Politeknik Negeri Ujung Pandang;
 5. Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 082/O/1997 tentang Pendirian Politeknik Negeri Ujung Pandang;
 6. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 158/P/2004 tentang Pendelegasian Wewenang;
 7. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 113/O/2004 tentang Statuta Politeknik Negeri Ujung Pandang;
 8. Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor 660/M/KPT.KP/2018 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang Periode 2018-2022.

MEMUTUSKAN:

- Menetapkan : KEPUTUSAN DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG TENTANG PENGANGKATAN DOSEN PENGASUH MATA KULIAH, PEMBIMBING DAN PENANGGUNGJAWAB PRAKTIKUM LABORATORIUM DAN BENGKEL SEMESTER GENAP 2021/2022 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG.
- KESATU : Mengangkat Dosen Pengasuh Mata Kuliah, Pembimbing dan Penanggungjawab Praktikum Laboratorium dan Bengkel Semester Genap 2021/2022 Program Studi Diploma IV.
- KEDUA : Daftar nama-nama Dosen Pengasuh Mata Kuliah, Pembimbing dan Penanggungjawab praktikum laboratorium dan bengkel tersebut tercantum pada kolom (2) lampiran surat keputusan ini.
- KETIGA : Kepada yang bersangkutan akan diberikan gaji/honorarium sesuai dengan peraturan yang berlaku.
- KEEMPAT : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkannya sampai dengan berakhirnya Semester Genap 2021/2022, dengan ketentuan akan diperbaiki sebagaimana mestinya, bila di kemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapannya.

Ditetapkan di Makassar
pada tanggal 7 Maret 2022

DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI
UJUNG PANDANG,



MUHAMMAD ANSHAR
NIP 196008171989031002

Tembusan:

1. Wakil Direktur II;
 2. Para Ketua Jurusan;
 3. Para Koordinator Program Studi;
 4. Bendahara Pengeluaran.
- Politeknik Negeri Ujung Pandang

LAMPIRAN 4
 KEPUTUSAN DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
 NOMOR 552/P/2022
 TANGGAL 7 MARET 2022
 TENTANG
 PENGANGKATAN DOSEN PENGASUH MATA KULIAH,
 PEMBIMBING DAN PENANGGUNG JAWAB PRAKTIKUM
 LAB./BENGKEL SEMESTER GENAP 2021/2022
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

**DAFTAR PENGASUH MATA KULIAH,
 PEMBIMBING DAN PENANGGUNG JAWAB PRAKTIKUM LAB./BENGKEL
 SEMESTER GENAP 2021/2022
 PROGRAM STUDI D4 TEKNOLOGI REKAYASA JARINGAN TELEKOMUNIKASI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
 POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

No.	Nama Dosen/NIP/NIDN	Gol.	Kode MK	Mata Kuliah	J/M	SKS	Kelas	Ket.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Ir. Abdullah Bazergan, M.T. 19640227 199003 1 001 0027026402	IV/c	422I2120312 422I2120312 422P1840922 422P1860632 422P1880212	1. Etika Profesi dan Kewirausahaan 2. Etika Profesi dan Kewirausahaan 3. Praktikum Komunikasi Data 4. Perancangan Jaringan Selular 5. Manajemen Telekomunikasi	2 2 4 3 2	2 2 2 2 2	1A 1C 2B 3A 4	Pb
2	Rizal A. Duyo. S.T.,M.T 19630502 199003 1 006 0002056303	IV/a	422P2120922 422P1860833 422P1860833 422P1860533	1. Bengkel Teknologi Rekayasa 2. Perawatan dan Perbaikan Perangkat Telekomunikasi 3. Perawatan dan Perbaikan Perangkat Telekomunikasi 4. Radar dan Navigasi	4 5 5 5	2 3 3 3	1A 3A 3B 3B	Pj
3	Arni Litha, S.T., M.T. 19730401 199903 2 002 0001047304	IV/a	422P2120822 422P2120822 422P1840212 422P1840212	1. Praktikum Elektronika Analog 2. Praktikum Elektronika Analog 3. Jaringan Telekomunikasi 4. Jaringan Telekomunikasi	4 4 2 2	2 2 2 2	1A 1B 2A 2B	Pj Pj
4	Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T. 19640405 199003 2 002 0005046403	IV/c	422P2120513 422P1840312 422P1840922 422P1860912	1. Sistem Komunikasi Analog dan Digital 2. Rekayasa Trafik 3. Praktikum Komunikasi Data 4. Proposal Tugas Akhir	3 3 4 2	3 3 2 2	1A 2A 2B 3A	Pb
5	Sulwan Dase, S.T., M.T. 19660802 199003 1 003 0002086502	IV/a	422P2120612 422P2120612 422P2120412 422P1840412 422P1840612 422P1860912	1. Medan Elektromagnetik 2. Medan Elektromagnetik 3. Matematika Teknik Lanjut 4. Antena dan Propagasi 5. Pengolahan Sinyal Digital 6. Proposal Tugas Akhir	2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2	1A 1B 1B 2A 2A 3B	
6	Rusdi Wartapane, S.T., M.Si. 19651022 199003 1 002 0022106502	IV/a	422P2120922 422P2120922 422P2120922 422P2120822	1. Bengkel Teknologi Rekayasa 2. Bengkel Teknologi Rekayasa 3. Bengkel Teknologi Rekayasa 4. Praktikum Elektronika Analog	4 4 4 4	2 2 2 2	1A 1B 1C 1C	Pb Pb Pj Pb
7	Zaini, S.ST., M.T. 19741010 200003 1 001 0010107406	III/b	422P2120922 422P2120822 422P2120822 422P2120822 422P1860723 422P1860723	1. Bengkel Teknologi Rekayasa 2. Praktikum Elektronika Analog 3. Praktikum Elektronika Analog 4. Praktikum Elektronika Analog 5. Praktikum Telekomunikasi Rekayasa Nirkabel 6. Praktikum Telekomunikasi Rekayasa Nirkabel	4 4 4 4 6 6	2 2 2 2 3 3	1A 1A 1B 1C 3A 3B	Pb Pb Pb Pb Pj Pj
8	Prof. Marwan, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. 19750101 200112 1 002	IV/a	422P2120412 422P2120412	1. Matematika Teknik Lanjut 2. Matematika Teknik Lanjut	2 2	2 2	1A 1C	
9	Yedi George Yefri Lely, S.ST., M.T. 19670107 199003 1 002 0007016702	IV/a	422P2120612 422P1840612 422P1860333	1. Medan Elektromagnetik 2. Pengolahan Sinyal Digital 3. Rekayasa Teknologi Jaringan Telekomunikasi	2 2 5	2 2 3	1C 2B 3A	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Ir. Ichsan Mahjud, M.T. 19640213 199103 1 003 0013026407	IV/c	422P2120822 422P2120822 422P2120922	1. Praktikum Elektronika Analog 2. Praktikum Elektronika Analog 3. Bengkel Teknologi Rekayasa	4 4 4	2 2 2	1A 1B 1C	Pb Pb Pb
11	Lidemar Halide, S.T., M.T. 19700413 199802 1 001 0013047001	IV/a	422P2120922 422P2120922 422I2120312 422P2121032 422P1841033	1. Bengkel Teknologi Rekayasa 2. Bengkel Teknologi Rekayasa 3. Etika Profesi dan Kewirausahaan 4. Algoritma dan Pemograman Komputer 5. Bahasa Pemograman	4 4 2 3 5	2 2 2 2 3	1A 1C 1B 1C 2A	Pb Pb Pb Pb
12	Usman Bauna, S.ST. 19680101 199503 1 002 0001016808	III/a	422P2120922 422P2120822 422P2120822 422P1860723	1. Bengkel Teknologi Rekayasa 2. Praktikum Elektronika Analog 3. Praktikum Elektronika Analog 4. Praktikum Telekomunikasi Rekayasa Nirkabel	4 4 4 6	2 2 2 3	1B 1B 1C 3B	Pb Pb Pb Pb
13	Nuraeni Umar, S.T., M.T. 19620912 198803 2 004 0012096206	IV/b	422P2120922 422P2120922 422P2120513 422P1840822	1. Bengkel Teknologi Rekayasa 2. Bengkel Teknologi Rekayasa 3. Sistem Komunikasi Analog dan Digital 4. Praktikum Sistem Komunikasi Digital	4 4 3 4	2 2 3 2	1B 1C 1B 2B	Pj Pb Pb
14	Ibrahim Abduh, S.ST., M.T. 19680514 199303 1 001 0014056807	IV/b	422P2121032 422P2120712 422P2120712 422P1840512 422P1840512 422P1840922 422P1840922 422P1840712	1. Algoritma dan Pemograman Komputer 2. Elektronika Digital 3. Elektronika Digital 4. Jaringan Komputer 5. Jaringan Komputer 6. Praktikum Komunikasi Data 7. Praktikum Komunikasi Data 8. Mikroprosesor dan Mikrokontroler	3 2 2 2 2 4 4 2	2 2 2 2 2 2 2 2	1A 1A 1B 2A 2B 2A 2B 2B	 Pj Pb
15	Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng.St., Ph.D., IPM 19790330 200112 2 001 0030037902	III/d	422P2120513 422P2120513 422P1840822 422P1840822 422P1860433 422P1860433 422P1860133 422P1860632 422P1860333	1. Sistem Komunikasi Analog dan Digital 2. Sistem Komunikasi Analog dan Digital 3. Praktikum Sistem Komunikasi Digital 4. Praktikum Sistem Komunikasi Digital 5. Teknologi Nirkabel Pita Lebar 6. Teknologi Nirkabel Pita Lebar 7. Perancangan Jaringan Radio 8. Perancangan Jaringan Selular 9. Rekayasa Teknologi Jaringan Telekomunikasi	3 3 4 4 5 5 4 3 5	3 3 2 2 3 3 3 2 3	1A 1B 2A 2B 3A 3B 3B 3B 3B	 Pj Pb
16	Misnawati, S.T., M.T. 19770407 200112 2 001 0007047702	III/c	422P2120513 422P1840822 422P1840822 422P1840312	1. Sistem Komunikasi Analog dan Digital 2. Praktikum Sistem Komunikasi Digital 3. Praktikum Sistem Komunikasi Digital 4. Rekayasa Trafik	3 4 4 3	3 2 2 3	1C 2A 2B 2B	 Pb Pb
17	Ir. Farchia Ulfiah, M.T. 19690820 199403 2 003 0020086904	IV/a	422P1840822 422P1840822	1. Praktikum Sistem Komunikasi Digital 2. Praktikum Sistem Komunikasi Digital	4 4	2 2	2A 2B	Pb Pj
18	Sahbuddin Abdul Kadir, S.T., M.T. 19751130 200604 1 001 0030117508	III/d	422P2120712 422P1840712	1. Elektronika Digital 2. Mikroprosesor dan Mikrokontroler	2 2	2 2	1C 2A	
19	Mardhiyah Nas, S.T., M.T. 19870517 201504 2 001 0917058701	III/c	422P2120922 422P2120513 422P1840922	1. Bengkel Teknologi Rekayasa 2. Sistem Komunikasi Analog dan Digital 3. Praktikum Komunikasi Data	4 3 4	2 3 2	1B 1C 2A	Pb Pb
20	Yuniarti, S.ST., M.T. 19770603 200212 2 002 0003067706	III/d	422P2120822 422P2120822	1. Praktikum Elektronika Analog 2. Praktikum Elektronika Analog	4 4	2 2	1A 1C	Pb Pj
21	Irawati Razak, S.T., M.T. 19751113 200003 2 001 0012117501	IV/a	422P1840412 422P1860723	1. Antena dan Propagasi 2. Praktikum Telekomunikasi Rekayasa Nirkabel	2 6	2 3	2B 3A	Pb

1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. 19760320 200501 1 001 0020037601	III/c	422P1840822 422P1860533 422P1860133 422P1860723 422P1860723	1. Praktikum Sistem Komunikasi Digital 2. Radar dan Navigasi 3. Perancangan Jaringan Radio 4. Praktikum Telekomunikasi Rekayasa Nirkabel 5. Praktikum Telekomunikasi Rekayasa Nirkabel	4 5 4 6 6	2 3 3 3 3	2A 3A 3A 3A 3B	Pb Pb Pb
23	Muh. Ahyar, S.ST., M.T. 19841027 200812 1 003 0027108401	III/d	422P1840922	Praktikum Komunikasi Data	4	2	2B	
24	Dr. Alimin, M.Pd. 19590812 199003 1 002 0012085911	IV/a	422J1840112 422J1840112	1. Bahasa Inggris Teknik 2. Bahasa Inggris Teknik	2 2	2 2	2A 2B	
25	Airin Dewi Utami Thamrin, S.T., M.T. 19780524 200912 2 002 0024057804	III/b	422P1860723	Praktikum Telekomunikasi Rekayasa Nirkabel	6	3	3B	Pb
26	Nurul Khaerani Hamzidah, S.T., M.T. 19890814 201903 2 020 0014088905	III/b	422P1860723	Praktikum Telekomunikasi Rekayasa Nirkabel	6	3	3A	Pb
27	Drs. Mastang, M.Hum. 19630120 199303 1 001 0020016306	IV/b	422U2120112 422U2120112 422U2120112	1. Bahasa Indonesia 2. Bahasa Indonesia 3. Bahasa Indonesia	2 2 2	2 2 2	1A 1B 1C	
28	Dr. Khairun Nisa, S.Pd.I., M.Pd.I 19840501 201012 2 006 0001058404	III/c	422U2120212 422U2120212 422U2120212	1. Pendidikan Agama 2. Pendidikan Agama 3. Pendidikan Agama	2 2 2	2 2 2	1A 1B 1C	

DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI
UJUNG PANDANG,



MUHAMMAD ANSHAR

NIP. 196008171989031002

Evaluasi Berkala

Tahun : 2021/2022

Jenjang : D4

Semester : Genap

Kelas : 43TYB

Prodi - Konsentrasi : Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi

Mata Kuliah : Rekayasa Teknologi Jaringan Telekomunikasi

Dosen : Sirmayanti

Persentase Gabungan :		Persentase Teori : 40 <input type="text"/>				Persentase Praktikum : 50 <input type="text"/>		Persentase Kehadiran : 10 <input type="text"/>		Total Persentase : 100 %		
Prosentase(%) :		20 <input type="text"/>	20 <input type="text"/>	35 <input type="text"/>	50 <input type="text"/>	70 <input type="text"/>	10 <input type="text"/>					
NO	NIM	NAMA	KOMPONEN NILAI							NA	NH	Keterangan
			Nilai									
1	42219027	ALCE APRILIANI PAGEWANG	60	70	80	82	85		81	75.85		
2	42219028	ALIKA ANUGRAH RAMDANI	60	70	70	70	85		100	73.95		
3	42219031	ANDI ELISTIANA	60	70	85	80	85		100	78.05		
4	42219032	ANDI MAISURI	80	80	90	82	85		100	81.55		
5	42219033	ARDIYANTI INDRA SYAHRIR	60	80	90	75	85		100	78.55		
6	42219034	ARTHUR HISKIA PUTRA	1	75	87	80	85		100	74.01		
7	42219035	AWALUDDIN RAUF	80	80	90	75	85		100	80.15		
8	42219036	LAILY NUR AMALIAH	80	80	90	85	85		100	82.15		
9	42219037	MAURA LUSIANA HADJON	80	80	90	65	85		100	78.15		
10	42219039	MOHD. SAID	1	1	87	70	85		100	66.09		
11	42219040	MUAWINATUL RAHMAH	70	80	90	65	85		100	77.35		
12	42219041	MUHAMMAD AL MUQIT	80	75	87	75	85		100	79.33		
13	42219042	MUHAMMAD ASYRAF ABDULLAH	10	10	42	70	85		88	60.03		
14	42219043	MUJIB RAHMAT BANASURU	10	10	80	70	85		100	66.55		
15	42219044	NURMAFFIRA IDRUS	60	70	75	75	85		100	75.65		
16	42219045	QONITA FALIH RESWARA	80	80	90	78	85		100	80.75		
17	42219046	RAFIQAH RAMADHANI	80	80	90	75	85		100	80.15		
18	42219047	RIZQY AMALIA	80	70	70	60	85		100	73.55		
19	42219048	SITTI NADIRA N	10	10	90	65	85		88	65.75		
20	42219049	YEMIMA NAOMI	60	70	87	70	85		100	76.33		

IMPLEMENTASI-2

Ciptaan : Analisis Prediksi Lokasi Distorsi Harmonik Pada Struktur RF-Upconverter

Jenis Ciptaan : Karya Ilmiah

Inventor : Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D, IPM / Prof. Mike Faulkner

No Perlindungan HAKI : KEMENKUMHAM, No. Permohonan: EC00201858741 / 12 Des 2018
No. Pencatatan: 000128367 / 20 Okt 2017. Pertama Kali Diumumkan:
2017-10-20

Link :

<https://pdki-indonesia.dgip.go.id/detail/EC00201858741?type=copyright&keyword=EC00201858741+>

Bukti Implementasi :

Jenis pemodelan struktur digital RF-Transmitter (RF-Tx) akan menggunakan matematika analisis guna menghitung atau memprediksi posisi distorsi berada pada spektrum RF.

Analisa ini akan membantu dalam menyelesaikan masalah distorsi dalam jaringan telekomunikasi.

Implementasi karya diatas digunakan juga pada beberapa aktivitas research lanjutan/pengembangan, antara lain:

1. Judul riset: Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask Pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G. (2021-2022)

Peneliti: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T., IPM. / Lidemar Halide, S.T., M.T

Sumber Dana: PROGRAM INSINAS RISET PRATAMA INDIVIDU, Kontrak Nomor: 21/Ins-1 /Ppk/E4/2021

Tentang Pelaksanaan Insentif Penelitian Program Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional Gelombang 1 Tahun Anggaran 2021

LAPORAN AKHIR
PROGRAM INSINIAS RISET PRATAMA INDIVIDU

Bidang Riset : Pengembangan Infrastruktur TIK
Rujukan Tema : Teknologi 5G (broadband) dan Internet of Things (IoT) (RTT)



OPTIMASI DISTORSI CANCELLATION SPECTRUM MASK PADA
INFRASTRUKTUR MULTICARRIER BROADBAND 5G

Tahun ke-1 dari rencana 3 tahun

TIM PENGUSUL

Ir. Sirmayanti, S.T., M. Eng, Ph.D, IPM	(Ketua)
Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T, IPM	(Anggota 1)
Lidemar Halide, S.T., M.T	(Anggota 2)

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
Desember 2020

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR TAHUN
PROGRAM INSINAS RISET PRATAMA**

Judul Riset : OPTIMASI DISTORSI CANCELLATION SPECTRUM MASK
PADA INFRASTRUKTUR MULTICARRIER BROADBAND 5G

Bidang Program Insinas : Teknologi Informasi dan Komunikasi-Pengembangan Infrastruktur
TIK/Teknologi 5 G (broadband) dan Internet of Things (IoT) (RTT)

Peneliti Utama/Ketua Peneliti :
a. Nama Lengkap : Ir. SIRMAYANTI S.T, M.Eng, Ph.D, IPM
b. Alamat surel (e-mail) : sirmayanti.sirmayanti@poliupg.ac.id
c. Nomor HP : (+62) 82291298633

Lembaga Pengusul :
a. Nama Lembaga : Politeknik Negeri Ujung Pandang
b. Nama Pimpinan Lembaga : Dr. Ir. Firman, M.T.
c. Alamat : Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10 Tamalanrea 90245
d. Alamat surel/Telepon : pnup@poliupg.ac.id
d. Telepon : 0411585365

Usulan Riset Tahun ke- : 1 dari 3 tahun direncanakan
Biaya Riset Keseluruhan : Rp 301,107,000.00

Lama Penelitian Keseluruhan : 3 tahun
Pelaksanaan Tahun ke- : 1
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 301,107,000.00

Makassar, 14-12-2020

Mengetahui,
Ketua Lembaga



(Dr. Ir. Firman, M.T.)

Ketua Peneliti,

(Ir. SIRMAYANTI S.T, M.Eng, Ph.D, IPM)

RINGKASAN

Teknologi LTE 4G adalah berbasis *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) namun memiliki kekurangan nilai *peak-to-average power ratio* (PAPR) yang telah menimbulkan kenonlinearan pada sistem penguat daya *power amplifier* PA. Keadaan ini berdampak *distorsi nonlinear* yang menyebabkan intermodulasi dan makin meningkatkan kompleksitas perangkat *converter*-nya.

Penelitian ini bertujuan untuk mempersiapkan sistem *low power transceivers* dalam cakupan *spectrum-mask radio frequency* (RF) yang memadai, ramah lingkungan, efisiensi dengan lebih banyak bits/Hz untuk melakukan interkoneksi kesemua jaringan heterogen nirkabel serta inovasi digitalisasi perangkat *transceiver* untuk memberikan kelancaran dan kestabilan dalam melakukan hubungan telekomunikasi. Generasi masa depan *green-BTS* akan bersifat *mWatt transmitter* yaitu dimensi perangkat yang kecil, biaya irit, daya rendah (*low-power*), efisien bandwidth besar, frekuensi lebih fleksibel dan mudah diprogramkan bagi standar-standar wireless lainnya.

Target penelitian ini adalah novelty dan teori baru yang mengusung arsitektur baru *full digital-RF upconverter* dalam menstabilkan kinerja pada setiap perangkat transmitter telekomunikasi nirkabel 5G sesuai dengan standarisasi *spectrum mask* yang tersedia bagi broadband 5G, terutama *spectrum mask* yang berlaku dalam skala nasional wilayah radio Indonesia. Riset inovasi ini merupakan jawaban pada salah satu riset unggulan sebagai penguatan sistem inovasi nasional bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Potensi pengembangan *digital-upconverter* sebagai infrastruktur *transceiver base station* ini bermanfaat untuk mengelolah skema modulasi agar dapat menghasilkan sebuah keluaran berupa *waveform*, deretan binary bit 'on'-'off', yang beroperasi tepat pada frekuensi *carriernya*; output *waveform* ini dapat *drive* penguat-penguat kelas linear *switch mode power amplifier* (SMPA) berefisiensi tinggi. Permasalahan tersisa struktur *upconverter* sebagai Tx-RF GHz ini adalah harmonic, yaitu produk distorsi yang merupakan gangguan signal (noise) terbesar karena menyebabkan interferensi dan mengurangi *strength signal* pada signal. Distorsi ini jika tidak diantisipasi dapat mengurangi efisiensi daya dan linearitas sistemnya. Metode penelitian ini yaitu penerapan teknik *distortion-cancellation* melalui *pre-distortion* dan *post-distortion*. Strategi metode selanjutnya ialah mengimplemantasikan *field-programmable gate array* (FPGA) untuk menentukan akurasi dan estimasi efisiensi daya dari arsitektur RF-GHz transmitter berkinerja *ultra-low power* dan *noise* menggunakan frekuensi real GHz.

Hasil menunjukkan bahwa sejumlah harmonisa sebagai *unwanted signal* telah muncul disebabkan oleh sifat *rectangular nature* selama proses *pulse width/position modulation* (PWM/PPM). Melalui selektifitas OSR yang tepat maka optimalisasi *unwanted signal elimination* ini dapat dilaksanakan. Diperlukan beberapa aturan teknik ketepatan penggunaan f_c terhadap *frequency clock* (f_{clock}). f_{clock} merupakan factor penentu untuk menetapkan jumlah titik kuantisasi pada proses Polar-Q karena terkait keterwakilan level fasa dan amplitude signal band. Dari beberapa variasi variable OSR (4, 8, 16, 32 dan 64) dan variasi f_{offset} yang berbeda menunjukkan hasil *noise cancellation*.

Keywords: *broadband, 5G, upconverter, distortion-cancellation, spectrum-mask*

PRAKATA

Bismillahirrahmaanirrahim.

Dengan memanjatkan puji syukur atas limpahan segala rahmat kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas anugrah-Nya dan hidayah-Nya sehingga penelitian dengan judul "OPTIMASI DISTORSI CANCELLATION SPECTRUM MASK PADA INFRASTRUKTUR MULTICARRIER BROADBAND 5G" dapat dikerjakan sesuai dengan waktu yang direncanakan.

Dengan selesainya laporan akhir penelitian ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional, 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 Dd Teknologi Rekayasa Jaringan 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, Desember 2020

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 Deskripsi teknologi yang akan dihasilkan dan manfaatnya	3
BAB 2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	4
2.1 Tujuan Penelitian	4
2.2 Manfaat Penelitian	4
BAB 3. METODE PENELITIAN	5
3.1 Telaah literature/pustaka	5
3.2 Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) hasil riset dan pengembangan	9
3.3 Peta rencana pengembangan teknologi menurut TKT (1-9 tahap)	9
3.4 Metode Penelitian	11
BAB 4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	14
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	27
REFERENSI	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Kebaruan Teknologi	3
Tabel 2.	Status Luaran	14
Tabel 3.	Progress Luaran berdasarkan janji luaran Tahun ke-1	14
Tabel 4.	Pebandingan level noise floor signal (referensi Frekuensi Bin pada 517 20 Mhz)	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Linear z-domain pada $\Sigma\Delta$ modulator (MOD1)	5
Gambar 2.	Band-pass $\Sigma\Delta$ upconverter (MOD2)	6
Gambar 3.	Band-pass $\Sigma\Delta$ upconverters dengan dua low-pass $\Sigma\Delta$	7
Gambar 4.	Polar $\Sigma\Delta$ upconverters berbasis burst-mode	7
Gambar 5.	Polar $\Sigma\Delta$ upconverters oleh Keyzer (2002)	8
Gambar 6.	Polar $\Sigma\Delta$ upconverters oleh Bassoo (2009)	8
Gambar 7.	Road map penelitian dengan rencana pengembangan teknologi Menurut TKT	10
Gambar 8.	Skenario penelitian skema baru arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$	11
Gambar 9.	Filter dan modulator $\Sigma\Delta$ order MOD2.	12
Gambar 10.	Distortion Cancellation driver	12
Gambar 11.	Arsitektur PQ-HRQ dalam menghasilkan RF signal	13
Gambar 12.	Konsep pengembangan Digital RF-Transmitter (RF-Tx) melalui Joint-Q dan ilustrasi polar plane, OSR=8	16
Gambar 13.	Polar Plane Joint-Q OSR=8.	17
Gambar 14.	Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=4	18
Gambar 15.	Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=8	19
Gambar 16.	Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=16	19
Gambar 17.	Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=32	20
Gambar 18.	Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=64	20
Gambar 19.	Perbandingan output Quantiser metode joint-Q pada OSR=4, 8, 16, 32 dan 64	21
Gambar 20.	Sample signal to summation form $\tilde{Y}(f)$	22
Gambar 21.	Spectrum signal pada OSR=16	22
Gambar 22.	Spectrum signal pada OSR=8	23
Gambar 23.	Output PPM/PWM berupa waveform signal	23
Gambar 24.	Phase shift waveform saat pulsa mengganti posisi	24
Gambar 25.	Phase shifted oscillators signal SSB	25
Gambar 26	Pre-Post Distortion untuk Cancellation	26
Gambar 27	Image Cancellation pada $OSR_{RF}=16$.	26

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Luaran HAKI Hak Cipta
- Lampiran 2. Luaran Publikasi Karya Ilmiah Jurnal Nasional Terakreditasi
- Lampiran 3. Luaran Publikasi Jurnal Internasional (Draft)

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, era Generasi 5 (5G) sistem komunikasi pita lebar (broadband) *Gigabit per second* kini sudah digaungkan sebagai migrasi lanjutan dari standar telekomunikasi broadband Generasi 4 (4G). Parameter standar dalam proses migrasi 4G ke 5G adalah frekuensi carrier yang akan diaplikasikan pada kisaran 6-100 GHz dengan signal bandwidth diatas 20 MHz. Memasuki tahun 2020, sejauh ini terdapat tiga kandidat pita frekuensi yang akan digunakan untuk penerapan 5G di Indonesia yaitu 3,5 GHz, 26 GHz dan 28 GHz. Namun persiapan infrastruktur spektrum ini tidaklah begitu mudah diaplikasikan karena ternyata frekuensi 3,5 GHz misalnya masih digunakan oleh sistem satelit untuk televisi, perbankan dan telekomunikasi, sedangkan dua kandidat lainnya masih rentang terhadap distorsi besar yang akan dihadapinya. Terjadinya kelangkaan spektrum ini akan menjadi masalah utama dalam pengembangan sistem generasi baru 5G. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode terbaru solusi *frequency sharing* (Guidolin, 2015 dan Höyhty, 2015) serta studi mendalam tentang dampak distorsi yang ditimbulkannya sehingga peran teknologi satelit dapat terintegrasi baik saat peluncuran 5G mendatang (Evans, 2014).

Selain itu, dampak penting utama saat terjadi migrasi tersebut adalah diperlukannya memori *power amplifier* (PA) pada infrastruktur radio Tx/Rx (pengirim dan penerima) yang semakin linear dan berdistorsi rendah. Dalam laporan Ericsson Inc (2018), komponen-komponen *radio frequency* (RF) pada *radio base station* (RBS) seperti *upconverter* dan unit penguat PA telah mendominasi 70% dari keseluruhan kebutuhan daya pada RBS tersebut. Lebih lanjut lagi bahwa komponen-komponen dalam *base transceiver station* (BTS) menggunakan hampir 55% dari total pembiayaan daya elektrik operasional bagi operator telekomunikasi radio. Dengan demikian, bagi operator telekomunikasi radio sistem infrastruktur broadband 5G mendatang tetap harus akan mengeluarkan biaya yang diperkirakan 40% khusus diperuntukan bagi pembiayaan di unit transmisi RF dan penerimaan signal *mobile phone*. Oleh karena itu efisiensi konsumsi energy saat ini telah menjadi faktor pertimbangan dalam desain infrastruktur masa depan Tx/Rx RF.

Bertambahnya signal bandwidth yang akan diaplikasikan berdampak pula pada ketidakseimbangan (mismatches) antara sensitivitas *envelope* signal terhadap delay transmisi, Payaró (2016). Keberadaan sistem jalur RF seperti jaringan seluler, akses *local area network* (LAN) nirkabel, dan sistem wireless broadband saat ini memang dituntut untuk melaksanakan komunikasi dengan kecepatan data yang sangat tinggi. Di Indonesia, implementasi 4G masih menyisakan konflik antar tuntutan kebutuhan data rate yang lebih tinggi dengan keterbatasan

spektrum radio. Teknologi *long term evolution* 4G atau LTE 4G berbasis *single carrier-orthogonal frequency division multiplexing* (SC-OFDM) ini pun belum bisa diselenggarakan sepenuhnya di Indonesia terkait masalah pengalokasian frekuensi dalam *spectrum mask* yang sudah cukup rapat. Walaupun OFDM hadir sebagai teknik transmisi *multicarrier* yang mampu memberikan solusi handal terhadap tuntutan akses layanan kecepatan tinggi secara realtime dengan performansi yang baik bagi LTE 4G. Namun, nilai *peak-to-average power ratio* (PAPR) telah menimbulkan kenonlinearan pada sistem penguat daya PA pada sisi transmiternya. *Distorsi nonlinear* menyebabkan intermodulasi, dan efeknya ialah subcarrier tidak lagi orthogonal. Selain itu sistem ini juga telah meningkatkan kompleksitas pada perangkat converternya; *analog-to-digital and digital-to-analog converters* (ADC/DAC).

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui prinsip dasar dan pembuktian konsep tentang solusi *digital-upconverter* berbasis *cognitive radio* untuk optimasi *distorsi cancellation* pada kategori spectrum mask 5G. Solusi ini memiliki kemampuan baru berupa formulasi *green*-infrastruktur berbasis *digital signal processing* (DSP) yang lebih handal karena sangat fleksibel, linear dan berdaya rendah (Chae-2014, **Sirmayanti-2014**, dan Miao-2019). Infrastruktur transmitter digital RF berbasis struktur *Sigma-Delta* ($\Sigma\Delta$) yang diusulkan akan menangani teknologi koneksi nirkabel 5G *Internet of Things* (IoT) dengan *latency* (latensi) kecil (Helaoui, 2008) sebagaimana yang dikehendaki pada Industry 4.0. Arsitektur transmitter RF berstruktur $\Sigma\Delta$ ini menggantikan struktur komponen analog seperti *low pass filter* (LPF), *modulator*, *band pass filter* (BPF), dan *local oscillator* (LO), Bassso (2009). Struktur $\Sigma\Delta$ juga dapat digunakan untuk mengelolah skema modulasi yang cukup kompleks pelaksanaannya, seperti pada *orthogonal frequency division multiplexing access* (OFDMA), sehingga dapat menghasilkan luaran *waveform*, deretan binary bit ‘on’-‘off’, yang beroperasi tepat pada frekuensi *carriernya*; dan output *waveformnya* dapat men-*drive* penguat-penguat kelas linear *switch mode power amplifier* (SMPA) yang lebih linear, Nielsen (2007). Lebih lanjut lagi, penelitian ini diharapkan akan mengungkapkan sebuah luaran berupa *novelty* melalui teori terbaru (proof of concept) dengan kajian mendalam seluruh fenomena distorsi dan analisis prediksi magnitude pada produk distorsi dengan akurasi simetrik yang tepat sehingga memungkinkan adanya solusi menghilangkan produk *distorsi* tersebut yang akan dikenal dengan *distorsion cancellation*. Hal ini pula dapat menjadi tolak ukur yang sangat penting untuk mencapai efisiensi tinggi dan linearitas terbaik dalam men-*drive* penguat-penguat PA kelas non-linear *switch mode* (SMPA) bagi infrastruktur *green*-BTS 5G yang akan digunakan. Keseluruhan pemodelan ini sangat membutuhkan aplikasi teknologi melalui test bench *field-programmable gate array* (FPGA) akan digunakan dalam pembuktian konsep pemodelan ini; implementasi test bench ini akan

menggunakan frekuensi real kisaran GHz (standar frekuensi 5G), Basetas (2015) dan Cordeiro (2015) sesuai dengan standarisasi *spectrum mask* yang tersedia bagi broadband 5G, terutama *spectrum mask* yang berlaku dalam skala nasional wilayah radio Indonesia.

1.2 Deskripsi teknologi yang akan dihasilkan dan manfaatnya

Kebaharuan penelitian adalah inovasi pembuktian konsep sebuah perangkat baru infrastruktur transmisi digital berstruktur *green* RF-GHz yang berdaya sangat rendah (*mWatt transmitter*). Terobosan teknologi terbaru hasil penelitian ini terlihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kebaruan Teknologi

No	Item	State of the art	Kebaruan dan Terobosan
1	Frequency Dealing untuk formulasi akurasi posisi distorsi pada efek <i>frequency Sharing</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Peran Sistem Satelite pada 5G (Evans, 2014). ✓ <i>Frequency Sharing</i> antara 5G network dan <i>fixed satellite services</i> (FSS) pada kisaran 28 GHz (Guidolin, 2015), dan antara FSS dengan <i>broadcasting satellite services</i> (BSS) pada band 17.3–18.4 GHz (Höyhty, 2015) dapat memadai untuk diaplikasikan. ✓ Penggunaan metode cancellation AltBOC side-peaks bagi penggunaan <i>frequency sharing</i> pada satelit berhasil mengurangi error pelacakan saat terjadinya AltBOC signal tracking (Chae, 2014). 	Kajian fenomena, penyebab, dan dampak distorsi pada spektrum band baru 5G. Pengembangan <i>frequency sharing</i> dari ketersediaan frekuensi 5G yang terbatas sebagai akibat banyaknya alokasi frekuensi yang terbagi untuk berbagai aplikasi, dan solusi <i>digital-upconverter</i> berbasis <i>cognitive radio</i> untuk optimasi <i>distorsi cancellation</i> pada kategori spectrum mask 5G, khususnya pada frekuensi yang sudah digunakan pada aplikasi satelit.
2	Arsitektur RF berstruktur $\Sigma\Delta$ -GHz.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Arsitektur $\Sigma\Delta$ RF digital transmitter telah teruji cocok untuk pemancar nirkabel multi-digital, multistandar, dan multiband (Helaoui, 2008). ✓ Desain transmitter RF-GHz berstruktur Cartesian $\Sigma\Delta$ metode <i>tuning baseband</i> dapat menghasilkan band <i>desired signal</i> dengan performansi yang sangat baik. <i>All-digital transmitter</i> telah mengeliminasi hampir seluruh komponen analog pada perangkat transmitter konvensional saat ini (Sirmayanti, 2014). 	Pembuktian konsep arsitektur RF berstruktur $\Sigma\Delta$ -GHz berbasis <i>cognitive radio</i> . Analisis dan formulasi solusi <i>distorsion cancellation</i> melalui prediksi dan akurasi pengukuran pada infrastruktur band 5G berbasis <i>digital-upconverter</i> . Gagasan inovasi ini akan menghasilkan <i>digital blok</i> perangkat transmitter digital untuk aplikasi <i>software difined radio</i> (SDR).
3	Optimalisasi efek <i>dynamic range</i> untuk memenuhi standar <i>spectrum mask</i> pada broadband 5G.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementasi <i>noise-shaping</i> $\Sigma\Delta$ melalui sistem uji FPGA dan IC- $\Sigma\Delta$ filter menghasilkan pengurangan kompleksitas perangkat bagi arsitektur transmitter digital-RF (Basetas, 2015) ✓ Analisis lokasi prediksi posisi harmonik distorsi pada spektrum desain transmitter RF-GHz (Sirmayanti, 2018). Mengoptimalkan sumber distorsi dan metode penyelesaiannya. ✓ Aplikasi Power Amplifier-PA centric resource bagi solusi komunikasi <i>green-5G</i> dengan hasil efisiensi daya yang baik (Miao, 2019). 	Mengoptimasikan efek <i>dynamic range</i> untuk memenuhi standar <i>spectrum mask</i> pada broadband 5G. Pembuktian konsep melalui FPGA dan IC Tx-RF-design dalam bentuk digital circuit sehingga menghasilkan sebuah model chip tunggal sebagai <i>transmitter wireless-RF IC</i> dalam dimensi <i>nanoelectronic</i> .

BAB 2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

2.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan ini adalah untuk:

- 1) Mengkaji fenomena, penyebab, dan dampak distorsi pada spektrum band baru 5G.
- 2) Analisis solusi *distorsion cancellation* dan formulasi konsep melalui prediksi dan akurasi pengukuran pada infrastruktur band 5G berbasis *digital-upconverter*
- 3) Mengoptimasikan efek *dynamic range* RF-Tx 5G sebagai pembuktian konsep untuk memenuhi standar *spectrum mask* pada broadband 5G.

Sasaran penelitian ini adalah inovasi *dynamic range* dan pembuktian konsep pada infrastruktur baru *green* RF-GHz Transmitter. Penelitian ini difokuskan pada sisi perangkat pengirim *transmitter* (Tx) 5G dari desain *digital-upconverter* berstruktur Cartesian $\Sigma\Delta$. Penempatan struktur ini berupa infrastruktur BTS. *Frequency carrier* (f_c), *frequency offset* (f_{offset}), *frequency sampling* (f_s) dan *over sampling ratio* (OSR) adalah beberapa parameter input penting yang akan digunakan; RF *digital waveform* adalah parameter outputnya.

2.2. Manfaat Penelitian

Manfaat desain $\Sigma\Delta$ pada infrastruktur transmisi digital RF masa depan dan substansinya terkait erat untuk pemajuan iptek bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam pengembangan infrastruktur TIK untuk teknologi 5G (broadband dan Internet of Things IoT) dan penunjang Industry 4.0 di Indonesia. Dengan dikembangkan perangkat transmisi-RF berbasis *software radio* ini, yang berdaya sangat rendah dan dengan ukuran perangkat transmitter yang kecil, maka teknologi 5G pada kisaran 20 Gbps (*mmWave*) ini akan terintegrasi dalam aplikasi *software radio*, sebagaimana dipersyaratkan pada sistem inovasi nasional yakni struktur arsitektur *green-communication* dengan *mWatt transmitter*.

Manfaat berikutnya adalah peningkatan kinerja transmisi-RF 5G melalui arsitektur *digital-upconverter* baik dari segi efisiensi dan kelinearannya. Hasilnya akan bermanfaat pula pada infrastruktur RF berstruktur $\Sigma\Delta$ full-digital murni untuk aplikasi perangkat *transceiver* sistem telekomunikasi nirkabel 5G. Keuntungan hasil metode ini sebagai pembelajaran untuk kemajuan iptek bagi para peneliti di bidang mikroelektronika RF-design dalam bentuk digital circuit sehingga menghasilkan sebuah chip tunggal sebagai transmitter-RF *integration circuit* (IC) berbasis *software radio*. Potensi pengembangan *digital-upconverter* ini memiliki manfaat besar dalam menstabilkan kinerja pada perangkat transmitter telekomunikasi karena sistem ini dapat mengadopsi kebutuhan dan konsistensi teknologi nirkabel 5G. Hasil penelitian ini sangat bermanfaat pula sebagai penguatan sistem inovasi nasional bidang TIK untuk mempersiapkan Indonesia menyongsong implementasi teknologi terancang 5G di tahun 2020 mendatang.

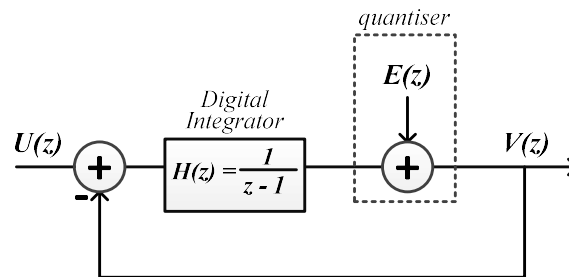
BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Telaah Literatur/Pustaka

Salah satu usulan desain transmitter RF-GHz berstruktur $\Sigma\Delta$ adalah Cartesian $\Sigma\Delta$ *upconverters*, (Sirmayanti, 2014). Aplikasi dasar *upconverter* ini adalah filter $\Sigma\Delta$ format Cartesian dan kuantisasi format polar untuk menghasilkan band signal yang diharapkan (*desired signal*) dengan performansi yang sangat baik. Berikut ini adalah telaah literatur yang terkait dengan sistem $\Sigma\Delta$ dan beberapa perbandingan arsitektur transmitter RF berstruktur $\Sigma\Delta$.

3.1.1 Sigma-Delta ($\Sigma\Delta$) Modulator

Modulasi $\Sigma\Delta$ berfungsi sebagai *analog to digital converter*. Modulator $\Sigma\Delta$ memiliki *dynamic range* yang besar, area chip yang kecil dan mengkonsumsi daya input yang rendah sehingga mudah diaplikasikan sebagai unsur komponen elektronik. Teknik $\Sigma\Delta$ membentuk *noise shaping* untuk menjauhkan signal band dari noise dan *quantisation noise* untuk menekan noise tersebut serendah mungkin. Teknik modulasinya dengan cara mengurangi hasil sampling *quantisation error* dari sampling signal yang dihasilkan sebelumnya (*feedback*) dan seterusnya hingga *quantisation error* yang diperoleh menjadi nol. Error signal akan diperoleh setelah di link *feedback* sehingga teknik $\Sigma\Delta$ berfungsi pula sebagai *filter* karena memisahkan *transfer function* antara signal dan noisenya, Schreier (2005).



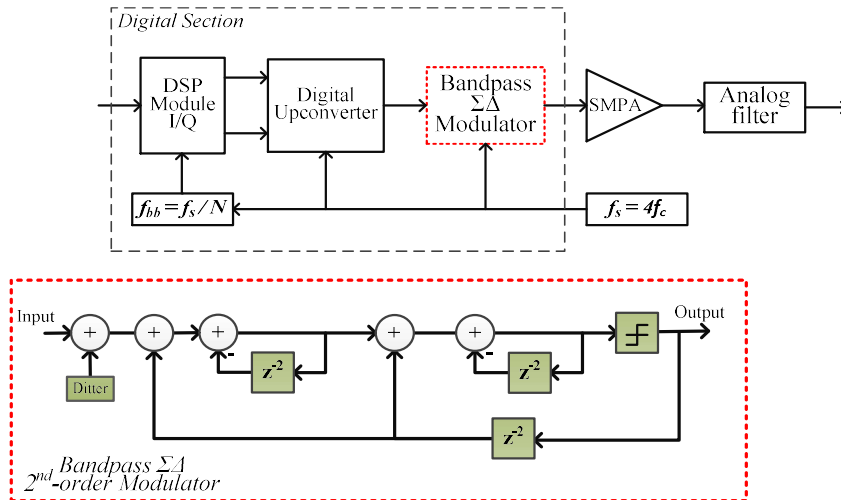
Gambar 1. Linear z-domain pada $\Sigma\Delta$ modulator (MOD1).

Gambar 1 memperlihatkan struktur analog dasar sebuah ADC dengan filter (*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 $U(z)$.

3.1.2 Arsitektur transmitter $\Sigma\Delta$ upconverters

3.1.2.1 Band-pass $\Sigma\Delta$ upconverters

Teknik modulasi *band-pass* $\Sigma\Delta$ merupakan struktur permulaan bagi desain pemancar RF menggunakan SMPA. Keyzer (2001) dalam penelitiannya bahwa modulator *band-pass* $\Sigma\Delta$ mampu menghasilkan sebuah deretan signal pulsa dan mampu menekan *quantisation noise* sehingga sangat cocok sebagai masukan ke penguat-penguat SMPA (Gambar 2).



Gambar 2. Band-pass $\Sigma\Delta$ upconverter (MOD2).

Teknik modulasi ini dapat menghilangkan prosesi analog melalui 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 *sampling frequency* (f_s) 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 digital *waveform* untuk kemudian diteruskan ke SMPA. Teknik modulasi ini memerlukan f_s yang empat kali lebih besar dari *carrier frequency* (f_c) 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* $\Sigma\Delta$ yaitu menggunakan kombinasi dua modulator *low-pass* $\Sigma\Delta$ untuk baseband-*I* dan baseband-*Q* telah diteliti oleh Helaoui (2008).

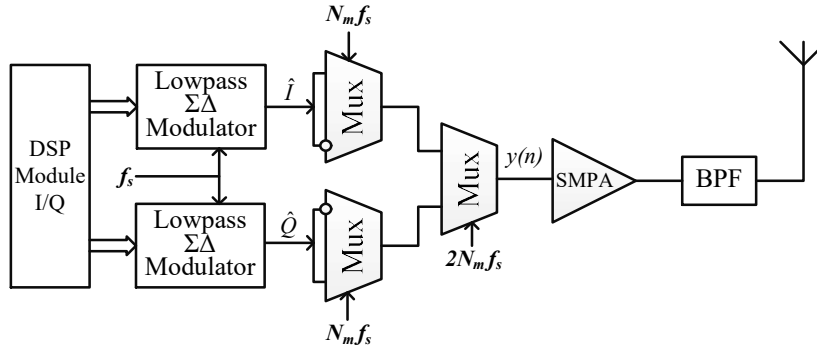
Pada Gambar 3, *upconverter* ini dilengkapi dengan tiga buah unit *multiplexer* (Mux) yang beroperasi seperti *quadrature modulator* untuk mengkonversi bit kuantisasi $\hat{I}-\hat{Q}$ ke bentuk signal RF melalui f_c . Hal ini dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

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

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

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

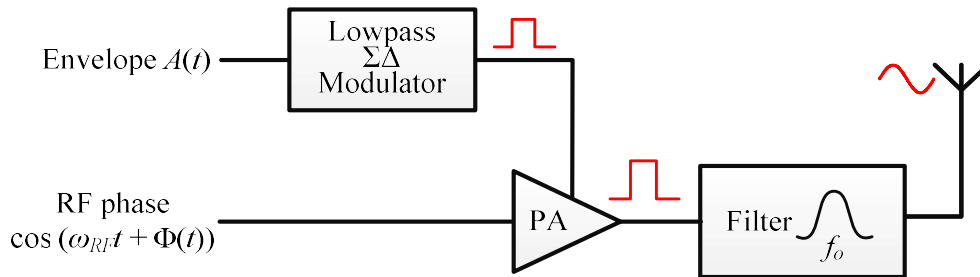
$$\cos\left(2\pi n \frac{f_c}{f_{clock}}\right) = 1, 0, -1, 0, 1, 0, \dots \quad (3)$$



Gambar 3. Band-pass $\Sigma\Delta$ upconverters dengan dua low-pass $\Sigma\Delta$.

3.1.2.2 Polar $\Sigma\Delta$ upconverters

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 untuk mengurangi aktivitas switching dan mengurangi penggunaan komponen analog.

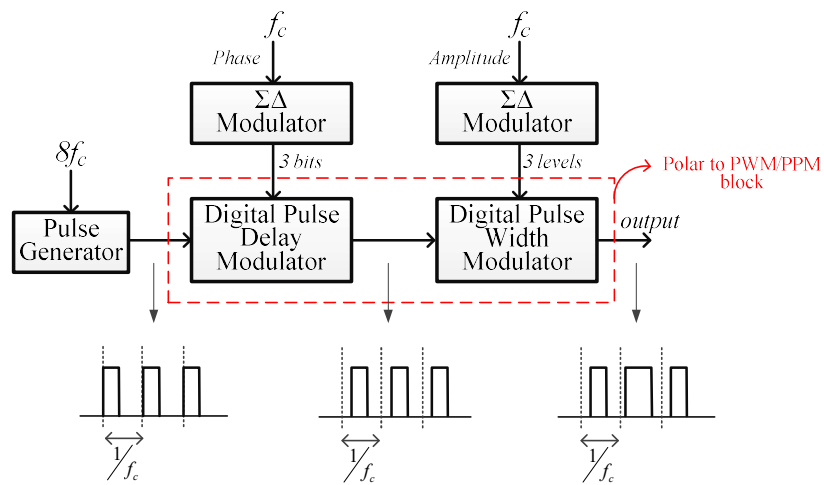


Gambar 4. Polar $\Sigma\Delta$ upconverters berbasis burst-mode.

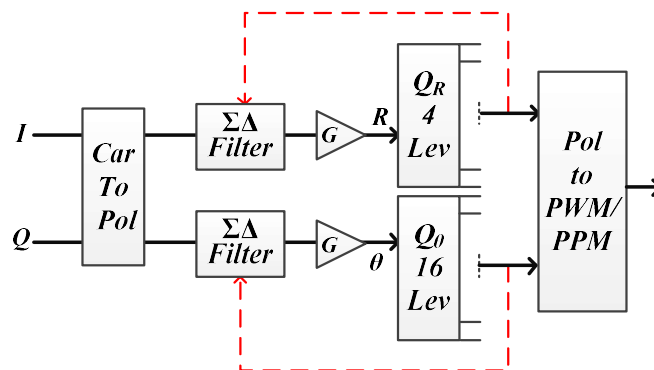
Gambar 4 adalah struktur polar $\Sigma\Delta$ yang terdiri atas modulator *low-pass* $\Sigma\Delta$ 1-bit dan sebuah gerbang penguat. Setiap sampel (*envelope*) amplituda sinyal input $A(t)$ akan mewakili nilai rata-rata periode ‘on’-‘off’ (*burst mode*) berbentuk signal pulsa dan inilah sebagai bagian output modulator *low-pass* $\Sigma\Delta$. Sedangkan fasa input akan mewakili pewaktuan pada pembawa RF. Gerbang penguat beroperasi dalam mode saturasi dengan input berupa gelombang segiempat (pulsa).

Keyzer (2002) melakukan penelitian 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 5. Amplituda 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 ouput termodulasi fasa dalam periode $\frac{1}{8f_c}$. Proses selanjutnya adalah *pulse expander* untuk mengubah-ubah lebar fasa. Struktur ini mampu mengurangi jumlah pulsa dalam satu periode dan *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 5. Polar $\Sigma\Delta$ upconverters oleh Keyzer (2002).



Gambar 6. Polar $\Sigma\Delta$ upconverters oleh Bassoo (2009).

Bassoo (2009) melakukan penelitian pengembangan pada struktur polar $\Sigma\Delta$ seperti terlihat pada Gambar 6. Input signal berupa baseband I - Q dikonversi kedalam format polar menghasilkan R , θ . Dua buah modulator *low-pass* $\Sigma\Delta$ ditempatkan untuk masing-masing signal R (amplituda) dan θ (fasa). Nilai R dikuantisasi dalam 4 level sedangkan dan θ dikuantisasi dalam 16 level terdistribusi antara nilai 0 hingga 2π . 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 (*driver*) bagi SMPA.

Dari hasil studi pustaka diatas dan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa struktur $\Sigma\Delta$ dapat menghasilkan akurasi lebar dan posisi pulsa pada setiap cycle di *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 *quantisation noise* 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 perubahan OSR diharapkan akan lebih akurat sehingga dapat berpengaruh dalam membentuk lebar dan posisi signal RF yang lebih efisien.

3.2. Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) hasil riset dan pengembangan

Kegiatan penelitian Tahun-1 (2020) dengan target TKT-1 difokuskan pada prinsip dasar dan simulasi pemodelan pada unit $\Sigma\Delta$ Cartesian driver, unit Distortion Cancellation, dan unit *high resolution quantitation* (HRQ) Polar driver, sebagaimana uraian ini berdasarkan studi literatur yang ada. Kajian dasar seluruh fenomena, penyebab, dan dampak distorsi pada spektrum band 5G akan dilaksanakan. Langkah selanjutnya adalah melaksanakan analisis solusi *distorsion cancellation* melalui prediksi dan akurasi pengukuran pada infrastruktur band 5G berbasis *digital-upconverter*.

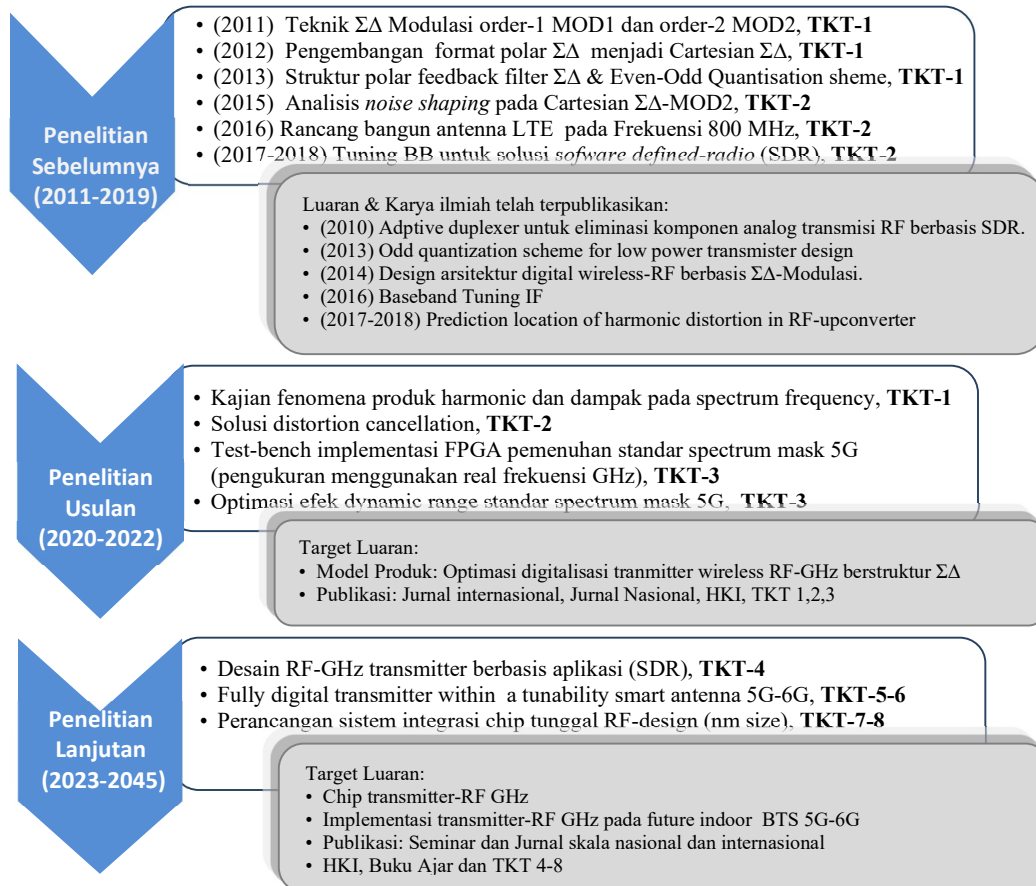
3.3. Peta Rencana Pengembangan Teknologi Menurut TKT (1-9 tahap)

Studi dasar teknik filter $\Sigma\Delta$ yakni modulator $\Sigma\Delta$ orde-1 (MOD1) dan orde-2 (MOD2) dilaksanakan oleh **Sirmayanti** (2011). Perbandingan struktur $\Sigma\Delta$ MOD1 dan MOD2 dapat memperlihatkan fenomena *noise shaping*. Semakin tinggi OSR dan level ordernya, *noise shaping* akan semakin kecil. Sebuah pemodelan baru polar $\Sigma\Delta$ menuju struktur Cartesian $\Sigma\Delta$ dilaksanakan oleh **Sirmayanti** (2012). Format Cartesian- $\Sigma\Delta$ diajukan untuk mengatasi masalah pelebaran lebar pita (*switching bandwidth*) dan fleksibilitas perangkat transmisi untuk mengeliminasi beberapa komponen analog.

Penelitian mengenai teknik kuantisasi pada struktur $\Sigma\Delta$ juga telah dilakukan. Penelitian ini dititikberatkan pada unit feedback filter $\Sigma\Delta$ saja, **Sirmayanti** (2013). Dengan demikian diperoleh hasil bahwa format polar akan tetap dipertahankan pada proses kuantisasi dan konversi PWM/PPM sedangkan format Cartesian akan diberlakukan pada unit *feedback* filter

$\Sigma\Delta$. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa resolusi kuantisasi bisa dikembangkan bukan hanya berdasarkan clock periodnya saja namun bisa disesuaikan level dimensi kuantisasi yang digunakan. Variasi level ini bisa dikembangkan berdasarkan level OSR yang digunakan dan bahkan berpotensi menggunakan kuantisasi dua-dimensi berdasarkan clock period bernilai genap (*even*) dan ganjil (*odd*) dan kombinasi kedua-keduanya (*joint odd-even*).

Gambar 7 menunjukkan peta rencana mengenai topik struktur $\Sigma\Delta$ menuju aplikasi sistem transmisi digital wireless-RF.



Gambar 7. Road map penelitian dengan rencana pengembangan teknologi Menurut TKT.

Konsep dasar arsitektur modulator $\Sigma\Delta$ sebagai digital converter juga telah dilaksanakan. **Sirmayanti** (2014-2015) dalam hasil review studi literature menunjukan metode arsitektur yang tepat untuk optimalisasi struktur filter $\Sigma\Delta$. 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 mengenai analisis *noise shaping* and karakteristik distorsi pasca proses kuantisasi pada struktur $\Sigma\Delta$ juga telah dilakukan oleh **Lidemar dan Sirmayanti** (2016). Hasil penelitian ini menunjukkan tingkat resolusi kuantisasi sangat diperlukan untuk

mendapatkan noise shaping yang baik dalam spectrum. Filter $\Sigma\Delta$ berperan sebagai unit modulator sebelum ke quantiser, unit loop feedback berperan untuk menekan bit-error yang ditimbulkan selama proses kuantisasi sehingga disini diperoleh noise shaping dengan noise floor yang sangat rendah. Metode penelitian yang dilakukan dengan cara membandingkan signal level pada *spectrum adjance control power* (ACP) antara polar dan Cartesian $\Sigma\Delta$ s menggunakan signal OFDM.

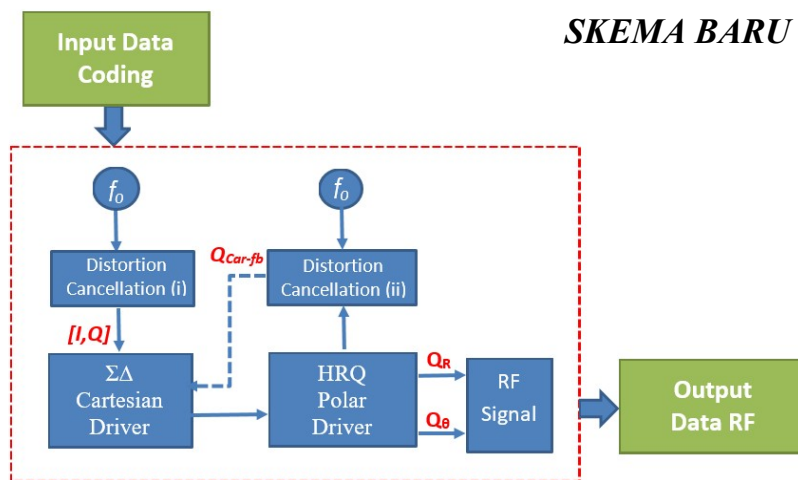
Dalam hasil review studi literature oleh **Sirmayanti** (2017) menunjukkan metode arsitektur yang tepat untuk optimalisasi struktur filter $\Sigma\Delta$. Struktur Cartesian $\Sigma\Delta$ memiliki keunggulan dibandingkan dengan struktur band pass $\Sigma\Delta$ dan polar $\Sigma\Delta$ terutama pada permasalahan *bandwidth expansion* dan penurunan *switching activity*. Penelitian terkini oleh **Sirmayanti** (2018) tentang penerapan metode *tuning baseband* untuk meningkatkan *dynamic range* pemodelan *upconveter* dari permasalahan distorsi masih terkendala besar dalam sistem nirkabel 5G. Walaupun melalui *channel tuning* dengan variable-variabel nilai *offset* dapat menghasilkan kemurnian sinyal yang diinginkan (*desired signal*) yang sudah bebas dari internal distorsi, namun keberadaan *noise floor* masih tersisa tinggi khususnya saat menggunakan over sampling rendah.

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Lokasi Penelitian

Simulasi, lay out, formulasi konsep dan pengukuran pembuktian konsep dilaksanakan di Laboratorium Sistem Komunikasi Radio dan Frekuensi Tinggi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP).

3.4.2 Konseptual/Skenario Masalah dan Metode Solusi

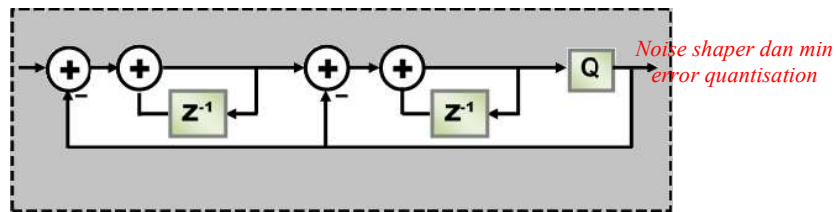


Gambar 8. Skenario penelitian skema baru arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$.

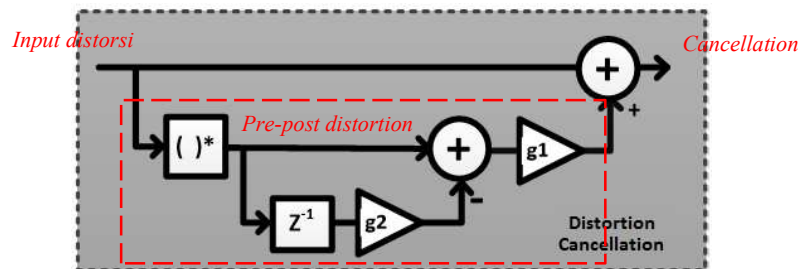
Keseluruhan pekerjaan pemodelan dan simulasi akan menggunakan software MATLAB. Kebutuhan tools & peralatan hardware-software yang akan digunakan sesuai dengan skenario penelitian ini dapat dilihat pada ketersediaan sumber daya alat laboratorium.

Kegiatan penelitian Tahun-1 (2020) dengan target TKT-1 akan difokuskan pada prinsip dasar dan simulasi pemodelan pada unit $\Sigma\Delta$ Cartesian driver, unit Distortion Cancellation, dan unit *high resolution quantitation* (HRQ) Polar driver, sebagaimana uraian ini berdasarkan studi literatur yang ada. Kajian dasar seluruh fenomena, penyebab, dan dampak distorsi pada spektrum band 5G akan dilaksanakan. Langkah selanjutnya adalah melaksanakan analisis solusi *distorsion cancellation* melalui prediksi dan akurasi pengukuran pada infrastruktur band 5G berbasis *digital-upconverter*. Seluruh pekerjaan ini akan dilaksanakan secara urut sesuai dengan susunan blok sistem seperti pada Gambar 8. Target hasil penelitian tahun 1 ini akan menghasilkan *notelty* produk hasil kajian, formulasi dan pemodelan terbaru yakni metode *Frequency Dealing* pada dampak distorsi proses *frequency sharing* dalam spectrum RF. Formulasi dasar akurasi posisi distorsi dalam spectrum RF juga akan dibuat.

Skenario *digital-upconverter* 5G seperti yang terlihat pada Gambar 8. Sinyal input akan berupa baseband digital yang dapat diperoleh misalnya melalui *multi-carrier* data OFDM. Keseluruhan skema baru yang diusulkan terdapat dalam blok sistem ditandai dalam garis putus warna merah yang akan diolah dalam baseband analog *I-Q* dan menghasilkan sinyal output RF baru. Masing-masing fungsi blok akan dijelaskan dalam uraian penjelasan seperti tertera pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



Gambar 9. Filter dan modulator $\Sigma\Delta$ order MOD2.



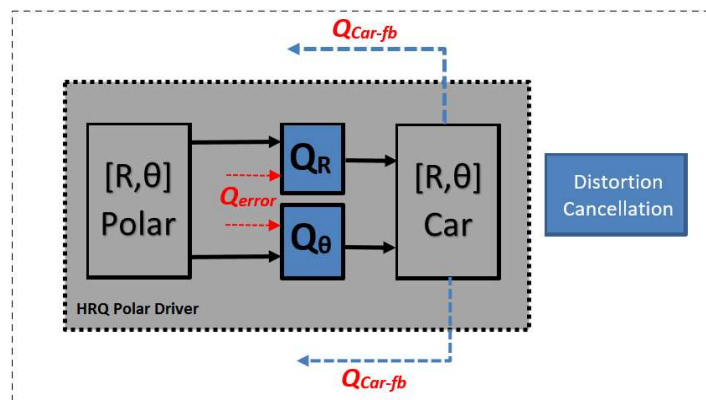
Gambar 10. Distortion Cancellation driver

Gambar 9 menunjukkan struktur filter $\Sigma\Delta$ order 2 (MOD2) yang akan digunakan. Sistem ini merupakan kontruksi pengembangan melalui dua buah intergator pada setiap fungsi loop

penjumlahan (Σ). Pemodelan ini diharapkan memiliki bentuk noise terendah dengan bertambahnya orde level modulasinya. Sebagai fungsi *noise shaping filter* dan *oversampling*, struktur ini akan mendistribusikan hasil kuantisasi error dan menggiringnya berupa noise floor posisi terendah dalam band signal yang diinginkan. Hasil cuplikan signal inputnya akan sebesar dua kali sebesar bandwidthnya sehingga akan menurunkan kuantisasi noise pada band signal yang diinginkan.

Gambar 10 menunjukkan blok sistem sebuah *pre-post* distorsi yang disebut dengan unit *distortion cancellation*. Unit yang digunakan nanti ada dua buah masing-masing akan ditempatkan pada awal dan akhir *digital-upconverter driver*. Fungsi *pre-distorsi* dan *post-distorsi* adalah membuat noise palsu (amplitudo dan fasa serupa dengan distorsi asli) dari spectrum signal yang dihasilkan. Fungsi DSP *z*-domain dan pembalik fasa yang namapak pada blok sistem tersebut akan bermanfaat untuk melaksanakan *cancellation*.

Gambar 11 menunjukkan proses HRQ sebagai metode aplikasi skala ukur kuantisasi digital selama pemrosesan sinyal digital DSP dilakukan. Secara umum, proses kuantisasi ini akan melaksanakan pemetaan nilai input kontinyu menghasilkan sederatan pendekatan hasil yang diinginkan. Hasil yang akan diperoleh adalah selisih antara nilai input dan nilai kuantisasinya. Metode HRQ juga menggunakan skema kuantisasi Polar (Polar-Quantisation, PQ). Konsep dasar seluruhnya dalam format Polar selama proses kuantisasi baseband karena skema ini mengandung unsur sinyal envelope real *amplitude* dan *phase*. Kedua variable ini mudah merepresentasikan masing-masing sebagai *pulsewidth* dan *pulseposition* dalam proses konversi modulasi ke RF signal berupa murni *digital wave*. Metode referensi terbaik tentang teknik ini juga akan melaksanakan penggabungan polarisasi dua dimensi dalam rangka menghasilkan resolusi hasil kuantisasi yang lebih baik.



Gambar 11. Arsitektur PQ-HRQ dalam menghasilkan RF signal.

BAB 4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

4.1 Luaran yang Dicapai

Hasil dan luaran sementara yang telah dicapai dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut.

Tabel 2. Status Luaran

Luaran	Status		
	Draft	Submit/Review	Accepted/Publish
<i>Jurnal Nasional</i>			<i>100%</i>
<i>Jurnal Internasional</i>	<i>85%</i>		
<i>HAKI (Paten)</i>	<i>10%</i>		
<i>HAKI (Hak Cipta)</i>		<i>100%</i>	<i>100%</i>
<i>Prototipe</i>	<i>Lab</i>		

Tabel 3. Progress Luaran berdasarkan janji luaran Tahun ke-1

<i>No</i>	<i>Jenis Luaran</i>		<i>Traget Janji Luaran Tahun ke-1</i>	<i>Progress Luaran (Laporan Hasil)</i>
1	Publikasi Ilmiah	Internasional/ berreputasi internasional	Draft	Draft 85%
		Nasional Terakreditasi	Submitted/ Reviewed	Accepted/Published
2	Kekayaan Intelektual (KI)	Paten sederhana	Draft	Draft 10%
		Hak Cipta (1)	Draft/ Submitted	Submitted/Reviewed
		<i>Hak Cipta (2)</i>	<i>Tambahan</i>	<i>Granted</i>
3	Model		Draf	Draft/Lab

Luaran yang telah dicapai:

1. Hak Cipta (1)

Jenis Hak Cipta : Program Komputer
 Judul : Teknik Joint-Quantisation (Joint-Q) untuk Optimalisasi Struktur Digital Rf-Transmitter
 Nomor Permohonan : EC00202050531
 Tanggal Permohonan : 17 November 2020
 Revision : 2 Desember 2020
 Re-Submission : 4 Desember 2020
 Status : Submitted (Terdaftar)

2. Hak Cipta (2)

Jenis Hak Cipta : Program Komputer
Judul : Aplikasi High Resolution Quantisation (HRQ) Pada Struktur Digital RF Transmitter
Nomor Permohonan : EC00202050168
Tanggal Permohonan : 17 November 2020
Nomor Pencatatan : 000222407
Status : Tredaftar (Granted)

3. Jurnal Nasional Terakreditasi

Nama Jurnal : Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan (JETT)
<https://journals.telkomuniversity.ac.id/jett>
Judul Publikasi : Computational Modeling Rule for Unwanted Signal RF-Spectrum Elimination
Tanggal Submission : 6 November 2020
Tanggal Revisi : 20 November 2020
Tanggal Accepted : 1 Desember 2020
Status : Accepted/Published (Desember 2020 Edition)

4. Jurnal Internasional Reputasi Scopus

Nama Target Jurnal : IEEE Transactions and Journals
Judul : Cancellation Of Spurious Signals For Configuring A New Multi-Carrier Communication Environment
Target Submission : Maret 2021
Status : Draft (85%)

5. Paten Sederhana

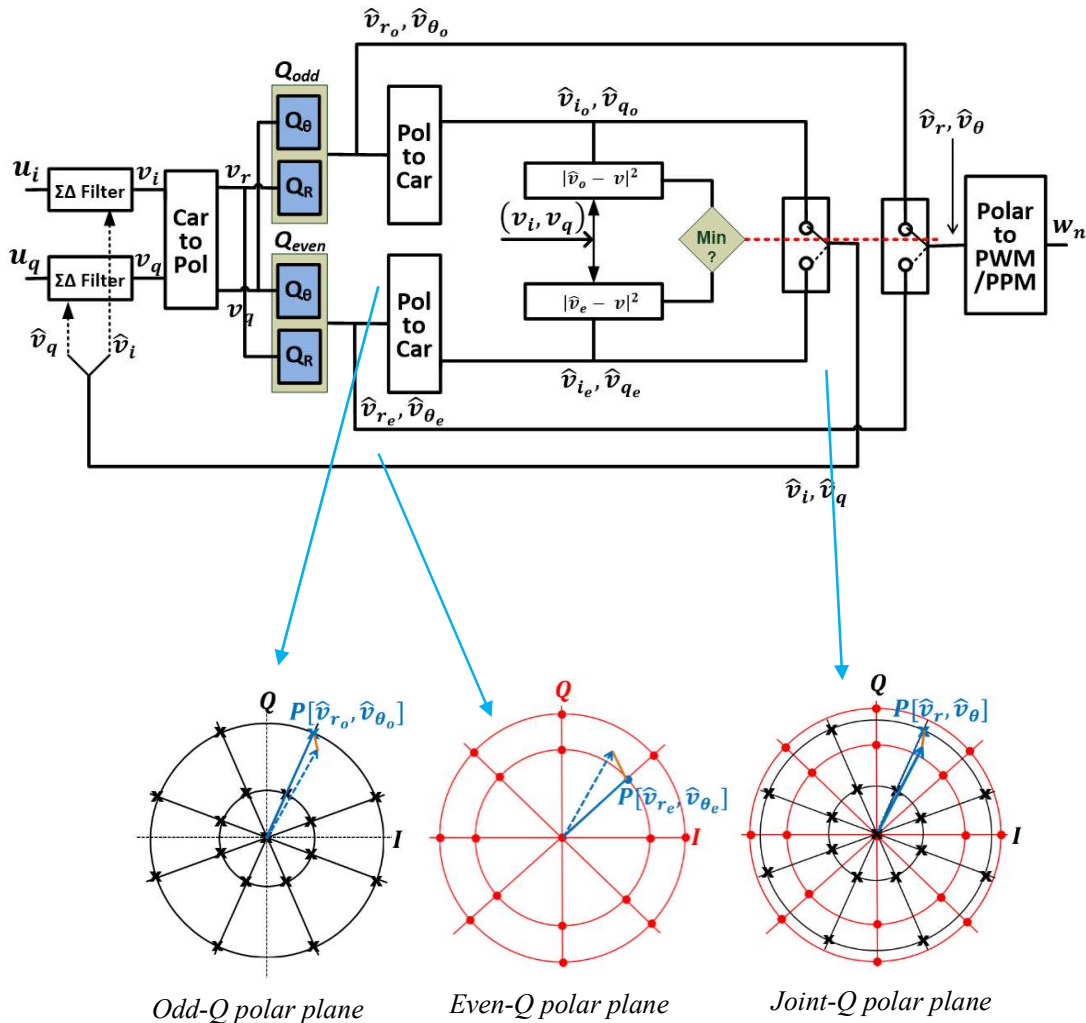
Jenis Paten : Paten Sederhana
Judul : Teknik Full-Quantisation (Joint-F) untuk Optimalisasi Struktur Digital Rf-Transmitter
Target Submission : Oktober 2021
Status : Draft (10%)

4.2 Deskripsi Hasil Luaran

Konseptual *Joint Quantisation* (Joint-Q) merupakan bagian sistem proses kuantisasi yang merupakan pengembangan struktur Digital RF-Transmitter (RF-Tx) berbasis Cartesian $\Sigma\Delta$ *upconverter*. Bagan prosedur dan skenario metode *Joint-Q* diperlihatkan seperti pada Gambar 12.

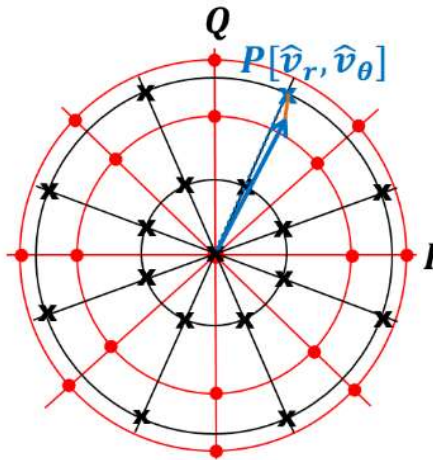
Sistem kuantisasi satu dimensi pada *even-Q* atau *odd-Q* masih dipertahankan karena memiliki keunggulan untuk memungkinkan sinyal *envelope amplituda* dan *fase* yang terproses secara terpisah (*independent*) sehingga dapat beroperasi secara paralel dengan kecepatan proses yang tinggi. Namun perlu diketahui bahwa jika terpilih metode *even-Q* maka berarti hanya

setengah $clock\ cycle$ (c_{clock}) yang terpakai yaitu c_{clock} genap saja. Hal ini berarti hanya setengah kuantisasi poin yang dapat dihasilkan untuk mengoperasikan sistem pada RF-Tx untuk menghasilkan baseband digital menjadi signal RF, demikian pula sebaliknya pada $odd-Q$. Dengan demikian resiko munculnya kuantisasi error dapat terjadi. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan pengurangan kuantisasi noise ini maka diperlukan menggunakan seluruh c_{clock} yang tersedia dan untuk menghasilkan seluruh kuantisasi poin.



Gambar 12. Konsep pengembangan Digital RF-Transmitter (RF-Tx) melalui Joint-Q dan ilustrasi polar plane, $OSR=8$.

Metode $joint-Q$ adalah mengukur nilai kuantisasi optimum terseleksi dari $even-Q$ dan $odd-Q$ pada seluruh c_{clock} yang tersedia. Proses pemilihannya melalui perbandingan kedua hasil optimum kuantisasi poin tersebut dan selanjutnya memilih kuantisasi poin paling minimum atau terdekat. Teknik $joint-Q$ disebut kuantisasi dua dimensi karena melibatkan perhitungan jarak kuadrat antara vector input dari setiap titik kuantisasi dan menggabungkan joint-point pada $even-Q$ dan $odd-Q$. Pada



Gambar 13. Polar Plane Joint-Q OSR=8.

Gambar 13 memperlihatkan struktur polar plane *Joint-Q*, contoh pada OSR=8, melalui penggabungan *even-Q plane* dan *odd-Q plane*. Tanda cross hitam (x) adalah kuantisasi point *clock* ganjil dan tanda dot merah (.) adalah kuantisasi point *clock* genap. $P[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$ ditentukan melalui perbandingan jarak terdekat hasil point kuantisasi *even-Q* dan *odd-Q*.

Terdapat lima instruksi matematika baru yang diperlukan untuk menghitung jarak kuadrat ini, yaitu dua operasi pengurangan, dua operasi kuadrat, dan satu penjumlahan. Mengingat prosesi pencarian ini berlangsung dalam dua dimensi maka tentunya kompleksitas akan semakin besar pula.

Struktur digital RF-Transmitter (RF-Tx) seperti terlihat pada Gambar 1 dengan aplikasi *Joint-Q* terdiri atas tiga blok utama dengan uru prosedur kerja yaitu:

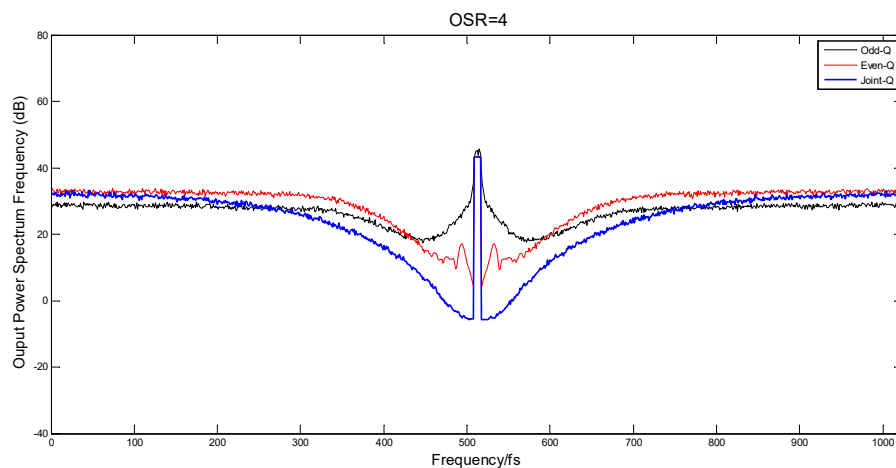
- a) Blok $\Sigma\Delta$ filter, beroperasi sebagai *low-pass* filter $\Sigma\Delta$ berorder-2 ($\Sigma\Delta \text{ MOD}2$). Masing-masing input baseband *I-Q* $[u_i, u_q]$ akan melalui $\Sigma\Delta \text{ MOD}2$ menghasilkan variabel $[v_i, v_q]$ dalam format koordinat Cartesian dan selanjutnya $[v_r, v_\theta]$ dalam format koordinat Polar. Metode konversi dapat dilakukan dengan persamaan $R = \sqrt{I^2 + Q^2}$ dan $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{Q}{I}\right)$.
- b) Blok Quantiser Q_{odd} dan Q_{even} berfungsi melaksanakan kuantisasi *odd-Q* dan *even-Q*. Panduan proses kuantisasi *Joint-Q* dilakukan sebagai berikut:
 - ✓ Blok Quantiser Q_{odd} beroperasi *odd-Q* dan Q_{even} beroperasi *even-Q*.
 - ✓ Sistem operasi dilaksanakan secara terpisah baik yaitu untuk amplitud (blok Q_R *odd-even*) dan fasa (blok Q_θ *odd-even*) dalam variable $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$.
 - ✓ Masing-masing blok menghasilkan $[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$ dan $[\hat{v}_{r_e}, \hat{v}_{\theta_e}]$ dalam format polar.

- ✓ Peran kuantisasi point dalam Blok Quantiser Q_{odd} dan Q_{even} ini akan men-drive fungsi blok berikutnya dan fungsi blok sebelumnya sebagai *feedback* (umpan balik).
- ✓ Variable $[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$ dan $[\hat{v}_{r_e}, \hat{v}_{\theta_e}]$ akan diubah dahulu kedalam format Cartesian menjadi $[\hat{v}_i, \hat{v}_{q_o}]$ dan $[\hat{v}_{i_e}, \hat{v}_{q_e}]$ untuk selanjutnya dilakukan prosesi pemilihan kuantisasi optimum sebelum diteruskan menjadi umpan balik ke blok $\Sigma\Delta$ filter.
- ✓ Nilai kuantisasi optimum ini pula menjadi referensi bagi variable $[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$ dan $[\hat{v}_{r_e}, \hat{v}_{\theta_e}]$ yang terpilih untuk men-drive proses *pulse width/position modulation* (PWM/PPM) pada blok berikutnya.

Dalam ilustrasi polar plane Gambar 12, diperlihatkan *odd-Q polar plane*, *even-Q polar plane* dan *joint-Q polar plane* pada nilai *clock rate* dari *oversampling* (OSR) sama dengan 8. Titik kuantisasi P $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$ merupakan titik optimum minimal hasil perbandingan dari P $[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$ dan P $[\hat{v}_{r_e}, \hat{v}_{\theta_e}]$. Sebagai contoh, nampak bahwa jarak kuadrat P $[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$ lebih mendekati target poin dari pada P $[\hat{v}_{r_e}, \hat{v}_{\theta_e}]$, maka hasilnya P $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta] = P[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$.

- c) Blok “Polar to PWM/PPM” berfungsi menghasilkan sinyal *waveform* RF (w_n). Pada Gambar 12, luaran blok Quantiser format polar $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$ optimum akan diteruskan ke dalam blok ini, sedangkan format Cartesian $[\hat{v}_i, \hat{v}_q]$ optimum akan diteruskan ke unit *feedback* $\Sigma\Delta$ filter.

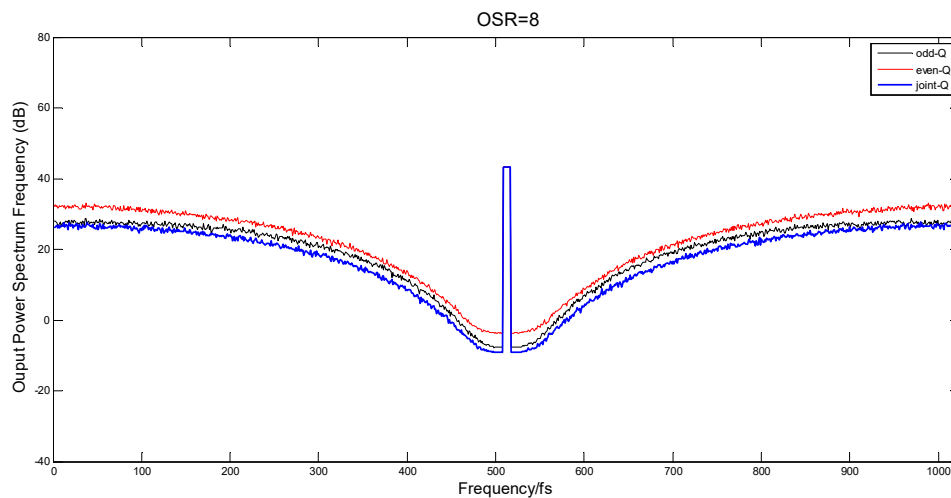
Metode simulasi dalam pemodelan ini menggunakan MATLAB dengan membuat script code pemrograman. Nama variable yang digunakan pada input-output tiap blok sistem dalam simulasi tersebut seperti pada Gambar 12. Input signal yaitu *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) dengan nama variabel *I-Q* $[u_i, u_q]$. Output hasil simulasi berupa spectrum RF (variable Wn) dengan variasi nilai OSR bernilai 4, 8, 16, 32, dan 64.



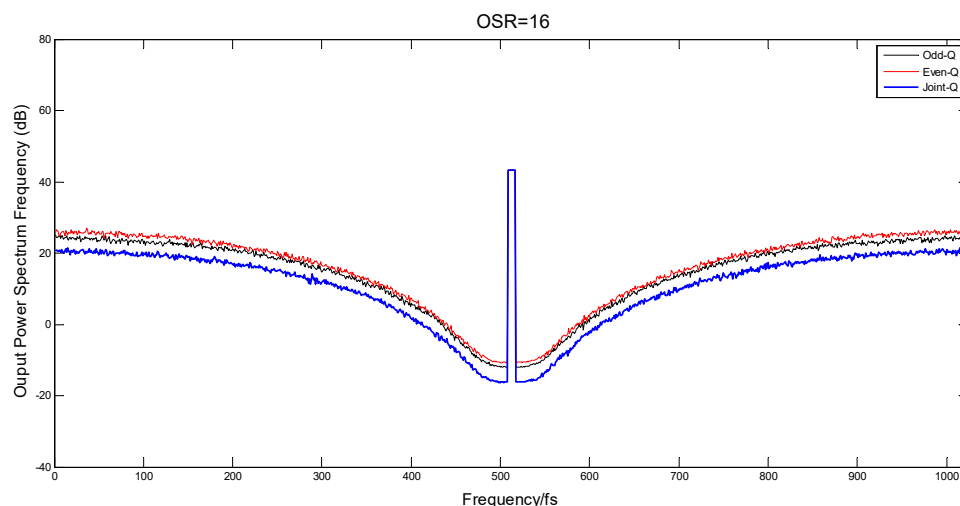
Gambar 14. Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=4.

Output hasil simulasi berupa spectrum RF (variable Wn) dengan membandingkan hasil kinerja kuantisasi dengan metode *odd-Q*, *even-Q* dan *joint-Q* dengan variasi nilai OSR pada bernilai OSR=4 (Gambar 14), OSR=8 (Gambar 15), OSR=16 (Gambar 16), OSR=32 (Gambar 17), dan OSR=64 (Gambar 18).

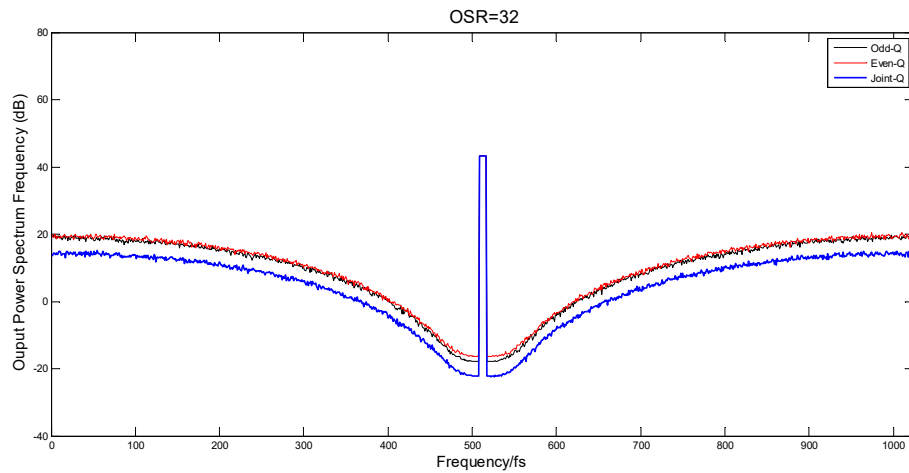
Pada OSR=4, kestabilan kinerja output *Joint-Q* sangat baik dibandingkan *odd-Q* dan *even-Q* dengan penurunan *noise floor* yang signifikan sekitar 9 dB terhadap *even-Q* (pada relative frekuensi bin 517 Mhz di $f_c \text{ normal} = 512 \text{ Mhz}$). Kinerja *odd-Q* dan *even-Q* menunjukkan penampakkan *noise shaping* tidak sempurna, sebagaimana kuantisasi point sangat renggang sehingga *error quantisation* pun cukup besar.



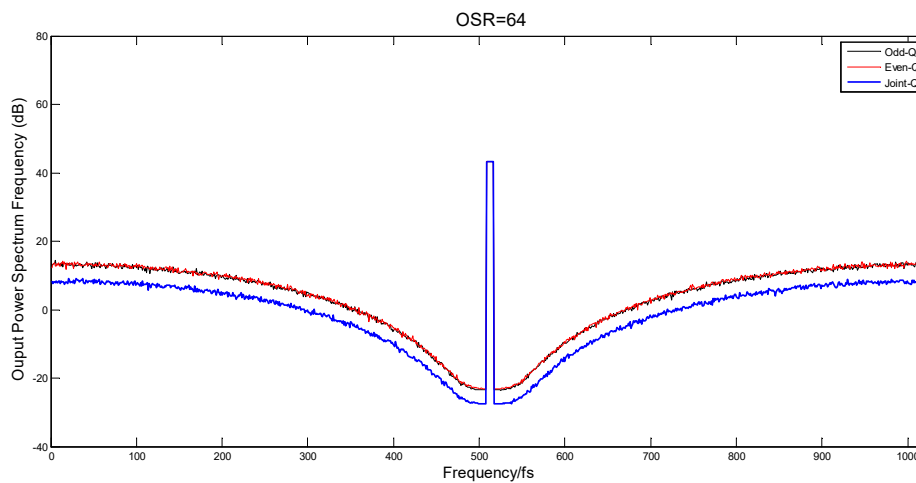
Gambar 15. Perbandingan hasil output *Quantiser* pada OSR=8.



Gambar 16. Perbandingan hasil output *Quantiser* pada OSR=16.



Gambar 17. Perbandingan hasil output *Quantiser* pada $OSR=32$.



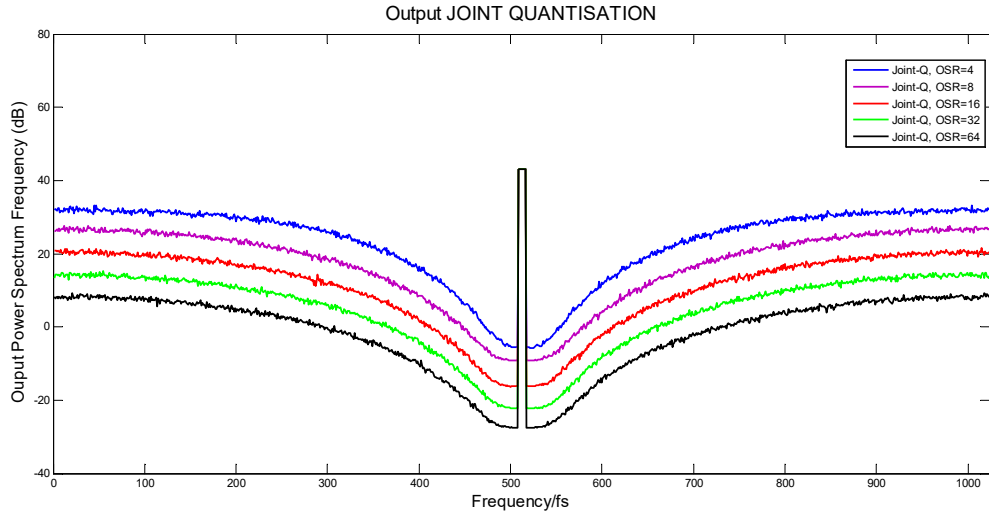
Gambar 18. Perbandingan hasil output *Quantiser* pada $OSR=64$.

Secara umum sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 15, Gambar 16, Gambar 17, dan Gambar 18 pada masing-masing variabel $OSR=8, 16, 32$ dan 64 bahwa telah menunjukkan kinerja baik melalui metode *joint-Q* terhadap kinerja *odd-Q* dan *even-Q*. Contoh pada $OSR=8$, data pada spectrum menunjukkan terjadi penurunan sekitar 1.5 dB oleh kinerja *joint-Q* terhadap *odd-Q*. Selain itu, terjadi perbandingan kinerja bahwa penurunan *noise floor* oleh *odd-Q* terhadap *even-Q* sebesar sekitar 4 dB. Tabel 4 berikut menunjukkan level penurunan spectrum signal yang telah dihasilkan:

Tabel 4. Pebandingan level noise floor signal (referensi Frekuensi Bin pada 517 Mhz)

OSR	<i>odd-Q</i>	<i>even-Q</i>	<i>joint-Q</i>
4	39.03 dB	3.641 dB	-5.653 dB
8	-3.643 dB	-7.671 dB	-9.180 dB
16	-10.69 dB	-11.94 dB	-16.21 dB
32	-16.28 dB	-17.85 dB	-22.26 dB
64	-23.11 dB	-23.48 dB	-27.57 dB

Sedangkan pada Gambar 19 ditunjukkan perbandingan *output spectrum RF* setelah proses kuantiser metode *joint-Q* menggunakan masing nilai OSR yang berbeda-beda (OSR= 4, 8, 16, 32, dan 64). Hasil yang dapat dilihat bahwa semakin tinggi OSR yang digunakan maka *noise floor* juga akan semakin turun dengan dampak penurunan sekitar 4-7 dB. Efek *noise shape* dari operasi $\Sigma\Delta$ MOD2 dapat juga dilihat pada setiap posisi channel target dengan menduduki noise level terendah.



Gambar 19. Perbandingan output *Quantiser* metode *joint-Q* pada OSR=4, 8, 16, 32 dan 64.

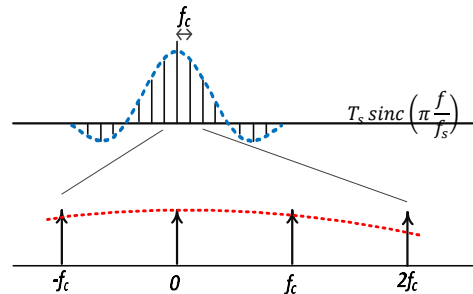
Selanjutnya, aturan metode eliminasi dilaksanakan dalam *frequency domain* melalui penunjukan berapa banyak sinyal terletak dalam setiap sampling frekuensi $T_s \text{sinc}\left(\pi \frac{f}{f_s}\right)$. Gambar 20 menunjukkan sample satu satuan frekuensi dalam menentukan akurasi posisi *unwanted signal*. Total spectrum dapat ditentukan melalui persamaan berikut

$$\tilde{Y}(f) = \sum_{k=0}^{OSR_{RF}-1} \tilde{Y}_k(f) \quad (1)$$

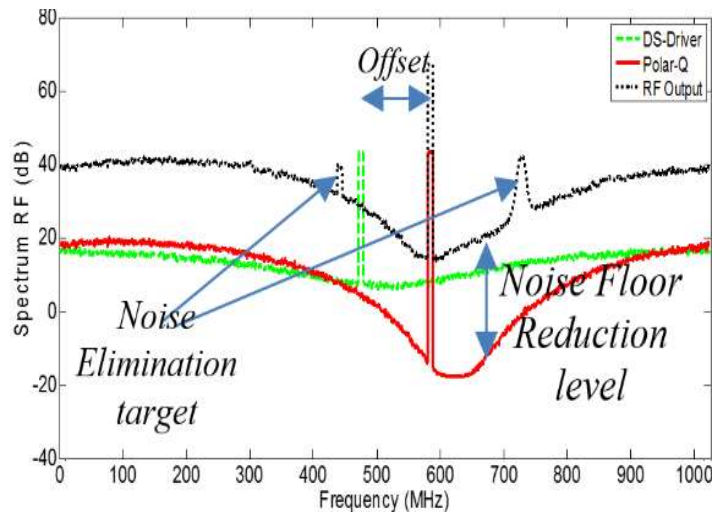
dimana $\tilde{Y}(f)$ adalah total spectrum dan OSR adalah over sampling ratio. Sebagaimana dalam hasil pada [8] bahwa proporsi SNR berbanding terbalik terhadap noise yang dihasilkan. OSR dapat diperoleh melalui $OSR = \frac{f_s}{f}$. Dalam analisis ini, $\tilde{Y}(f) = F\{y(t)\}$ is dihitung melalui frequency domain Fourier transform.

Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 21 dan Gambar 22, masing-masing pada parameter OSR=16 dan OSR=8. Karena $f_c = K f_s$ (lihat Persamaan (10) dalam [10]) dengan asumsi K=1 maka dapat kita perhatikan kedudukan signal band luaran dari Polar-Q dan RF

output duduk di atas satu sama lain atau tepat pada posisi frekuensi target yang sama, meskipun proses melalui offset sejauh 40 dB dari *frequency carrier* (f_c). Proses ini disebut *tuning baseband*, meskipun signal band telah mengalami offset namun posisi band tidak berpengaruh terhadap hasil pergeseran ini.

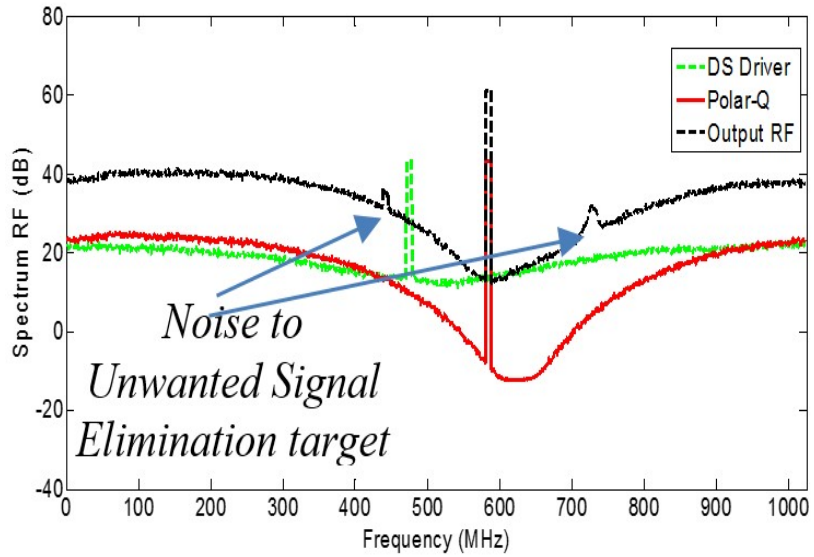


Gambar 20. Sample signal to summation form $\tilde{Y}(f)$.



Gambar 21. Spectrum signal pada $OSR=16$.

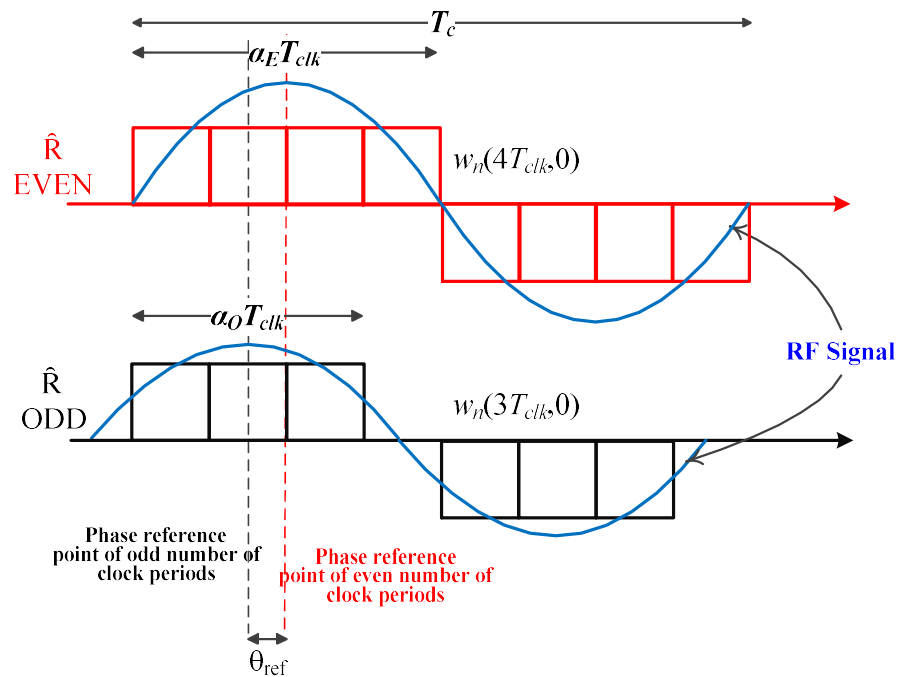
Garis hijau putus-putus adalah tanda bahwa sinyal masih berada pada posisi f_c , sebagaimana proses DS-driver berupaya focus pada pengurangan *noise floor* dan *noise shape* saja. Distorsi harmonik hanya terjadi ketika jika terjadi *offset* dan dampak ini dapat dilihat pada output RF output (garis hitam). Distorsi harmonik ini disebut sebagai *image* dan *harmonic unwanted signal components*. Performasi hasil yang baik ditunjukkan setelah penggunaan polar-Q yang optimal. Garis merah memperlihatkan dampak noise floor yang menurun dalam spectrum tersebut. Perbandingan hasil pada Gambar 22 menunjukkan penurunan level distorsi harmonik pada saat penggunaan OSR yang kecil ($OSR=16$ ke $OSR=8$). Hal ini menunjukkan bahwa *unwanted signal elimination* berpotensi dihilangkan jika pada penggunaan OSR yang kecil.



Gambar 22. Spectrum signal pada OSR=8.

OSR yang kecil seperti OSR=8 dapat memperlihatkan level signal pada spectrum-RF berkurang sekitar 10 dB dari perbandingannya dengan OSR=16. Dengan demikian jika menggunakan OSR=4 atau OSR=2 misalnya, maka penurunan level signal dalam spectrum dapat dipenuhi. Namun, masih perlu diperhatikan kembali terhadap fenomena noise floor yang dapat meningkat dampak dari OSR yang kecil. Aturan dalam komputasi ini harus mempertimbangkan kedua hal tersebut.

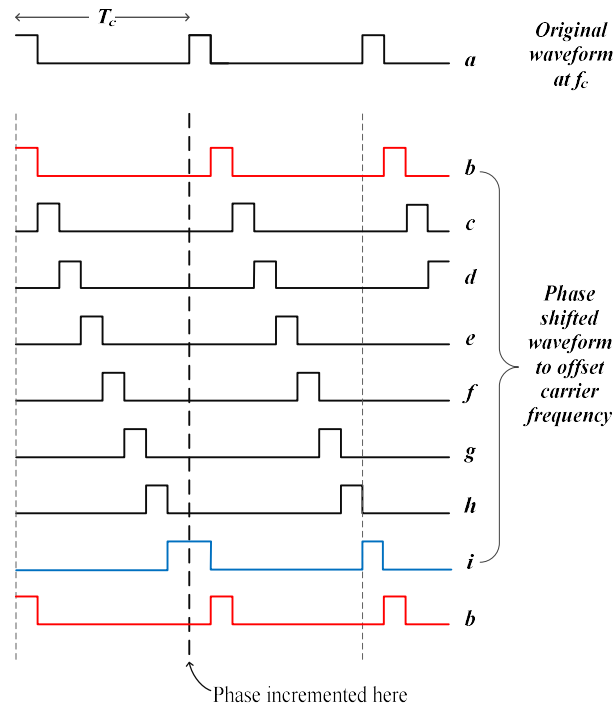
Analisis akurasi simetrik posisi prediksi *image* dan solusi *image-cancellation*



Gambar 23. Output PPM/PWM berupa waveform signal.

Sistem konversi sinyal terkuantisasi polar menjadi signal RF, Gambar 23, melalui proses PWM/PPM memunculkan distorsi di sekitar spectrum keluarannya. Distorsi tersebut berupa signal harmonik pada setiap range f_{offset} . Bentuk signal harmonik yang paling menonjol dan sangat dekat dengan target signal adalah *image* ($-f_{offset}$), harmonic-3 ($3f_{offset}$), harmonic-5 ($5f_{offset}$).

Proses PPM diyakini 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.



Gambar 24. Phase shift waveform saat pulsa mengganti posisi.

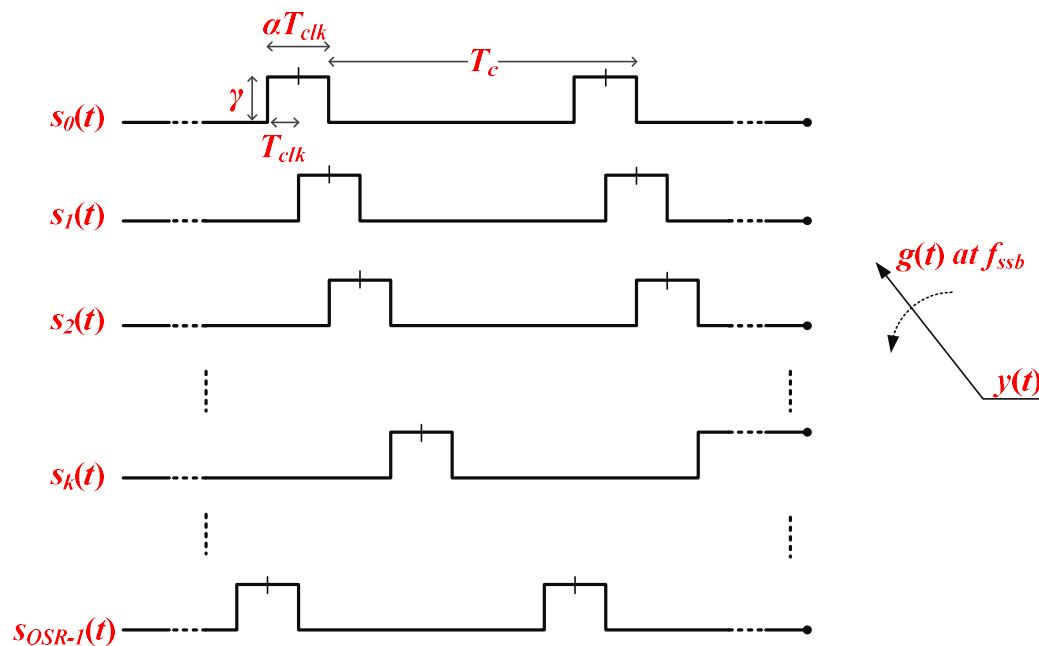
Output kuantiser dari sebuah signal baseband adalah berupa bit-bit dalam format polar $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$. Bit ini akan diteruskan menuju blok ‘Polar to PWM/PPM’ sehingga proses pulsa square waveform dapat dihasilkan. Proses PWM akan menyesuaikan perubahan amplitude pada pulsa square tersebut, sedangkan proses PPM akan menyesuaikan perubahan fasanya. 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 24 berikut, *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.

Analisis matematika dibuat untuk menentukan posisi tepat distorsi harmonik dari setiap bit sinyal keluaran dari blok ‘Polar to PWM/PPM’. Analisis ini berdasarkan single *Single Side Band* (SSB) tone, Gambar 25. Single SSB terdiri dari *Upper Side Band* (USB) atau *Lower Side Band* (LSB) dengan posisi frekuensi masing-masing $(f_c + f_{ssb})$ or $(f_c - f_{ssb})$ Hz. Fasa $\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)$ dapat ditentukan melalui frekuensi SSB, f_{ssb} , yaitu

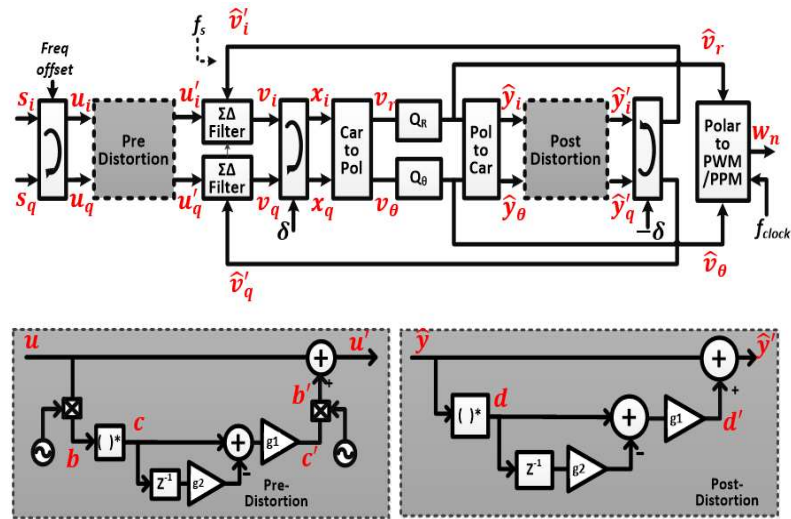
$$f_{ssb} = \frac{1}{2\pi} \frac{\partial\theta}{\partial t} \quad (6)$$

Sehingga $\frac{\partial\theta}{\partial t} = 2\pi f_{ssb}$ (7)

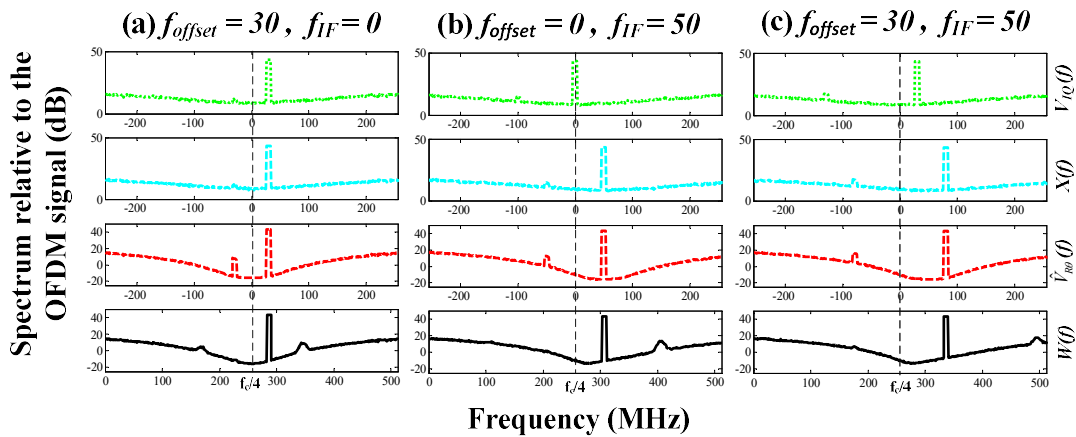


Gambar 25. Phase shifted oscillators signal SSB.

Model analisis untuk mengukur akurasi simetrik posisi prediksi image dan solusi *image-cancellation* seperti pada Gambar 26. Pre-Post Distortion diaplikasikan dalam pemodelan ini. Sebagaimana pada Gambar 10, blok Pre-Post Distortion berperan sebagai unit kerja *distortion cancellation*. Fungsi *pre-distorsi* dan *post-distorsi* adalah membuat noise palsu (amplitude dan fasa serupa dengan distorsi asli) dari spectrum signal yang dihasilkan. Fungsi DSP z-domain dan pembalik fasa yang nampak pada blok sistem tersebut bermanfaat untuk melaksanakan *cancellation*.



Gambar 26. Pre-Post Distortion untuk Cancellation.



Gambar 27. Image Cancellation pada $OSR_{RF}=16$.

Gambar 27 menunjukkan hasil metode noise cancellation dari beberapa scenario variable offset yang berbeda. Data diambil menggunakan $OSR=16$. Dapat dilihat bahwa akurasi posisi image dapat di hitung setelah mengetahui posisi offset dan dibangun system image palsu untuk bias saling menghilangkan tepat pada kedudukan bin image sesuai dengan fasa terbalik yang telah diatur.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Pembahasan tentang identifikasi fenomena distorsi harmonik Output RF dari struktur RF-upconverter telah diperlihatkan. Sejumlah harmonisa sebagai unwanted signal yang muncul disebabkan oleh sifat *rectangular nature* selama proses *pulse width/position modulation* (PWM/PPM). Distorsi ini mengurangi dynamic range dari pita operasi, oleh karena itu, selektifitas OSR yang tepat adalah salah satu faktor penentunya. Selain itu, untuk mencapai optimalisasi *unwanted signal elimination* ini, diperlukan aturan dari teknik ketepatan penggunaan f_c terhadap *frequency clock* (f_{clock}). f_{clock} merupakan factor penentu untuk menetapkan jumlah titik kuantisasi pada proses Polar-Q karena terkait keterwakilan level fasa dan amplitude signal band.

1.2 Saran

- Diperlukan kejelasan alokasi frekuensi 5G yang akan diimplementasikan di Indonesia
- Pengukuran diharapkan dapat dilaksanakan pada operator seluler sehingga perbandingan trial frekuensi yang digunakan dapat dibandingkan dalam simulasi ini.

REFERENSI

- Basetas, C., Kanteres, A., dan Sotiriadis, P., 2015, "Hardware implementation aspects of Multi-Step Look-Ahead Σ - Δ modulation-like architectures for all-digital frequency synthesis applications", *Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symp. & the European Freq. and Time Forum*, hal 452-455.
- Bassoo, V., dan Faulkner, M., 2009, "Sigma-delta digital drive signals for switchmode power amplifiers", *Journal Electronics Letters*, vol. 44, hal. 1299-1300.
- Chae, K., dan Yoon, S., 2014, "Cancellation of AltBOC Correlation Side-Peaks for Frequency Sharing in Satellite Communication Spectrum", *the journal of Korea Information and Communication Society*, edisi 39B, Vol. 11, hal 810-816.
- Cordeiro, R., Oliveira Arnaldo S. R. dan Vieira, J., 2015, "FPGA-based all-digital transmitters", *International Conference on Field Programmable Logic and Apps. (FPL)*, hal. 1-2.
- Ericsson Inc. "More than 50 billion connected devices", <http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-50-billions.pdf>. [Online akses 27 September 2018].
- Evans, B. G., 2014, "The role of satellites in 5G," , *the 7th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference and the 13th Signal Processing for Space Communications Workshop (ASMS/SPSC)*, Livorno, hal. 197-202.
- Guidolin, F. dan Nekovee, M. 2015, "Investigating Spectrum Sharing between 5G Millimeter Wave Networks and Fixed Satellite Systems," *IEEE Globecom Workshops (GC Workshop)*, San Diego, CA, hal. 1-7.
- Helaoui, M., Hatami, S., Negra, R., dan Ghannouchi, F. M., 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.
- Höyhty, M., 2015, "Frequency sharing between FSS and BSS satellites in the 17.3–18.4 GHz band," *International Conference of Advances in Wireless and Optical Communications (RTUWO)*, Riga, hal. 176-179.
- Ichsan, M., dan **Sirmayanti, S., 2017**, "Analisis Fenomena Harmonik Pasca Proses PWM/PPM pada Struktur RF-Upconverter", *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI 2017) PNUP*, ISBN. 978-602-18168-2-0 SNTEI2017_TEL11, hal. 196-200.
- Keyzer, J., Hinrichs, J., Metzger, A., Iwamoto, M., Galton, I., dan Asbeck, P., 2001, "Digital generation of RF signals for wireless communications with band-pass DS modulation", *Microwave Symposium Digest IEEE MTT-S International*, hal. 2127-2130.
- Keyzer, J., Uang, R., Sugiyama, Y., Iwamoto, M., Galton, I., dan Asbeck, P., 2002, "Generation of RF pulsewidth modulated microwave signals using delta-sigma modulation", *Microwave Symposium Digest IEEE MTT-S International*, hal. 397-400.

- Lidemar, H., dan Sirmayanti, S., 2016** ‘*Fenomena noise shaping dan harmonik pada $\Sigma\Delta$ -based RF Transmitter untuk aplikasi software radio multiband 5G*’, Laporan Penelitian Hibah Bersaing 2016.
- Miao, Yao., Munawwar, M. S., Xiaofu, M., Vuk, M., dan Jeffrey, H., R. 2019, “Sustainable green networking: exploiting degrees of freedom towards energy-efficient 5G systems”, *Journal of Wireless Network*, Volume 25, Issue 3, hal 951–960.
- Nielsen, M., dan Larsen, T., 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.
- Payaró, M., Färber, M., Vlacheas, P., Bartzoudis, N., Tillman, F., Ferling, D., Berg, V., Rautio, T., Serrano, P., dan Sabella, D. 2016, “Flexible and efficient hardware/software platforms for 5G network elements and devices. *Journal on Transactions on Emerging Telecommunication Technologies*, Vol. 27, Iss. 9, hal. 1242–1249.
- Schreier, R., Temes, G. C., dan Wiley, J., 2005, “Understanding delta-sigma data converters”, *IEEE press Piscataway, NJ*, vol. 74.
- Sirmayanti, S., 2018**, “Analysis predicted location of harmonic distortion in RF-upconverter structure”, *International Journal of Telecommunication, Computing, Electronics and Control (TELKOMNIKA)*, Vol. 6., No.6, December 2018.
- Sirmayanti, S., Bassoo, V., King, H., dan M. Faulkner, M., 2011**, “Sigma delta ($\Sigma\Delta$) architecture integration with digital pre-distortion to enhance optimal switch mode power amplification (OSMPA) in FEMTO cell transceiver design”, *IEEE 8th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS)*, hal. 1-4.
- Sirmayanti, S., Bassoo, V., dan Faulkner, M., 2012**, “OFDM performance with Odd-Even Quantisation in Cartesian DS upconverters”, *IEEE International Conf on Signal Processing and Communication Systems (ICPCS)*, hal. 1-5.
- Sirmayanti, S., Bassoo, V., dan Faulkner, M., 2013**, “Joint odd-even quantisation in Cartesian Delta-Sigma (DS) upconverters”, *2013 IEEE AFRICON*, hal. 1-4.
- Sirmayanti, S., dan Faulkner, M., 2014**, “Tuning baseband on Cartesian Delta-Sigma Up-conversion”. *IET e-Letters Journal*, Vol. 50, Iss.8, hal. 635-637.
- Sirmayanti, S., dan Faulkner, M., 2014**, “ $\Sigma\Delta$ Modulator for Digital Wireless Architecture: A review”, *IEEE MICEEI International Conference*, hal. 83-87.
- Sirmayanti, S., Ichsan. M., Sulwan., D, Airin, D.U, dan Irfan, S., 2018**, “High resolution quantisation (HRQ) standard applied for RF-upconverter structure: A review”, *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M 2018) PNUP*, November 2018.

B. 103

LAPORAN KARYA ILMIAH HASIL PENELITIAN PERIODE 2019-2022

1. Operasi Adaptive MIMO Melalui Teknik Spatial Multiplexing Bagi Standar LTE Physical Layer (PHY) (2019)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T
2. Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask Pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G, Tahun-1 (2020)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T., IPM. / Lidemar Halide, S.T., M.T
3. Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask Pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G, Tahun-2 (2021)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T., IPM. / Lidemar Halide, S.T., M.T
4. Teknik Sinkronisasi Carrier Frequency Offset (CFO) Dalam System OFDM Untuk Opimasi Implementasi Frequency Sharing 5G (2021)
Penulis: Ir. Ichsan Mahjud, M.T. / Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
5. Analisis Best Practice Remote Lab Dalam Pengajaran Mata Kuliah Praktikum Vokasi (2021)
Penulis: Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T. / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
6. Pengembangan Theories-In-Action Pada Mata Kuliah Kode-3 Pendidikan Vokasi (2022)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T.
7. Disain Dan Realisasi Bandpass Filter (BPF) Berbasis Substrate-Integrated Waveguide (SIW) Pada Frekuensi L-Band Untuk Aplikasi Coastal Radar (2022)
Penulis: Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Abdullah Bazergan, M.T. / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.



**UPT PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
2022**

BIBIE
NDANG

B.103

SIRMAYANTI, DKK

LAPORAN KARYA ILMIAH HASIL PEN

B.103

LAPORAN KARYA ILMIAH HASIL PENELITIAN PERIODE 2019-2022

1. Operasi Adaptive MIMO Melalui Teknik Spatial Multiplexing Bagi Standar LTE Physical Layer (PHY) (2019)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T
2. Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask Pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G, Tahun-1 (2020)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T., IPM. / Lidemar Halide, S.T., M.T
3. Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask Pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G, Tahun-2 (2021)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T., IPM. / Lidemar Halide, S.T., M.T
4. Teknik Sinkronisasi Carrier Frequency Offset (CFO) Dalam System OFDM Untuk Opimasi Implementasi Frequency Sharing 5G (2021)
Penulis: Ir. Ichsan Mahjud, M.T. / Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
5. Analisis Best Practice Remote Lab Dalam Pengajaran Mata Kuliah Praktikum Vokasi (2021)
Penulis: Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T. / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
6. Pengembangan Theories-In-Action Pada Mata Kuliah Kode-3 Pendidikan Vokasi (2022)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T.
7. Disain Dan Realisasi Bandpass Filter (BPF) Berbasis Substrate-Integrated Waveguide (SIW) Pada Frekuensi L-Band Untuk Aplikasi Coastal Radar (2022)
Penulis: Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Abdullah Bazergan, M.T. / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.

PERPUSTAKAAN B.J. HABIBIE
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

KI:TT19
SIR
o
C.1



UPT PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
2022

PERIODE 2019-2022

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 : Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G

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 : Desember 2020
 f. DOI artikel (jika ada) :
 g. Alamat web jurnal :
 h. Keterangan (opsional) : LAPORAN AKHIR PENELITIAN INSINAS KEMENRISTIK/BRIN 2020

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%)				30
d. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan/jurnal (30%)				28
Total = (100%)				98
Nilai Pengusul = $98 \times 60\% =$				

Catatan Reviewer :

Sesuai bidang keahlian

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 : Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G

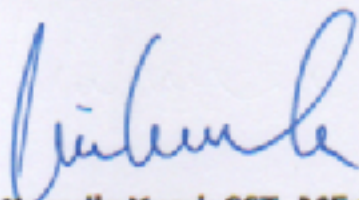
Penulis laporan : Sirmayanti, Dewiani, Lidemar Halide

Identitas laporan : a. Tahun terbit : 2020
b. Penyandang Dana : INSINAS Kemeristek BRIN
c. Jumlah halaman : 30 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	0,175
Total = (100%)		2	1,875
Nilai Pengusul: 1,875			
Catatan Penilai artikel oleh Reviewer: Kelengkapan unsur isi laporan memenuhi, ruang lingkup laporan relevan dengan bidang penugasan pengusul, analisis dan pembahasan baik. Metode dan data hasil 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

**LAPORAN AKHIR
PROGRAM INSINAS RISET PRATAMA INDIVIDU**



**OPTIMASI DISTORSI CANCELLATION SPECTRUM MASK PADA
INFRASTRUKTUR MULTICARRIER BROADBAND 5G**

Tahun ke-1 dari rencana 3 tahun

Ir. Sirmayanti, S.T., M. Eng. Ph.D, IPM
Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T, IPM
Lidemar Halide, S.T., M.T

(Ketua)
(Anggota 1)
(Anggota 2)

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
Oktober 2021

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
PROGRAM INSINAS RISET PRATAMA**

Judul Riset : OPTIMASI DISTORSI CANCELLATION SPECTRUM MASK
PADA INFRASTRUKTUR MULTICARRIER BROADBAND 5G

Bidang Program Insinas : Teknologi Informasi dan Komunikasi-Pengembangan Infrastruktur
TIK/Teknologi 5 G (broadband) dan Internet of Things (IoT) (RTT)

Peneliti Utama/Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : SIRMAYANTI S.T, M.Eng, Ph.D
b. Alamat surel (e-mail) : sirmayanti.sirmayanti@poliupg.ac.id
c. Nomor HP : (+62) 82291298633

Lembaga Pengusul :

a. Nama Lembaga : Politeknik Negeri Ujung Pandang
b. Nama Pimpinan Lembaga : Dr. Ir. Firman, M.T.
c. Alamat : Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10 Tamalanrea 90245
d. Surel/Telepon : pnup@poliupg.ac.id/0411585365

Usulan Riset Tahun ke- : 1 dari 3 tahun direncanakan
Biaya Riset Keseluruhan : Rp 273,838,000.00
Biaya Riset :
- diusulkan ke DPTI : Rp 36,000,000.00
- dana internal Lembaga : Rp 0
- dana institusi lain : Rp 0

Kota Makassar, 25-10-2021

Mengerahui,
Ketua Lembaga P3M PNUP
(Ketua Konsorsium),



(Dr. Ir. Firman, M.T.)

Peneliti Utama/Ketua Peneliti,

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized letters and a large flourish, representing Sirmayanti S.T, M.Eng, Ph.D.

(SIRMAYANTI S.T, M.Eng, Ph.D)

RINGKASAN

Teknologi LTE 4G adalah berbasis *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) namun memiliki kekurangan nilai *peak-to-average power ratio* (PAPR) yang telah menimbulkan kenonlinearan pada sistem penguat daya *power amplifier* PA. Keadaan ini berdampak *distorsi nonlinear* yang menyebabkan intermodulasi dan makin meningkatkan kompleksitas perangkat *converter*-nya.

Penelitian ini bertujuan untuk mempersiapkan sistem *low power transceivers* dalam cakupan *spectrum-mask radio frequency* (RF) yang memadai, ramah lingkungan, efisiensi dengan lebih banyak bits/Hz untuk melakukan interkoneksi kesemua jaringan heterogen nirkabel serta inovasi digitalisasi perangkat *transceiver* untuk memberikan kelancaran dan kestabilan dalam melakukan hubungan telekomunikasi. Generasi masa depan *green-BTS* akan bersifat *mWatt transmitter* yaitu dimensi perangkat yang kecil, biaya irit, daya rendah (*low-power*), efisien bandwidth besar, frekuensi lebih fleksibel dan mudah diprogramkan bagi standar-standar wireless lainnya.

Target penelitian ini adalah novelty dan teori baru yang mengusung arsitektur baru *full digital-RF upconverter* dalam menstabilkan kinerja pada setiap perangkat transmitter telekomunikasi nirkabel 5G sesuai dengan standarisasi *spectrum mask* yang tersedia bagi broadband 5G, terutama *spectrum mask* yang berlaku dalam skala nasional wilayah radio Indonesia. Riset inovasi ini merupakan jawaban pada salah satu riset unggulan sebagai penguatan sistem inovasi nasional bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Potensi pengembangan *digital-upconverter* sebagai infrastruktur *transceiver base station* ini bermanfaat untuk mengelolah skema modulasi agar dapat menghasilkan sebuah keluaran berupa *waveform*, deretan binary bit 'on'-'off', yang beroperasi tepat pada frekuensi *carriernya*; output *waveform* ini dapat *drive* penguat-penguat kelas linear *switch mode power amplifier* (SMPA) berefisiensi tinggi. Permasalahan tersisa struktur *upconverter* sebagai Tx-RF GHz ini adalah harmonic, yaitu produk distorsi yang merupakan gangguan signal (noise) terbesar karena menyebabkan interferensi dan mengurangi *strength signal* pada signal. Distorsi ini jika tidak diantisipasi dapat mengurangi efisiensi daya dan linearitas sistemnya. Metode penelitian ini yaitu penerapan teknik *distortion-cancellation* melalui *pre-distortion* dan *post-distortion*. Strategi metode selanjutnya ialah mengimplemantasikan *field-programmable gate array* (FPGA) untuk menentukan akurasi dan estimasi efisiensi daya dari arsitektur RF-GHz transmitter berkinerja *ultra-low power* dan *noise* menggunakan frekuensi real GHz.

Hasil penelitian Tahun-1 2020 menunjukkan bahwa sejumlah harmonisa sebagai *unwanted signal* telah muncul disebabkan oleh sifat *rectangular nature* selama proses *pulse width/position modulation* (PWM/PPM). Melalui selektifitas OSR yang tepat maka optimalisasi *unwanted signal elimination* ini dapat dilaksanakan. Diperlukan beberapa aturan teknik ketepatan penggunaan f_c terhadap *frequency clock* (f_{clock}). f_{clock} merupakan factor penentu untuk menetapkan jumlah titik kuantisasi pada proses Polar-Q karena terkait keterwakilan level fasa dan amplitude signal band. Dari beberapa variasi variable OSR (4, 8, 16, 32 dan 64) dan variasi f_{offset} yang berbeda menunjukkan hasil *noise cancellation*. Hasil akhir penelitian Tahun-1 Lanjutan 2021 adalah formulasi metode *distorsion cancellation* dengan menganalisis dampak efek *dynamic range* RF-Tx 5G, sebagai pembuktian konsep untuk memenuhi standar *spectrum mask* pada broadband 5G.

Keywords: *broadband, 5G, upconverter, distortion-cancellation, spectrum-mask*

PRAKATA

Bismillahirrahmaanirrahim.

Dengan senantiasa memanjatkan puji syukur alhamdulillah dan atas limpahan segala rahmat dan haidayah-Nya sehingga pelaksanaan penelitian lanjutan tahun 2021 dengan judul "OPTIMASI DISTORSI CANCELLATION SPECTRUM MASK PADA INFRASTRUKTUR MULTICARRIER BROADBAND 5G" dapat dikerjakan sesuai dengan waktu yang direncanakan.

Dengan selesainya laporan kemajuan penelitian ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan Riset dan Teknologi (Kemedikbud-ristek), dan kepada pengelola P3M 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 D4 Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi PNUP serta kepada semua pihak yang telah membantu. Kegiatan ini juga atas kerjasama dengan tim research dari Departemen Elektro Universitas Hasanuddin.

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 2021

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
BAB 2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	4
BAB 3. METODE PENELITIAN	5
BAB 4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	14
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	23
KENDALA DAN HAMBATAN	24
REFERENSI	25
	27

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Kebaruan Teknologi	3
Tabel 2.	Status Luaran	14
Tabel 3.	Progress Luaran berdasarkan janji luaran Tahun ke-1 Lanjutan 2021	14
Tabel 5.	Target inovasi luaran berdasarkan Kebaruan Teknologi dan Terobosan (Tabel 1) dan janji luaran sesuai proposal	25
Tabel 6.	Jadwal kerja penelitian	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Linear z-domain pada $\Sigma\Delta$ modulator (MOD1)	5
Gambar 2.	Band-pass $\Sigma\Delta$ upconverter (MOD2)	6
Gambar 3.	Band-pass $\Sigma\Delta$ upconverters dengan dua low-pass $\Sigma\Delta$	7
Gambar 4.	Polar $\Sigma\Delta$ upconverters berbasis burst-mode	7
Gambar 5.	Polar $\Sigma\Delta$ upconverters oleh Keyzer (2002)	8
Gambar 6.	Polar $\Sigma\Delta$ upconverters oleh Bassoo (2009)	8
Gambar 7.	Road map penelitian yang telah dilakukan, yang sedang diusulkan dan arah rencana penelitian selanjutnya	10
Gambar 8.	Skenario penelitian skema baru arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$	11
Gambar 9.	Filter dan modulator $\Sigma\Delta$ order MOD2.	12
Gambar 10.	Distortion Cancellation driver	12
Gambar 11.	Arsitektur PQ-HRQ dalam menghasilkan RF signal	13
Gambar 12.	Konsep pengembangan Digital RF-Transmitter (RF-Tx) melalui Joint-Q dan ilustrasi polar plane, OSR=8	17
Gambar 13.	Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=4	19
Gambar 14.	Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=8	20
Gambar 15.	Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=16	20
Gambar 16.	Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=32	21
Gambar 17.	Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=64	21
Gambar 18.	Perbandingan output Quantiser metode joint-Q pada OSR=4, 8, 16, 32 dan 64	22
Gambar 19.	Sample signal to summation form $\tilde{Y}(f)$	22
Gambar 20.	Spectrum signal pada OSR=16	23
Gambar 21.	Spectrum signal pada OSR=8	24
Gambar 22.	Eksperimen set-up untuk pengukuran. Kedua hasil pengukuran a) dan b) akan dibandingkan	26

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Luaran HAKI Hak Cipta (1)
- Lampiran 2. Luaran HAKI Hak Cipta (2)
- Lampiran 3. Luaran Publikasi Karya Ilmiah Jurnal Nasional Terakreditasi
- Lampiran 4. Jurnal Internasional Reputasi Scopus (Luaran Tambahan 1)
- Lampiran 5. Draft Jurnal Internasional Reputasi Scopus (Luaran Tambahan 2)

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 . Latar Belakang

Di Indonesia, era Generasi 5 (5G) sistem komunikasi pita lebar (broadband) *Gigabit per second* kini sudah digaungkan sebagai migrasi lanjutan dari standar telekomunikasi broadband Generasi 4 (4G). Parameter standar dalam proses migrasi 4G ke 5G adalah frekuensi carrier yang akan diaplikasikan pada kisaran 6-100 GHz dengan signal bandwidth diatas 20 MHz. Memasuki tahun 2020, sejauh ini terdapat tiga kandidat pita frekuensi yang akan digunakan untuk penerapan 5G di Indonesia yaitu 3,5 GHz, 26 GHz dan 28 GHz. Namun persiapan infrastruktur spektrum ini tidaklah begitu mudah diaplikasikan karena ternyata frekuensi 3,5 GHz misalnya masih digunakan oleh sistem satelit untuk televisi, perbankan dan telekomunikasi, sedangkan dua kandidat lainnya masih rentang terhadap distorsi besar yang akan dihadapinya. Terjadinya kelangkaan spektrum ini akan menjadi masalah utama dalam pengembangan sistem generasi baru 5G. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode terbaru solusi *frequency sharing* (Guidolin, 2015 dan Höyhty, 2015) serta studi mendalam tentang dampak distorsi yang ditimbulkannya sehingga peran teknologi satelit dapat terintegrasi baik saat peluncuran 5G mendatang (Evans, 2014).

Selain itu, dampak penting utama saat terjadi migrasi tersebut adalah diperlukannya memori *power amplifier* (PA) pada infrastruktur radio Tx/Rx (pengirim dan penerima) yang semakin linear dan berdistorsi rendah. Dalam laporan Ericsson Inc (2018), komponen-komponen *radio frequency* (RF) pada *radio base station* (RBS) seperti *upconverter* dan unit penguat PA telah mendominasi 70% dari keseluruhan kebutuhan daya pada RBS tersebut. Lebih lanjut lagi bahwa komponen-komponen dalam *base transceiver station* (BTS) menggunakan hampir 55% dari total pembiayaan daya elektrik operasional bagi operator telekomunikasi radio. Dengan demikian, bagi operator telekomunikasi radio sistem infrastruktur broadband 5G mendatang tetap harus akan mengeluarkan biaya yang diperkirakan 40% khusus diperuntukan bagi pembiayaan di unit transmisi RF dan penerimaan signal *mobile phone*. Oleh karena itu efisiensi konsumsi energy saat ini telah menjadi faktor pertimbangan dalam desain infrastruktur masa depan Tx/Rx RF.

Bertambahnya signal bandwidth yang akan diaplikasikan berdampak pula pada ketidakseimbangan (mismatches) antara sensitivitas *envelope* signal terhadap delay transmisi, Payaró (2016). Keberadaan sistem jalur RF seperti jaringan seluler, akses *local area network* (LAN) nirkabel, dan sistem wireless broadband saat ini memang dituntut untuk melaksanakan komunikasi dengan kecepatan data yang sangat tinggi. Di Indonesia, implementasi 4G masih menyisakan konflik antar tuntutan kebutuhan data rate yang lebih tinggi dengan keterbatasan

spektrum radio. Teknologi *long term evolution* 4G atau LTE 4G berbasis *single carrier-orthogonal frequency division multiplexing* (SC-OFDM) ini pun belum bisa diselenggarakan sepenuhnya di Indonesia terkait masalah pengalokasian frekuensi dalam *spectrum mask* yang sudah cukup rapat. Walaupun OFDM hadir sebagai teknik transmisi *multicarrier* yang mampu memberikan solusi handal terhadap tuntutan akses layanan kecepatan tinggi secara realtime dengan performansi yang baik bagi LTE 4G. Namun, nilai *peak-to-average power ratio* (PAPR) telah menimbulkan kenonlinearan pada sistem penguat daya PA pada sisi transmiternya. *Distorsi nonlinear* menyebabkan intermodulasi, dan efeknya ialah subcarrier tidak lagi orthogonal. Selain itu sistem ini juga telah meningkatkan kompleksitas pada perangkat converternya; *analog-to-digital and digital-to-analog converters* (ADC/DAC).

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui prinsip dasar dan pembuktian konsep tentang solusi *digital-upconverter* berbasis *cognitive radio* untuk optimasi *distorsi cancellation* pada kategori spectrum mask 5G. Solusi ini memiliki kemampuan baru berupa formulasi *green*-infrastruktur berbasis *digital signal processing* (DSP) yang lebih handal karena sangat fleksibel, linear dan berdaya rendah (Chae-2014, **Sirmayanti-2014**, dan Miao-2019). Infrastruktur transmitter digital RF berbasis struktur *Sigma-Delta* ($\Sigma\Delta$) yang diusulkan akan menangani teknologi koneksi nirkabel 5G *Internet of Things* (IoT) dengan *latency* (latensi) kecil (Helaoui, 2008) sebagaimana yang dikehendaki pada Industry 4.0. Arsitektur transmitter RF berstruktur $\Sigma\Delta$ ini menggantikan struktur komponen analog seperti *low pass filter* (LPF), *modulator*, *band pass filter* (BPF), dan *local oscillator* (LO), Bassso (2009). Struktur $\Sigma\Delta$ juga dapat digunakan untuk mengelolah skema modulasi yang cukup kompleks pelaksanaannya, seperti pada *orthogonal frequency division multiplexing access* (OFDMA), sehingga dapat menghasilkan luaran *waveform*, deretan binary bit ‘on’-‘off’, yang beroperasi tepat pada frekuensi *carriernya*; dan output *waveformnya* dapat men-*drive* penguat-penguat kelas linear *switch mode power amplifier* (SMPA) yang lebih linear, Nielsen (2007). Lebih lanjut lagi, penelitian ini diharapkan akan mengungkapkan sebuah luaran berupa *novelty* melalui teori terbaru (proof of concept) dengan kajian mendalam seluruh fenomena distorsi dan analisis prediksi magnitude pada produk distorsi dengan akurasi simetrik yang tepat sehingga memungkinkan adanya solusi menghilangkan produk *distorsi* tersebut yang akan dikenal dengan *distorsion cancellation*. Hal ini pula dapat menjadi tolak ukur yang sangat penting untuk mencapai efisiensi tinggi dan linearitas terbaik dalam men-*drive* penguat-penguat PA kelas non-linear *switch mode* (SMPA) bagi infrastruktur *green*-BTS 5G yang akan digunakan. Keseluruhan pemodelan ini sangat membutuhkan aplikasi teknologi melalui test bench *field-programmable gate array* (FPGA) akan digunakan dalam pembuktian konsep pemodelan ini; implementasi test bench ini akan

menggunakan frekuensi real kisaran GHz (standar frekuensi 5G), Basetas (2015) dan Cordeiro (2015) sesuai dengan standarisasi *spectrum mask* yang tersedia bagi broadband 5G, terutama *spectrum mask* yang berlaku dalam skala nasional wilayah radio Indonesia.

Kebaharuan penelitian adalah inovasi pembuktian konsep sebuah perangkat baru infrastruktur transmisi digital berstruktur *green* RF-GHz yang berdaya sangat rendah (*mWatt transmitter*). Terobosan teknologi terbaru hasil penelitian ini terlihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kebaruan Teknologi

No	Item	State of the art	Kebaruan dan Terobosan
1	<i>Frequency Dealing</i> untuk formulasi akurasi posisi distorsi pada efek <i>frequency Sharing</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Peran Sistem Satelite pada 5G (Evans, 2014). ✓ <i>Frequency Sharing</i> antara 5G network dan <i>fixed satellite services</i> (FSS) pada kisaran 28 GHz (Guidolin, 2015), dan antara FSS dengan <i>broadcasting satellite services</i> (BSS) pada band 17.3–18.4 GHz (Höyhty, 2015) dapat memadai untuk diaplikasikan. ✓ Penggunaan metode <i>cancellation AltBOC side-peaks</i> bagi penggunaan <i>frequency sharing</i> pada satelit berhasil mengurangi error pelacakan saat terjadinya <i>AltBOC signal tracking</i> (Chae, 2014). 	Kajian fenomena, penyebab, dan dampak distorsi pada spektrum band baru 5G. Pengembangan <i>frequency sharing</i> dari ketersediaan frekuensi 5G yang terbatas sebagai akibat banyaknya alokasi frekuensi yang terbagi untuk berbagai aplikasi, dan solusi <i>digital-upconverter</i> berbasis <i>cognitive radio</i> untuk optimasi <i>distorsi cancellation</i> pada kategori <i>spectrum mask</i> 5G, khususnya pada frekuensi yang sudah digunakan pada aplikasi satelit.
2	Arsitektur RF berstruktur $\Sigma\Delta$ -GHz.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Arsitektur $\Sigma\Delta$ RF digital transmitter telah teruji cocok untuk pemancar nirkabel multi-digital, multistandar, dan multiband (Helaoui, 2008). ✓ Desain transmitter RF-GHz berstruktur Cartesian $\Sigma\Delta$ metode <i>tuning baseband</i> dapat menghasilkan band <i>desired signal</i> dengan performansi yang sangat baik. <i>All-digital transmitter</i> telah mengeliminasi hampir seluruh komponen analog pada perangkat transmitter konvensional saat ini (Sirmayanti, 2014). 	Pembuktian konsep arsitektur RF berstruktur $\Sigma\Delta$ -GHz berbasis <i>cognitive radio</i> . Analisis dan formulasi solusi <i>distorsion cancellation</i> melalui prediksi dan akurasi pengukuran pada infrastruktur band 5G berbasis <i>digital-upconverter</i> . Gagasan inovasi ini akan menghasilkan <i>digital blok</i> perangkat transmitter digital untuk aplikasi <i>software defined radio</i> (SDR).
3	Optimalisasi efek <i>dynamic range</i> untuk memenuhi standar <i>spectrum mask</i> pada broadband 5G.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementasi <i>noise-shaping</i> $\Sigma\Delta$ melalui sistem uji FPGA dan IC- $\Sigma\Delta$ filter menghasilkan pengurangan kompleksitas perangkat bagi arsitektur transmitter digital-RF (Basetas, 2015) ✓ Analisis lokasi prediksi posisi harmonik distorsi pada spektrum desain transmitter RF-GHz (Sirmayanti, 2018). Mengoptimalkan sumber distorsi dan metode penyelesaiannya. ✓ Aplikasi Power Amplifier-PA centric resource bagi solusi komunikasi <i>green-5G</i> dengan hasil efisiensi daya yang baik (Miao, 2019). 	Mengoptimasikan efek <i>dynamic range</i> untuk memenuhi standar <i>spectrum mask</i> pada broadband 5G. Pembuktian konsep melalui FPGA dan IC Tx-RF-design dalam bentuk digital circuit sehingga menghasilkan sebuah model chip tunggal sebagai <i>transmitter wireless-RF IC</i> dalam dimensi <i>nanoelectronic</i> .

BAB 2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

2.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan ini adalah untuk:

- 1) Mengkaji fenomena, penyebab, dan dampak distorsi pada spektrum band baru 5G.
- 2) Analisis solusi *distorsion cancellation* dan formulasi konsep melalui prediksi dan akurasi pengukuran pada infrastruktur band 5G berbasis *digital-upconverter*
- 3) Mengoptimasikan efek *dynamic range* RF-Tx 5G sebagai pembuktian konsep untuk memenuhi standar *spectrum mask* pada broadband 5G.

Sasaran penelitian ini adalah inovasi *dynamic range* dan pembuktian konsep pada infrastruktur baru *green* RF-GHz Transmitter. Penelitian ini difokuskan pada sisi perangkat pengirim *transmitter* (Tx) 5G dari desain *digital-upconverter* berstruktur Cartesian $\Sigma\Delta$. Penempatan struktur ini berupa infrastruktur BTS. *Frequency carrier* (f_c), *frequency offset* (f_{offset}), *frequency sampling* (f_s) dan *over sampling ratio* (OSR) adalah beberapa parameter input penting yang akan digunakan; RF *digital waveform* adalah parameter outputnya.

2.2. Manfaat Penelitian

Manfaat desain $\Sigma\Delta$ pada infrastruktur transmisi digital RF masa depan dan substansinya terkait erat untuk pemajuan iptek bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam pengembangan infrastruktur TIK untuk teknologi 5G (broadband dan Internet of Things IoT) dan penunjang Industry 4.0 di Indonesia. Dengan dikembangkan perangkat transmisi-RF berbasis *software radio* ini, yang berdaya sangat rendah dan dengan ukuran perangkat transmitter yang kecil, maka teknologi 5G pada kisaran 20 Gbps (*mmWave*) ini akan terintegrasi dalam aplikasi *software radio*, sebagaimana dipersyaratkan pada sistem inovasi nasional yakni struktur arsitektur *green-communication* dengan *mWatt transmitter*.

Manfaat berikutnya adalah peningkatan kinerja transmisi-RF 5G melalui arsitektur *digital-upconverter* baik dari segi efisiensi dan kelinearannya. Hasilnya akan bermanfaat pula pada infrastruktur RF berstruktur $\Sigma\Delta$ full-digital murni untuk aplikasi perangkat *transceiver* sistem telekomunikasi nirkabel 5G. Keuntungan hasil metode ini sebagai pembelajaran untuk kemajuan iptek bagi para peneliti di bidang mikroelektronika RF-design dalam bentuk digital circuit sehingga menghasilkan sebuah chip tunggal sebagai transmitter-RF *integration circuit* (IC) berbasis *software radio*. Potensi pengembangan *digital-upconverter* ini memiliki manfaat besar dalam menstabilkan kinerja pada perangkat transmitter telekomunikasi karena sistem ini dapat mengadopsi kebutuhan dan konsistensi teknologi nirkabel 5G. Hasil penelitian ini sangat bermanfaat pula sebagai penguatan sistem inovasi nasional bidang TIK untuk mempersiapkan Indonesia menyongsong implementasi teknologi terancang 5G di tahun 2020 mendatang.

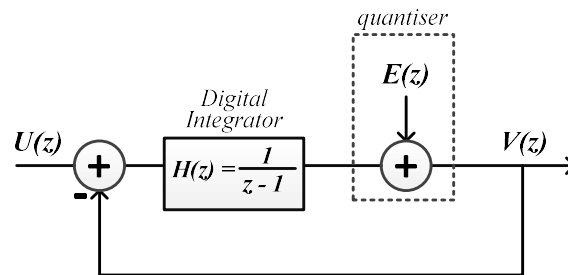
BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Telaah Literatur/Pustaka

Salah satu usulan desain transmitter RF-GHz berstruktur $\Sigma\Delta$ adalah Cartesian $\Sigma\Delta$ *upconverters*, (Sirmayanti, 2014). Aplikasi dasar *upconverter* ini adalah filter $\Sigma\Delta$ format Cartesian dan kuantisasi format polar untuk menghasilkan band signal yang diharapkan (*desired signal*) dengan performansi yang sangat baik. Berikut ini adalah telaah literatur yang terkait dengan sistem $\Sigma\Delta$ dan beberapa perbandingan arsitektur transmitter RF berstruktur $\Sigma\Delta$.

3.1.1 Sigma-Delta ($\Sigma\Delta$) Modulator

Modulasi $\Sigma\Delta$ berfungsi sebagai *analog to digital converter*. Modulator $\Sigma\Delta$ memiliki *dynamic range* yang besar, area chip yang kecil dan mengkonsumsi daya input yang rendah sehingga mudah diaplikasikan sebagai unsur komponen elektronik. Teknik $\Sigma\Delta$ membentuk *noise shaping* untuk menjauhkan signal band dari noise dan *quantisation noise* untuk menekan noise tersebut serendah mungkin. Teknik modulasinya dengan cara mengurangi hasil sampling *quantisation error* dari sampling signal yang dihasilkan sebelumnya (*feedback*) dan seterusnya hingga *quantisation error* yang diperoleh menjadi nol. Error signal akan diperoleh setelah di link *feedback* sehingga teknik $\Sigma\Delta$ berfungsi pula sebagai *filter* karena memisahkan *transfer function* antara signal dan noisenya, Schreier (2005).



Gambar 1. Linear z -domain pada $\Sigma\Delta$ modulator (MOD1).

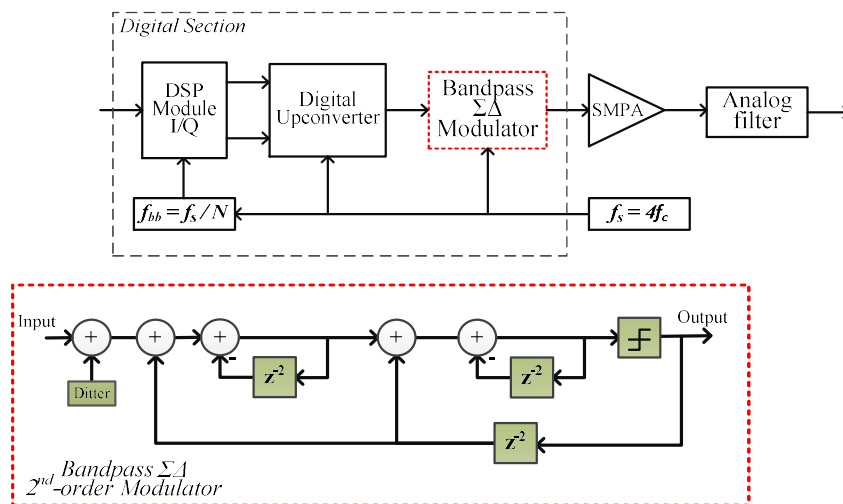
Gambar 1 memperlihatkan struktur analog dasar sebuah ADC dengan filter (*integrator*) dan linear z -domainnya. Modulator $\Sigma\Delta$ dapat dinormalisasikan secara linear untuk memudahkan dalam analisis matematika, dimana kuantiser dapat diasumsikan sebagai non-korelasi *white noise*, $E(z)$, dan keluarannya 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 $U(z)$.

3.1.2 Arsitektur transmitter $\Sigma\Delta$ upconverters

3.1.2.1 Band-pass $\Sigma\Delta$ upconverters

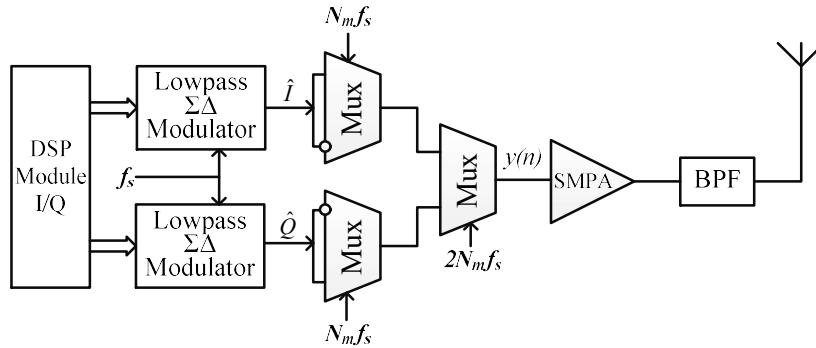
Teknik modulasi *band-pass* $\Sigma\Delta$ merupakan struktur permulaan bagi desain pemancar RF menggunakan SMPA. Keyzer (2001) dalam penelitiannya bahwa modulator *band-pass* $\Sigma\Delta$ mampu menghasilkan sebuah deretan signal pulsa dan mampu menekan *quantisation noise* sehingga sangat cocok sebagai masukan ke penguat-penguat SMPA (Gambar 2).

Teknik modulasi ini dapat menghilangkan prosesi analog melalui 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 *sampling frequency* (f_s) 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 digital *waveform* untuk kemudian diteruskan ke SMPA. Teknik modulasi ini memerlukan f_s yang empat kali lebih besar dari *carrier frequency* (f_c) RF. Dengan tingginya kecepatan waktu (*clock rate*) tersebut maka pula memerlukan konsumsi daya yang besar sehingga bisa mengurangi efisiensi sistemnya.



Gambar 2. Band-pass $\Sigma\Delta$ upconverter (MOD2).

Implementasi lain pada teknik *band-pass* $\Sigma\Delta$ yaitu menggunakan kombinasi dua modulator *low-pass* $\Sigma\Delta$ untuk baseband-*I* dan baseband-*Q* telah diteliti oleh Helaoui (2008).



Gambar 3. Band-pass $\Sigma\Delta$ upconverters dengan dua low-pass $\Sigma\Delta$.

Pada Gambar 3, *upconverter* ini 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 f_c . Hal ini dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

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

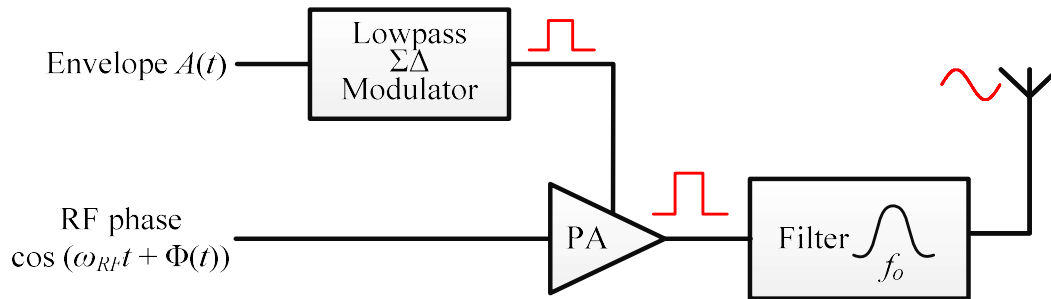
Pada saat $f_{clock} = 4f_c$ maka persamaan (1) menjadi:

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

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

3.1.2.2 Polar $\Sigma\Delta$ upconverters

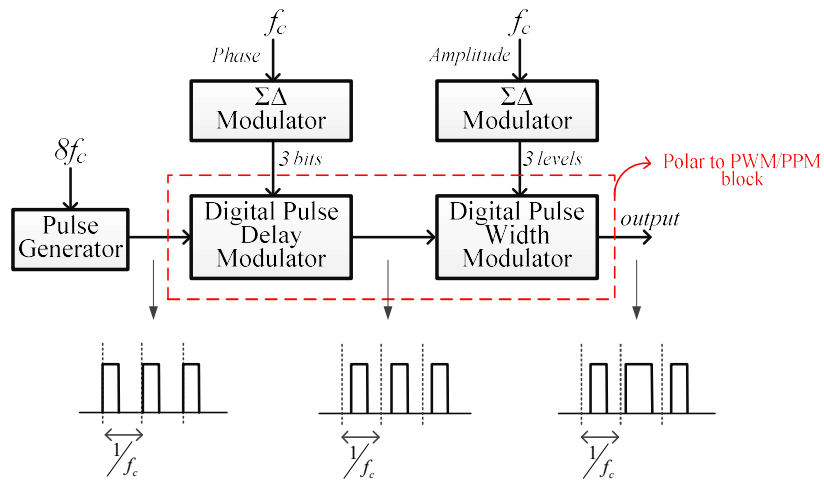
Teknik polar $\Sigma\Delta$ beroperasi pada sinyal berskema polar (amplituda $A(t)$ and fasa $\Phi(t)$) dan bukan skema $I-Q$, Nielsen (2007). Struktur polar $\Sigma\Delta$ ini telah diperkenalkan untuk mengurangi aktivitas switching dan mengurangi penggunaan komponen analog.



Gambar 4. Polar $\Sigma\Delta$ upconverters berbasis burst-mode.

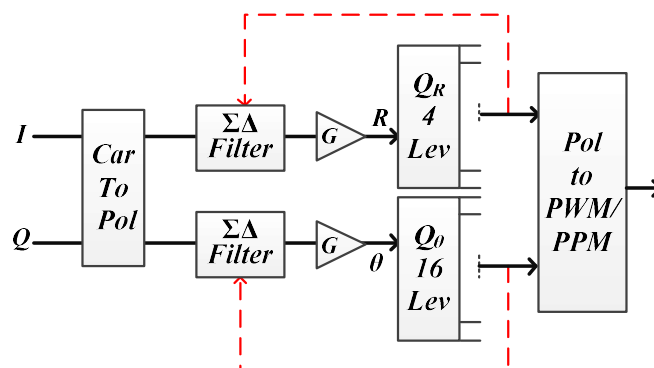
Gambar 4 adalah struktur polar $\Sigma\Delta$ yang terdiri atas modulator *low-pass* $\Sigma\Delta$ 1-bit dan sebuah gerbang penguat. Setiap sampel (*envelope*) amplituda sinyal input $A(t)$ akan mewakili nilai rata-rata periode ‘on’-‘off’ (*burst mode*) berbentuk signal pulsa dan inilah sebagai bagian output modulator *low-pass* $\Sigma\Delta$. Sedangkan fasa input akan mewakili pewaktuan pada pembawa

RF. Gerbang penguat beroperasi dalam mode saturasi dengan input berupa gelombang segiempat (pulsa).



Gambar 5. Polar $\Sigma\Delta$ upconverters oleh Keyzer (2002).

Keyzer (2002) melakukan penelitian 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 5. Amplituda 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 ouput termodulasi fasa dalam periode $\frac{1}{8f_c}$. Proses selanjutnya adalah *pulse expander* untuk mengubah-ubah lebar fasa. Struktur ini mampu mengurangi jumlah pulsa dalam satu periode dan *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 6. Polar $\Sigma\Delta$ upconverters oleh Bassoo (2009).

Bassoo (2009) melakukan penelitian pengembangan pada struktur polar $\Sigma\Delta$ seperti terlihat pada Gambar 6. Input signal berupa baseband $I-Q$ dikonversi kedalam format polar menghasilkan R, θ . Dua buah modulator *low-pass* $\Sigma\Delta$ ditempatkan untuk masing-masing signal R (amplituda) dan θ (fasa). Nilai R dikuantisasi dalam 4 level sedangkan θ dikuantisasi dalam 16 level terdistribusi antara nilai 0 hingga 2π . 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 (*driver*) bagi SMPA.

Dari hasil studi pustaka diatas dan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa struktur $\Sigma\Delta$ dapat menghasilkan akurasi lebar dan posisi pulsa pada setiap cycle di *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 *quantisation noise* 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 perubahan OSR diharapkan akan lebih akurat sehingga dapat berpengaruh dalam membentuk lebar dan posisi signal RF yang lebih efisien.

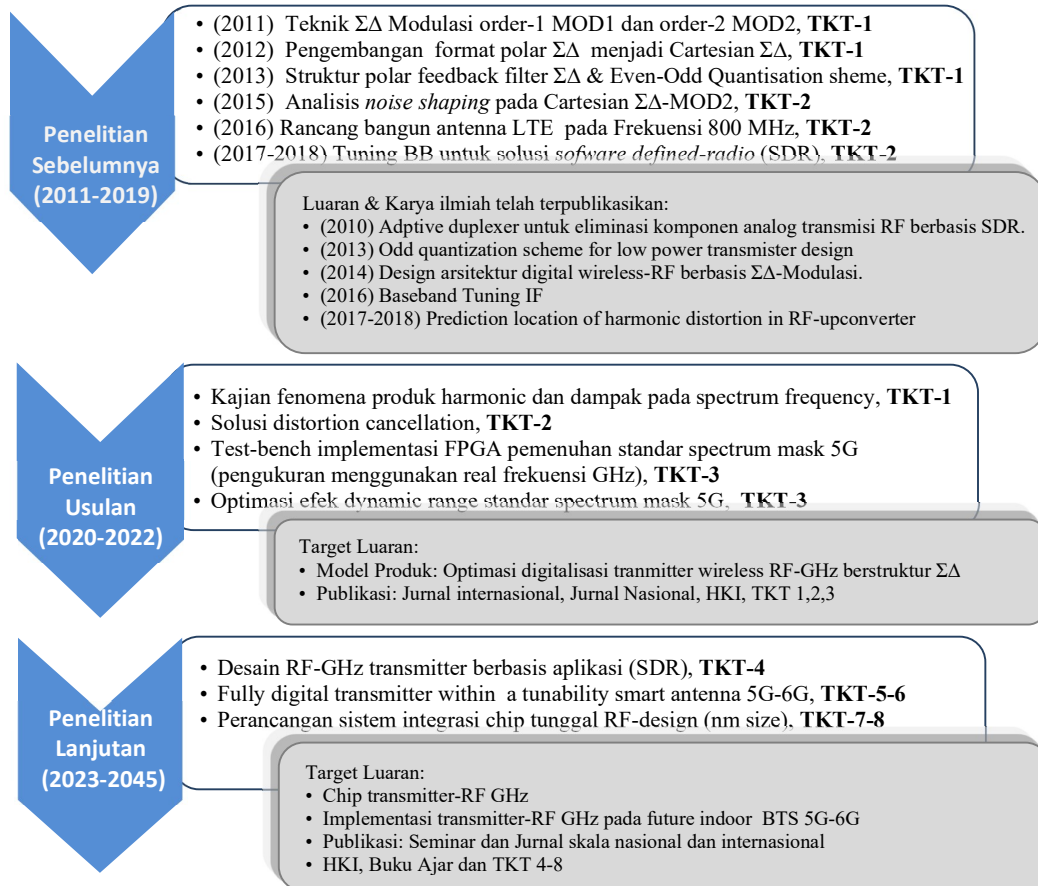
3.2. Peta Rencana

Studi dasar teknik filter $\Sigma\Delta$ yakni modulator $\Sigma\Delta$ orde-1 (MOD1) dan orde-2 (MOD2) dilaksanakan oleh **Sirmayanti** (2011). Perbandingan struktur $\Sigma\Delta$ MOD1 dan MOD2 dapat memperlihatkan fenomena *noise shaping*. Semakin tinggi OSR dan level ordernya, *noise shaping* akan semakin kecil. Sebuah pemodelan baru polar $\Sigma\Delta$ menuju struktur Cartesian $\Sigma\Delta$ dilaksanakan oleh **Sirmayanti** (2012). Format Cartesian- $\Sigma\Delta$ diajukan untuk mengatasi masalah pelebaran lebar pita (*switching bandwidth*) dan fleksibilitas perangkat transmisi untuk mengeliminasi beberapa komponen analog.

Penelitian mengenai teknik kuantisasi pada struktur $\Sigma\Delta$ juga telah dilakukan. Penelitian ini dititikberatkan pada unit feedback filter $\Sigma\Delta$ saja, **Sirmayanti** (2013). Dengan demikian diperoleh hasil bahwa format polar akan tetap dipertahankan pada proses kuantisasi dan konversi PWM/PPM sedangkan format Cartesian akan diberlakukan pada unit *feedback* filter $\Sigma\Delta$. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa resolusi kuantisasi bisa dikembangkan bukan hanya berdasarkan clock periodnya saja namun bisa disesuaikan level dimensi kuantisasi yang

digunakan. Variasi level ini bisa dikembangkan berdasarkan level OSR yang digunakan dan bahkan berpotensi menggunakan kuantisasi dua-dimensi berdasarkan clock period bernilai genap (*even*) dan ganjil (*odd*) dan kombinasi kedua-keduanya (*joint odd-even*).

Gambar 7 menunjukan peta rencana mengenai topik struktur $\Sigma\Delta$ menuju aplikasi sistem transmisi digital wireless-RF.



Gambar 7. Road map penelitian yang telah dilakukan, yang sedang diusulkan dan arah rencana penelitian selanjutnya.

Konsep dasar arsitektur modulator $\Sigma\Delta$ sebagai digital converter juga telah dilaksanakan. **Sirmayanti** (2014-2015) dalam hasil review studi literature menunjukan metode arsitektur yang tepat untuk optimalisasi struktur filter $\Sigma\Delta$. 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 mengenai analisis *noise shaping* and karakteristik distorsi pasca proses kuantisasi pada struktur $\Sigma\Delta$ juga telah dilakukan oleh **Lidemar dan Sirmayanti** (2016). Hasil penelitian ini menunjukkan tingkat resolusi kuantisasi sangat diperlukan untuk mendapatkan noise shaping yang baik dalam spectrum. Filter $\Sigma\Delta$ berperan sebagai unit

modulator sebelum ke quantiser, unit loop feedback berperan untuk menekan bit-error yang ditimbulkan selama proses kuantisasi sehingga disini diperoleh noise shaping dengan noise floor yang sangat rendah. Metode penelitian yang dilakukan dengan cara membandingkan signal level pada *spectrum adjance control power* (ACP) antara polar dan Cartesian $\Sigma\Delta$ s menggunakan signal OFDM.

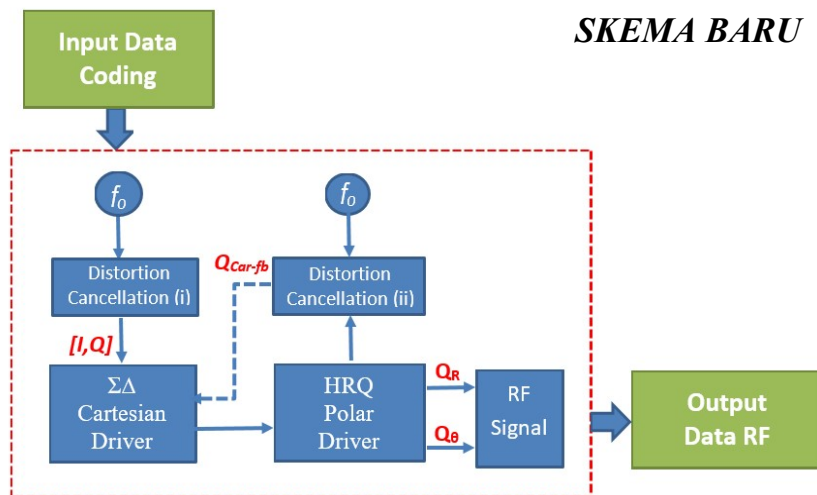
Dalam hasil review studi literature oleh **Sirmayanti** (2017) menunjukkan metode arsitektur yang tepat untuk optimalisasi struktur filter $\Sigma\Delta$. Struktur Cartesian $\Sigma\Delta$ memiliki keunggulan dibandingkan dengan struktur band pass $\Sigma\Delta$ dan polar $\Sigma\Delta$ terutama pada permasalahan *bandwidth expansion* dan penurunan *switching activity*. Penelitian terkini oleh **Sirmayanti** (2018) tentang penerapan metode *tuning baseband* untuk meningkatkan *dynamic range* pemodelan *upconveter* dari permasalahan distorsi masih terkendala besar dalam sistem nirkabel 5G. Walaupun melalui *channel tuning* dengan variable-variabel nilai *offset* dapat menghasilkan kemurnian sinyal yang diinginkan (*desired signal*) yang sudah bebas dari internal distorsi, namun keberadaan *noise floor* masih tersisa tinggi khususnya saat menggunakan over sampling rendah.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Lokasi Penelitian

Simulasi, lay out, formulasi konsep dan pengukuran pembuktian konsep dilaksanakan di Laboratorium Sistem Komunikasi Radio dan Frekuensi Tinggi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP).

3.3.2 Konseptual/Skenario Masalah dan Metode Solusi



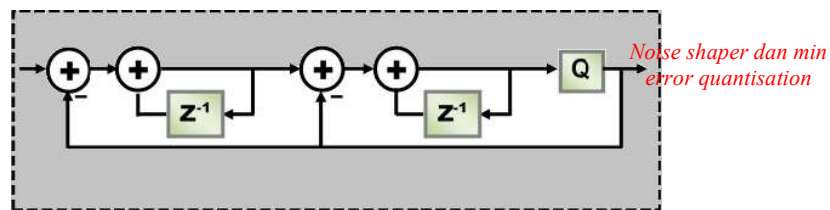
Gambar 8. Skenario penelitian skema baru arsitektur Cartesian- $\Sigma\Delta$.

Keseluruhan pekerjaan pemodelan dan simulasi akan menggunakan software MATLAB. Kebutuhan tools & peralatan hardware-software yang akan digunakan sesuai dengan skenario penelitian ini dapat dilihat pada ketersediaan sumber daya alat laboratorium.

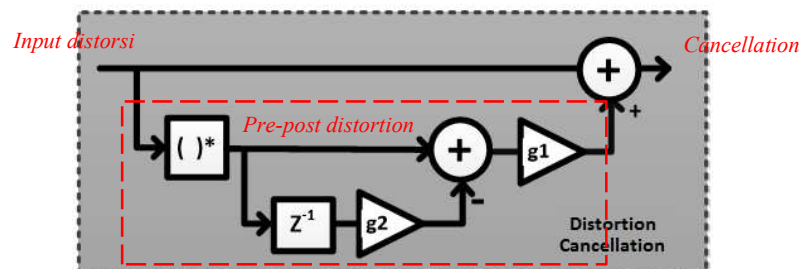
Hasil kegiatan penelitian Tahun-1 (2020) dengan target TKT-1 telah difokuskan pada prinsip dasar dan simulasi pemodelan pada unit $\Sigma\Delta$ Cartesian driver, unit Distortion Cancellation, dan unit *high resolution quantitation* (HRQ) Polar driver, sebagaimana uraian ini berdasarkan studi literatur yang ada. Kajian dasar seluruh fenomena, penyebab, dan dampak distorsi pada spektrum band 5G akan dilaksanakan. Langkah selanjutnya adalah melaksanakan analisis solusi *distorsion cancellation* melalui prediksi dan akurasi pengukuran pada infrastruktur band 5G berbasis *digital-upconverter*. Seluruh pekerjaan ini akan dilaksanakan secara urut sesuai dengan susunan blok sistem seperti pada Gambar 8.

Berikutnya, hasil penelitian Tahun-1 Lanjutan 2021 ini telah menghasilkan *notelty* produk hasil kajian, formulasi dan pemodelan terbaru yakni metode *Frequency Dealing* pada dampak distorsi proses *frequency sharing* dalam spectrum RF.

Skenario *digital-upconverter* 5G seperti yang terlihat pada Gambar 8. Sinyal input akan berupa baseband digital yang dapat diperoleh misalnya melalui *multi-carrier* data OFDM. Keseluruhan skema baru yang diusulkan terdapat dalam blok sistem ditandai dalam garis putus warna merah yang akan diolah dalam baseband analog *I-Q* dan menghasilkan sinyal output RF baru. Masing-masing fungsi blok akan dijelaskan dalam uraian penjelasan seperti tertera pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



Gambar 9. Filter dan modulator $\Sigma\Delta$ order MOD2.

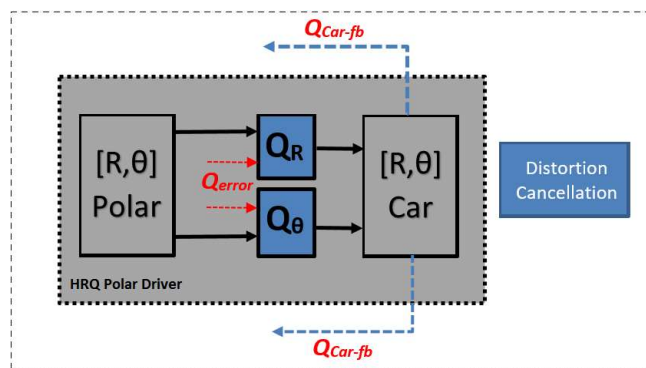


Gambar 10. Distortion Cancellation driver

Gambar 9 menunjukkan struktur filter $\Sigma\Delta$ order 2 (MOD2) yang akan digunakan. Sistem ini merupakan konstruksi pengembangan melalui dua buah integrator pada setiap fungsi loop penjumlahan (Σ). Pemodelan ini diharapkan memiliki bentuk noise terendah dengan bertambahnya orde level modulasinya. Sebagai fungsi *noise shaping filter* dan *oversampling*, struktur ini akan mendistribusikan hasil kuantisasi error dan menggiringnya berupa noise floor posisi terendah dalam band signal yang diinginkan. Hasil cuplikan signal inputnya akan sebesar dua kali sebesar bandwidthnya sehingga akan menurunkan kuantisasi noise pada band signal yang diinginkan.

Gambar 10 menunjukkan blok sistem sebuah *pre-post* distorsi yang disebut dengan unit *distortion cancellation*. Unit yang digunakan nanti ada dua buah masing-masing akan ditempatkan pada awal dan akhir *digital-upconverter driver*. Fungsi *pre-distorsi* dan *post-distorsi* adalah membuat noise palsu (amplitudo dan fasa serupa dengan distorsi asli) dari spectrum signal yang dihasilkan. Fungsi DSP *z*-domain dan pembalik fasa yang nampak pada blok sistem tersebut akan bermanfaat untuk melaksanakan *cancellation*.

Gambar 11 menunjukkan proses HRQ sebagai metode aplikasi skala ukur kuantisasi digital selama pemrosesan sinyal digital DSP dilakukan. Secara umum, proses kuantisasi ini akan melaksanakan pemetaan nilai input kontinu menghasilkan sederatan pendekatan hasil yang diinginkan. Hasil yang akan diperoleh adalah selisih antara nilai input dan nilai kuantisasinya. Metode HRQ juga menggunakan skema kuantisasi Polar (Polar-Quantisation, PQ). Konsep dasar seluruhnya dalam format Polar selama proses kuantisasi baseband karena skema ini mengandung unsur sinyal envelope real *amplitude* dan *phase*. Kedua variable ini mudah merepresentasikan masing-masing sebagai *pulsewidth* dan *pulseposition* dalam proses konversi modulasi ke RF signal berupa murni *digital wave*. Metode referensi terbaik tentang teknik ini juga akan melaksanakan penggabungan polarisasi dua dimensi dalam rangka menghasilkan resolusi hasil kuantisasi yang lebih baik.



Gambar 11. Arsitektur PQ-HRQ dalam menghasilkan RF signal.

BAB 4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

4.1 Luaran yang Telah Dicapai Tahun-1 Lanjutan 2021

Hasil dan luaran sementara yang telah dicapai dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut.

Tabel 3. Status Luaran

Luaran	Status		
	Draft	Submit/Review	Accepted/Publish
<i>Jurnal Nasional</i>			<i>Peper-1 Published</i>
<i>Jurnal Internasional</i>	<i>Paper-2 (Tambahan) draft 100% siap submit</i>	<i>Paper-2 (Tambahan) <u>submitted</u></i>	
<i>HAKI (Hak Cipta)</i>			<i>2 HAKI 100%</i>
<i>Prototipe</i>	<i>Draft/Lab</i>		

Tabel 4. Progress Luaran berdasarkan janji luaran Tahun ke-1 Lanjutan 2021

<i>No</i>	<i>Jenis Luaran</i>		<i>Traget Janji Luaran Tahun ke-1 2020</i>	<i>Progress Luaran (Laporan Kemajuan)</i>
1	Publikasi Ilmiah	Internasional/ berreputasi internasional (1)	Draft	Draft 100%
		Internasional/ berreputasi internasional (2)	<i>Tambahan</i>	Submitted
		Nasional Terakreditasi	Submitted/ Reviewed	Published
2	Kekayaan Intelektual (KI)	Hak Cipta (1)	Draft/ Submitted	Granted
		Hak Cipta (2)	<i>Tambahan</i>	Granted
3	Model		Draf	Draft/Lab

LUARAN YANG TELAH DICAPAI

1. Hak Cipta (1)

Jenis Hak Cipta : Program Komputer
Judul : Teknik Joint-Quantisation (Joint-Q) untuk Optimalisasi Struktur

Digital Rf-Transmitter
Nomor Permohonan : EC00202050531
Tanggal Permohonan : 17 November 2020
Nomor Pencatatan : 000236127
Status : Granted (Terdaftar)

2. Hak Cipta (2)

Jenis Hak Cipta : Program Komputer
Judul : Aplikasi High Resolution Quantisation (HRQ) Pada Struktur Digital RF Transmitter
Nomor Permohonan : EC00202050168
Tanggal Permohonan : 17 November 2020
Nomor Pencatatan : 000222407
Status : Terdaftar (Granted)

3. Jurnal Nasional Terakreditasi

Nama Jurnal: Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan (JETT)
<https://journals.telkomuniversity.ac.id/jett>
Judul Publikasi : Computational Modeling Rule for Unwanted Signal RF-Spectrum Elimination
Tanggal Submission : 6 November 2020
Tanggal Revisi : 20 November 2020
Tanggal Accepted : 1 Desember 2020
Status : Published

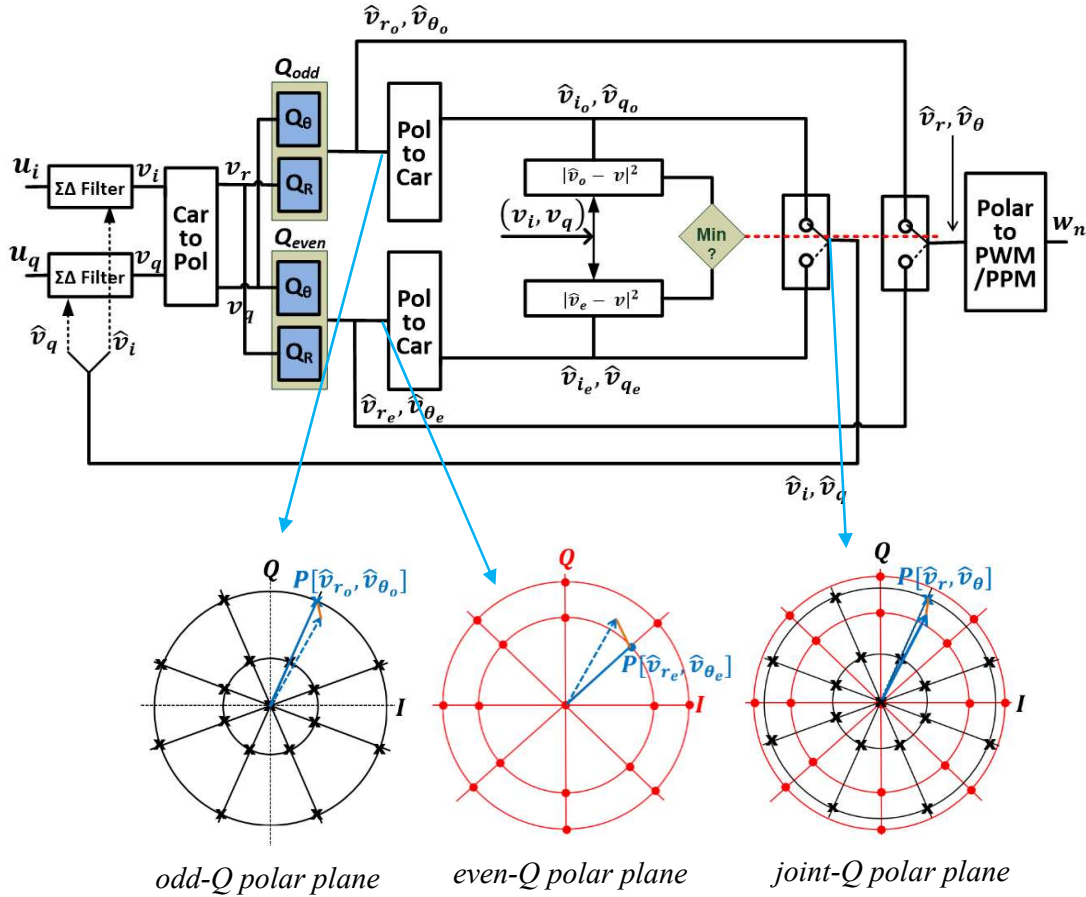
4. Jurnal Internasional Reputasi Scopus

Nama Target Jurnal : International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Scopus indexed; CiteScore: 1.63; SNIP: 1.144; SJR (ScimagoJR): 0.32, Q2.
Judul : Analysis of the Distortion Position Accuracy Formulation on the Frequency Sharing Effect of 5G Technology
Tanggal Submission : 24 Oktober 2021
Status : Submitted

5. Jurnal Internasional Reputasi Scopus

Nama Target Jurnal : <http://ijaseit.insightsociety.org/>
SCImago 2020 -> 0.22 | Q3 and Scopus CiteScore 2020 -> 1.9 | 65th percentile / 2nd quartile Scopus.
Judul : Null-noise modeling on a future digital transmitter system 5G (to overcome distortion in the spectrum)
Target Submission : Akhir November 2021
Status : Draft (100%)

Konseptual penelitian ini berdasarkan blok dasar sistem telekomunikasi yaitu blok input signal, blok modulasi dan blok konversi output, Gambar 12. Dengan demikian tahapan penelitian ini juga akan diuraikan tiga tahap. Variabel simulasi pada masing-masing tahap merupakan parameter-parameter yang akan disimulasikan.



Gambar 12. Konsep pengembangan Digital RF-Transmitter (RF-Tx) melalui Joint-Q dan ilustrasi polar plane, OSR=8.

Konseptual *Joint Quantisation* (Joint-Q) merupakan pengembangan struktur Digital RF-Transmitter (RF-Tx) berbasis Cartesian $\Sigma\Delta$ *upconverter*. Skenario *joint-Q* seperti pada Gambar 1. Sistem kuantisasi satu dimensi pada *even-Q* atau *odd-Q* memiliki keunggulan karena memungkinkan sinyal *envelope amplituda* dan *fase* terproses secara terpisah (*independent*) sehingga dapat beroperasi secara paralel dengan kecepatan proses yang tinggi. Namun perlu diketahui bahwa jika terpilih metode *even-Q* maka berarti hanya setengah *clock cycle* (c_{clock}) yang terpakai yaitu c_{clock} genap saja. Hal ini berarti hanya setengah kuantisasi poin yang dapat dihasilkan untuk mengoperasikan sistem pada RF-Tx untuk menghasilkan baseband digital menjadi signal RF, demikian pula sebaliknya pada *odd-Q*. Dengan demikian resiko munculnya

kuantisasi error dapat terjadi. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan pengurangan kuantisasi noise ini maka diperlukan menggunakan seluruh c_{clock} yang tersedia dan untuk menghasilkan seluruh kuantisasi poin.

Metode *joint-Q* adalah dengan menggunakan masing-masing nilai kuantisasi optimum terseleksi dari *even-Q* dan *odd-Q*. Proses pemilihannya melalui perbandingan kedua hasil optimum kuantisasi poin tersebut dan selanjutnya memilih kuantisasi poin paling minimum atau terdekat. Teknik *joint-Q* dua dimensi ini akan melibatkan perhitungan jarak kuadrat antara vector input dari setiap titik kuantisasi. Terdapat lima instruksi matematika baru yang diperlukan untuk menghitung jarak kuadrat ini, yaitu dua operasi pengurangan, dua operasi kuadrat, dan satu penjumlahan. Mengingat prosesi pencarian ini berlangsung dalam dua dimensi maka tentunya kompleksitas akan semakin besar pula.

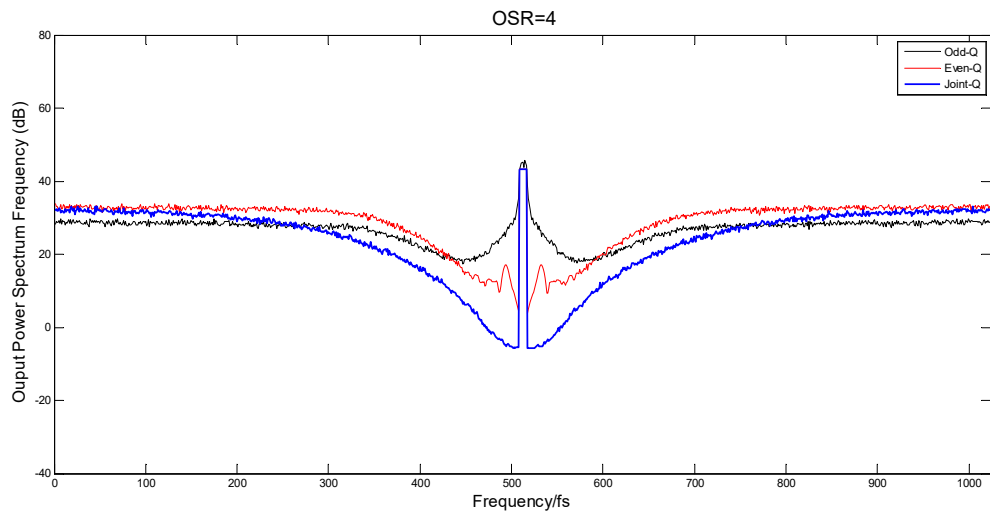
Secara umum struktur digital RF-Transmitter (RF-Tx) seperti terlihat pada Gambar 12 dengan komposisi struktur terdiri atas tiga blok utama yaitu:

- a) Blok $\Sigma\Delta$ filter berfungsi sebagai *low-pass* filter $\Sigma\Delta$ berorder-2 ($\Sigma\Delta$ MOD2). Masing-masing input baseband $I-Q$ $[u_i, u_q]$ akan melalui $\Sigma\Delta$ MOD2 menghasilkan variabel $[v_i, v_q]$ dalam format koordinat Cartesian dan selanjutnya $[v_r, v_\theta]$ dalam format koordinat Polar. Metode konversi dapat dilakukan dengan persamaan umum $R = \sqrt{I^2 + Q^2}$ dan $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{Q}{I}\right)$.
- b) Blok Quantiser Q_{odd} dan Q_{even} berfungsi melaksanakan kuantisasi *odd-Q* dan *even-Q*. Proses kuantisasi akan dilakukan secara terpisah baik yaitu untuk amplitud (blok Q_R odd-even) dan fasa (blok Q_θ odd-even) dalam variable $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$. Masing-masing blok menghasilkan $[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$ dan $[\hat{v}_{r_e}, \hat{v}_{\theta_e}]$ dalam format polar. Peran kuantisasi point dalam blok ini akan men-drive fungsi blok berikutnya dan fungsi blok sebelumnya sebagai *feedback* (umpan balik). Variable $[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$ dan $[\hat{v}_{r_e}, \hat{v}_{\theta_e}]$ akan diubah dahulu kedalam format Cartesian menjadi $[\hat{v}_i, \hat{v}_{q_o}]$ dan $[\hat{v}_i, \hat{v}_{q_e}]$ untuk selanjutnya dilakukan prosesi pemilihan kuantisasi optimum sebelum diteruskan menjadi umpan balik ke blok $\Sigma\Delta$ filter. Nilai kuantisasi optimum ini pula menjadi referensi bagi variable $[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$ dan $[\hat{v}_{r_e}, \hat{v}_{\theta_e}]$ yang terpilih untuk men-drive proses *pulse width/position modulation* pada blok berikutnya.

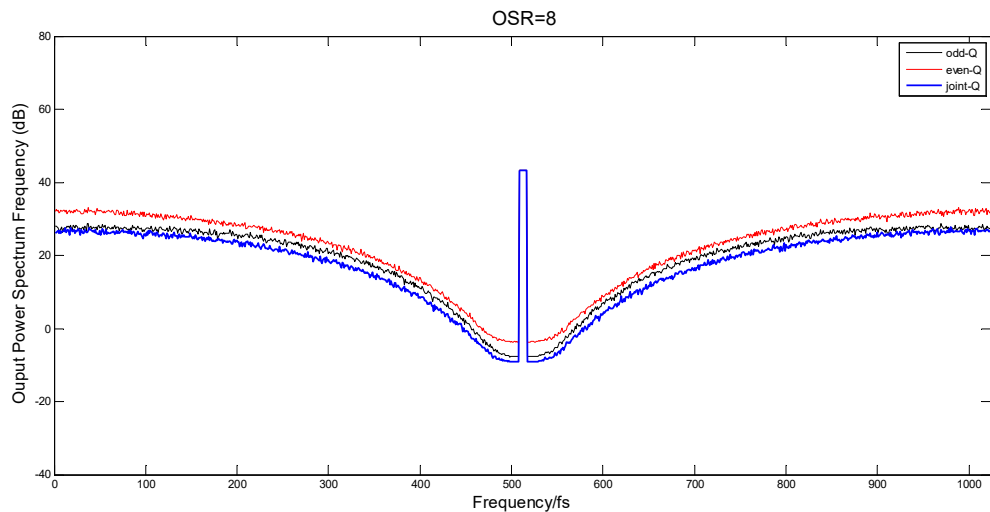
Dalam ilustrasi polar plane Gambar 12, diperlihatkan *odd-Q polar plane*, *even-Q polar plane* dan *joint-Q polar plane* pada nilai *clock rate* dari *oversampling* (OSR) sama dengan 8. Titik kuantisasi P $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$ merupakan titik optimum minimal hasil perbandingan dari P $[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$ dan P $[\hat{v}_{r_e}, \hat{v}_{\theta_e}]$. Sebagai contoh, nampak bahwa jarak kuadrat P $[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$ lebih mendekati target poin dari pada P $[\hat{v}_{r_e}, \hat{v}_{\theta_e}]$, maka hasilnya P $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta] = P[\hat{v}_{r_o}, \hat{v}_{\theta_o}]$.

- c) Blok “Polar to PWM/PPM” berfungsi menghasilkan sinyal *waveform* RF (w_n). Pada Gambar 1, luaran blok Quantiser format polar $[\hat{v}_r, \hat{v}_\theta]$ optimum akan diteruskan ke dalam blok ini, sedangkan format Cartesian $[\hat{v}_i, \hat{v}_q]$ optimum akan diteruskan ke unit *feedback* $\Sigma\Delta$ filter.

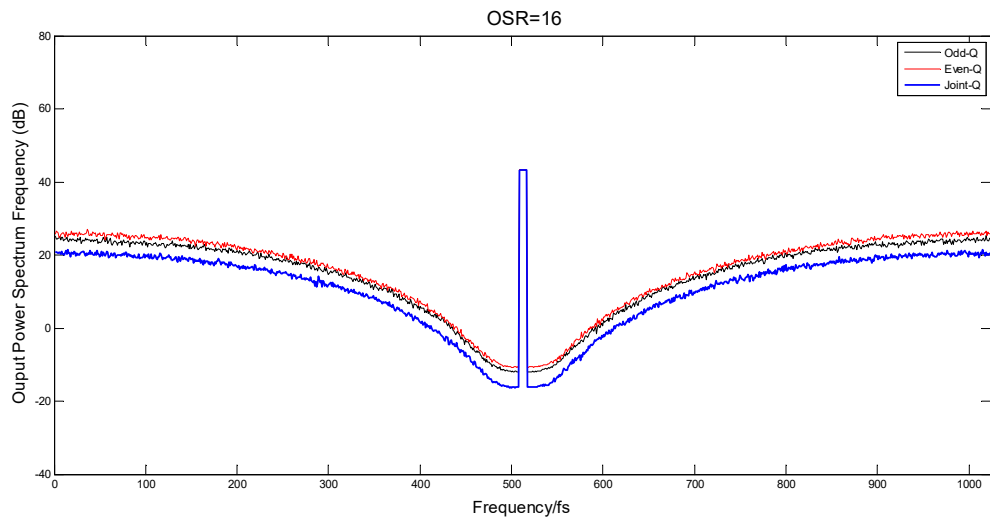
Metode simulasi dalam pemodelan ini menggunakan Matlab dengan membuat script code pemrograman. Nama variable yang digunakan pada input-output tiap blok sistem dalam simulasi tersebut seperti pada Gambar 12. Input signal yaitu *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) dengan nama variabel *I-Q* $[u_i, u_q]$. Output hasil simulasi berupa spectrum RF (variable Wn) metode *odd-Q*, *even-Q* dan *joint-Q* dengan variasi nilai OSR pada bernilai 4 (Gambar 13), 8 (Gambar 14), 16 (Gambar 15), 32 (Gambar 16), dan 64 (Gambar 17).



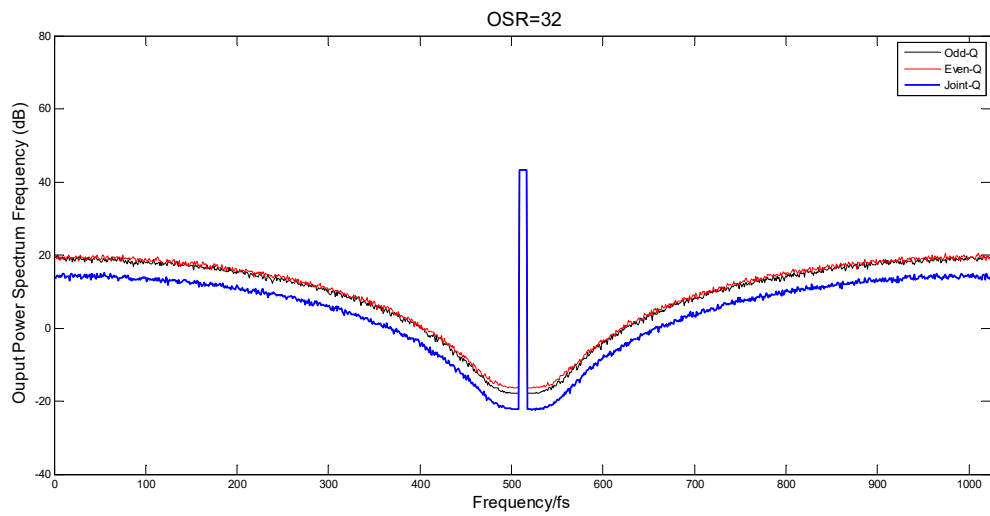
Gambar 13. Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=4.



Gambar 14. Perbandingan hasil output Quantiser pada OSR=8.

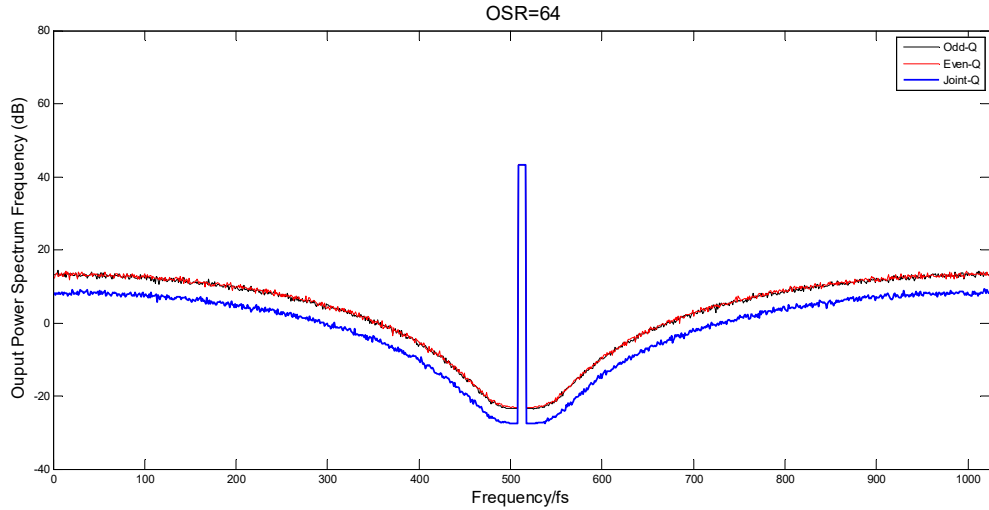


Gambar 15. Perbandingan hasil output *Quantiser* pada $OSR=16$.

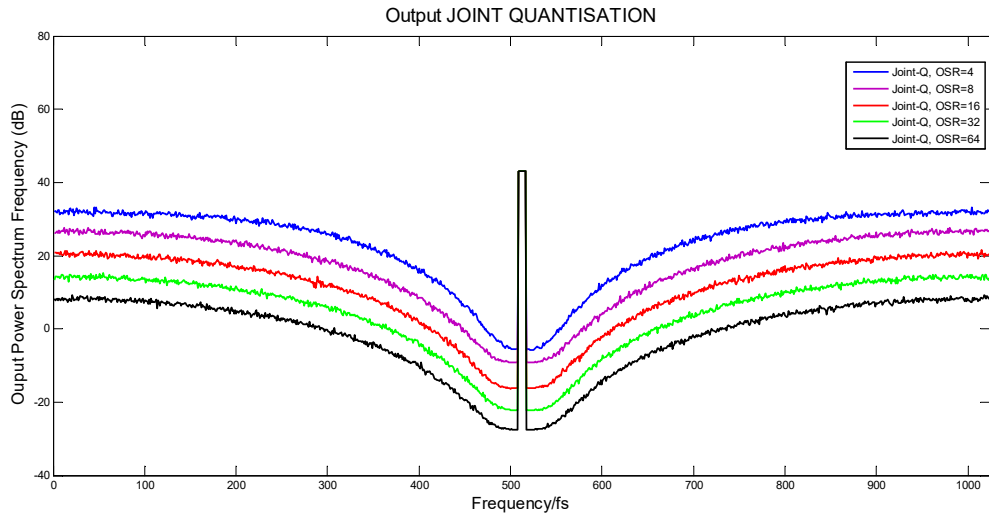


Gambar 16. Perbandingan hasil output *Quantiser* pada $OSR=32$.

Sedangkan pada Gambar 18 ditunjukkan perbandingan fenomena hasil kuantiser metode *joint-Q* menggunakan masing nilai OSR yang berbeda-beda ($OSR=4, 8, 16, 32, \text{ dan } 64$). Hasil yang dapat dilihat bahwa semakin tinggi OSR yang digunakan maka noise floor juga akan semakin turun. Noise shape dapat juga dilihat pada setiap posisi channel target dengan menduduki noise level terendah.



Gambar 17. Perbandingan hasil output *Quantiser* pada $OSR=64$.

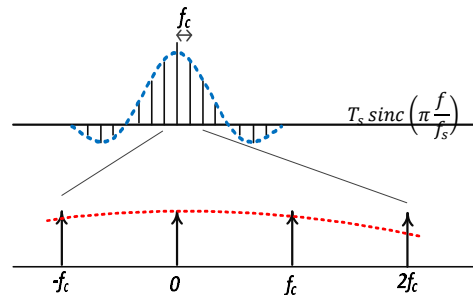


Gambar 18. Perbandingan output *Quantiser* metode *joint-Q* pada $OSR=4, 8, 16, 32$ dan 64 .

Selanjutnya, aturan metode eliminasi dilaksanakan dalam *frequency domain* melalui penunjukan berapa banyak sinyal terletak dalam setiap sampling frekuensi $T_s \text{sinc}\left(\pi \frac{f}{f_s}\right)$. Gambar 19 menunjukkan sample satu satuan frekuensi dalam menentukan akurasi posisi *unwanted signal*. Total spectrum dapat ditentukan melalui persamaan berikut

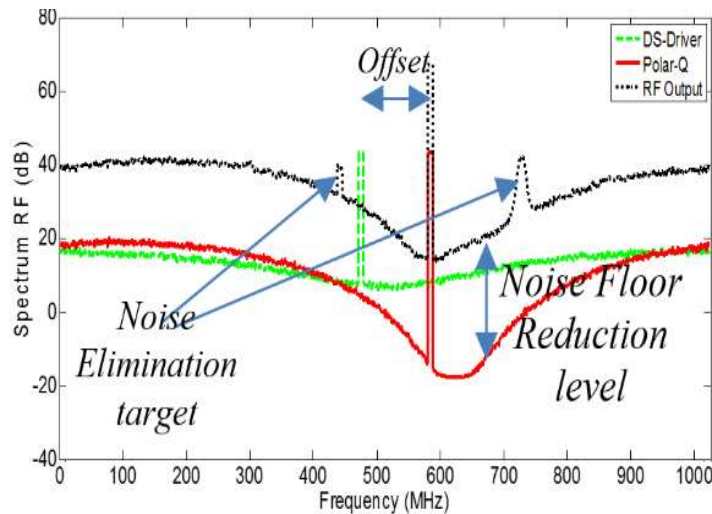
$$\tilde{Y}(f) = \sum_{k=0}^{OSR_{RF}-1} \tilde{Y}_k(f) \quad (1)$$

dimana $\tilde{Y}(f)$ adalah total spectrum dan OSR adalah over sampling ratio. Sebagaimana dalam hasil pada [8] bahwa proporsi SNR berbanding terbalik terhadap noise yang dihasilkan. OSR dapat diperoleh melalui $OSR = \frac{f_s}{f}$. Dalam analisis ini, $\tilde{Y}(f) = F\{y(t)\}$ is dihitung melalui frequency domain Fourier transform.



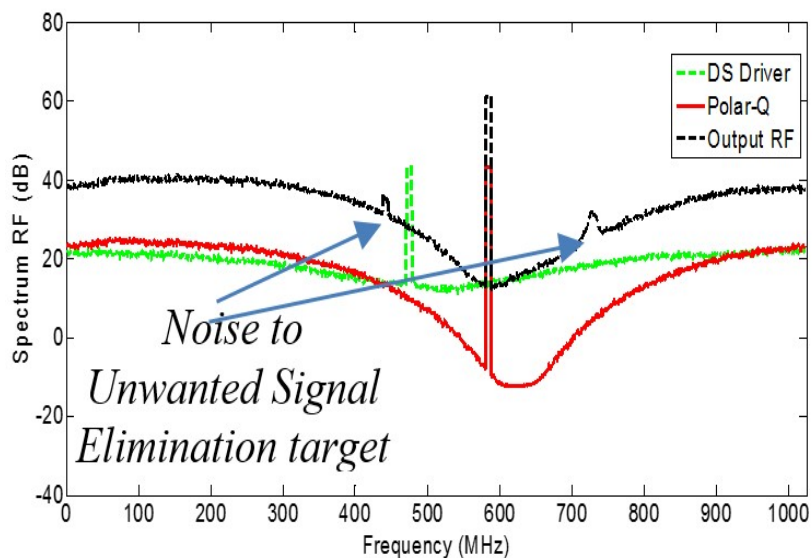
Gambar 19. Sample signal to summation form $\tilde{Y}(f)$.

Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 20 dan Gambar 21, masing-masing pada parameter OSR=16 dan OSR=8. Karena $f_c = K f_s$ (lihat Persamaan (10) dalam [10]) dengan asumsi $K=1$ maka dapat kita perhatikan kedudukan signal band luaran dari Polar-Q dan RF output duduk di atas satu sama lain atau tepat pada posisi frekuensi target yang sama, meskipun proses melalui offset sejauh 40 dB dari *frequency carrier* (f_c). Proses ini disebut *tuning baseband*, meskipun signal band telah mengalami offset namun posisi band tidak berpengaruh terhadap hasil pergeseran ini.



Gambar 20. Spectrum signal pada OSR=16.

Garis hijau putus-putus adalah tanda bahwa sinyal masih berada pada posisi f_c , sebagaimana proses DS-driver berupaya focus pada pengurangan *noise floor* dan *noise shape* saja. Distorsi harmonik hanya terjadi ketika jika terjadi *offset* dan dampak ini dapat dilihat pada output RF output (garis hitam). Distorsi harmonik ini disebut sebagai *image* dan *harmonic unwanted signal components*. Performasi hasil yang baik ditunjukkan setelah penggunaan polar-Q yang optimal. Garis merah memperlihatkan dampak *noise floor* yang menurun dalam spectrum tersebut. Perbandingan hasil pada Gambar 21 menunjukkan penurunan level distorsi harmonik pada saat penggunaan OSR yang kecil (OSR=16 ke OSR=8). Hal ini menunjukkan bahwa *unwanted signal elimination* berpotensi dihilangkan jika pada penggunaan OSR yang kecil.



Gambar 21. Spectrum signal pada OSR=8.

OSR yang kecil seperti OSR=8 dapat memperlihatkan level signal pada spectrum-RF berkurang sekitar 10 dB dari perbandingannya dengan OSR=16. Dengan demikian jika menggunakan OSR=4 atau OSR=2 misalnya, maka penurunan level signal dalam spectrum dapat dipenuhi. Namun, masih perlu diperhatikan kembali terhadap fenomena *noise floor* yang dapat meningkat dampak dari OSR yang kecil. Aturan dalam komputasi ini harus mempertimbangkan kedua hal tersebut.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pembahasan tentang identifikasi fenomena distorsi harmonik Output RF dari struktur RF-upconverter telah diperlihatkan. Sejumlah harmonisa sebagai unwanted signal yang muncul disebabkan oleh sifat *rectangular nature* selama proses *pulse width/position modulation* (PWM/PPM). Distorsi ini mengurangi dynamic range dari pita operasi, oleh karena itu, selektifitas OSR yang tepat adalah salah satu faktor penentunya. Selain itu, untuk mencapai optimalisasi *unwanted signal elimination* ini, diperlukan aturan dari teknik ketepatan penggunaan f_c terhadap *frequency clock* (f_{clock}). f_{clock} merupakan factor penentu untuk menetapkan jumlah titik kuantisasi pada proses Polar-Q karena terkait keterwakilan level fasa dan amplitude signal band.

5.2 Saran

- Diperlukan kejelasan alokasi frekuensi 5G yang akan diimplementasikan di Indonesia
- Pengukuran diharapkan dapat dilaksanakan pada operator seluler sehingga perbandingan trial frekuensi yang digunakan dapat dibandingkan dalam simulasi ini.

KENDALA DAN HAMBATAN

Kendala dan Hambatan yang dihadapi selama pelaksanaan penelitian:

1. Pelaksanaan penelitian masih banyak dilaksanakan berbasis Desk-Work dengan Simulasi. Perlu dilaksanakan pengukuran yang dapat dilaksanakan sepenuhnya di Laboratorium karena aturan keterbasan berkumpul selama Pandemi Covid-19.
2. Issue tidak ada Penelitian Lanjutan Tahun ke-2 dan ke-3 sehingga optimisasi target hasil mengalami perubahan
3. Pembelian alat memerlukan waktu lama (oversease) sehingga terdapat penundaan pekerjaan measurement dan simulasi alat. Peminjaman alat di luar Jawa masih dibatasi selama Pandemi Covid-19.

REFERENSI

- Basetas, C., Kanteres, A., dan Sotiriadis, P., 2015, "Hardware implementation aspects of Multi-Step Look-Ahead Σ - Δ modulation-like architectures for all-digital frequency synthesis applications", *Joint Conference of the IEEE International Frequency Control Symp. & the European Freq. and Time Forum*, hal 452-455.
- Bassoo, V., dan Faulkner, M., 2009, "Sigma-delta digital drive signals for switchmode power amplifiers", *Journal Electronics Letters*, vol. 44, hal. 1299-1300.
- Chae, K., dan Yoon, S., 2014, "Cancellation of AltBOC Correlation Side-Peaks for Frequency Sharing in Satellite Communication Spectrum", *the journal of Korea Information and Communication Society*, edisi 39B, Vol. 11, hal 810-816.
- Cordeiro, R., Oliveira Arnaldo S. R. dan Vieira, J., 2015, "FPGA-based all-digital transmitters", *International Conference on Field Programmable Logic and Apps. (FPL)*, hal. 1-2.
- Ericsson Inc. "More than 50 billion connected devices", <http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-50-billions.pdf>. [Online akses 27 September 2018].
- Evans, B. G., 2014, "The role of satellites in 5G," , *the 7th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference and the 13th Signal Processing for Space Communications Workshop (ASMS/SPSC)*, Livorno, hal. 197-202.
- Guidolin, F. dan Nekovee, M. 2015, "Investigating Spectrum Sharing between 5G Millimeter Wave Networks and Fixed Satellite Systems," *IEEE Globecom Workshops (GC Workshop)*, San Diego, CA, hal. 1-7.
- Helaoui, M., Hatami, S., Negra, R., dan Ghannouchi, F. M., 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.
- Höyhty, M., 2015, "Frequency sharing between FSS and BSS satellites in the 17.3–18.4 GHz band," *International Conference of Advances in Wireless and Optical Communications (RTUWO)*, Riga, hal. 176-179.
- Ichsan, M., dan **Sirmayanti, S., 2017**, "Analisis Fenomena Harmonik Pasca Proses PWM/PPM pada Struktur RF-Upconverter", *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI 2017) PNUP*, ISBN. 978-602-18168-2-0 SNTEI2017_TEL11, hal. 196-200.
- Keyzer, J., Hinrichs, J., Metzger, A., Iwamoto, M., Galton, I., dan Asbeck, P., 2001, "Digital generation of RF signals for wireless communications with band-pass DS modulation", *Microwave Symposium Digest IEEE MTT-S International*, hal. 2127-2130.
- Keyzer, J., Uang, R., Sugiyama, Y., Iwamoto, M., Galton, I., dan Asbeck, P., 2002, "Generation of RF pulsewidth modulated microwave signals using delta-sigma modulation", *Microwave Symposium Digest IEEE MTT-S International*, hal. 397-400.

- Lidemar, H., dan Sirmayanti, S., 2016** ‘*Fenomena noise shaping dan harmonik pada $\Sigma\Delta$ -based RF Transmitter untuk aplikasi software radio multiband 5G*’, Laporan Penelitian Hibah Bersaing 2016.
- Miao, Yao., Munawwar, M. S., Xiaofu, M., Vuk, M., dan Jeffrey, H., R. 2019, “Sustainable green networking: exploiting degrees of freedom towards energy-efficient 5G systems”, *Journal of Wireless Network*, Volume 25, Issue 3, hal 951–960.
- Nielsen, M., dan Larsen, T., 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.
- Payaró, M., Färber, M., Vlacheas, P., Bartzoudis, N., Tillman, F., Ferling, D., Berg, V., Rautio, T., Serrano, P., dan Sabella, D. 2016, “Flexible and efficient hardware/software platforms for 5G network elements and devices. *Journal on Transactions on Emerging Telecommunication Technologies*, Vol. 27, Iss. 9, hal. 1242–1249.
- Schreier, R., Temes, G. C., dan Wiley, J., 2005, “Understanding delta-sigma data converters”, *IEEE press Piscataway, NJ*, vol. 74.
- Sirmayanti, S., 2018**, “Analysis predicted location of harmonic distortion in RF-upconverter structure”, *International Journal of Telecommunication, Computing, Electronics and Control (TELKOMNIKA)*, Vol. 6., No.6, December 2018.
- Sirmayanti, S., Bassoo, V., King, H., dan M. Faulkner, M., 2011**, “Sigma delta ($\Sigma\Delta$) architecture integration with digital pre-distortion to enhance optimal switch mode power amplification (OSMPA) in FEMTO cell transceiver design”, *IEEE 8th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS)*, hal. 1-4.
- Sirmayanti, S., Bassoo, V., dan Faulkner, M., 2012**, “OFDM performance with Odd-Even Quantisation in Cartesian DS upconverters”, *IEEE International Conf on Signal Processing and Communication Systems (ICPCS)*, hal. 1-5.
- Sirmayanti, S., Bassoo, V., dan Faulkner, M., 2013**, “Joint odd-even quantisation in Cartesian Delta-Sigma (DS) upconverters”, *2013 IEEE AFRICON*, hal. 1-4.
- Sirmayanti, S., dan Faulkner, M., 2014**, “Tuning baseband on Cartesian Delta-Sigma Up-conversion”. *IET e-Letters Journal*, Vol. 50, Iss.8, hal. 635-637.
- Sirmayanti, S., dan Faulkner, M., 2014**, “ $\Sigma\Delta$ Modulator for Digital Wireless Architecture: A review”, *IEEE MICEEI International Conference*, hal. 83-87.
- Sirmayanti, S., Ichsan. M., Sulwan., D, Airin, D.U, dan Irfan, S., 2018**, “High resolution quantisation (HRQ) standard applied for RF-upconverter structure: A review”, *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M 2018) PNUP*, November 2018.

B. 103

LAPORAN KARYA ILMIAH HASIL PENELITIAN PERIODE 2019-2022

1. Operasi Adaptive MIMO Melalui Teknik Spatial Multiplexing Bagi Standar LTE Physical Layer (PHY) (2019)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T
2. Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask Pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G, Tahun-1 (2020)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T., IPM. / Lidemar Halide, S.T., M.T
3. Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask Pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G, Tahun-2 (2021)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T., IPM. / Lidemar Halide, S.T., M.T
4. Teknik Sinkronisasi Carrier Frequency Offset (CFO) Dalam System OFDM Untuk Opimasi Implementasi Frequency Sharing 5G (2021)
Penulis: Ir. Ichsan Mahjud, M.T. / Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
5. Analisis Best Practice Remote Lab Dalam Pengajaran Mata Kuliah Praktikum Vokasi (2021)
Penulis: Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T. / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
6. Pengembangan Theories-In-Action Pada Mata Kuliah Kode-3 Pendidikan Vokasi (2022)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T.
7. Disain Dan Realisasi Bandpass Filter (BPF) Berbasis Substrate-Integrated Waveguide (SIW) Pada Frekuensi L-Band Untuk Aplikasi Coastal Radar (2022)
Penulis: Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Abdullah Bazergan, M.T. / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.



**UPT PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
2022**

BIBIE
NDANG

B.103

SIRMA YANTI, DKK

LAPORAN KARYA ILMIAH HASIL PEN

B.103

LAPORAN KARYA ILMIAH HASIL PENELITIAN PERIODE 2019-2022

1. Operasi Adaptive MIMO Melalui Teknik Spatial Multiplexing Bagi Standar LTE Physical Layer (PHY) (2019)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T
2. Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask Pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G, Tahun-1 (2020)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T., IPM. / Lidemar Halide, S.T., M.T
3. Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask Pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G, Tahun-2 (2021)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Dr. Eng., Ir. Dewiani, M.T., IPM. / Lidemar Halide, S.T., M.T
4. Teknik Sinkronisasi Carrier Frequency Offset (CFO) Dalam System OFDM Untuk Opimasi Implementasi Frequency Sharing 5G (2021)
Penulis: Ir. Ichsan Mahjud, M.T. / Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
5. Analisis Best Practice Remote Lab Dalam Pengajaran Mata Kuliah Praktikum Vokasi (2021)
Penulis: Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T. / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
6. Pengembangan Theories-In-Action Pada Mata Kuliah Kode-3 Pendidikan Vokasi (2022)
Penulis: Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. / Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Ichsan Mahjud, M.T.
7. Disain Dan Realisasi Bandpass Filter (BPF) Berbasis Substrate-Integrated Waveguide (SIW) Pada Frekuensi L-Band Untuk Aplikasi Coastal Radar (2022)
Penulis: Muhammad Mimsyad, S.T., M.Eng., Ph.D. / Ir. Abdullah Bazergan, M.T. / Ir. Sirmayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.

PERPUSTAKAAN B.J. HABIBIE
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

KI:TT19
SIR
o
C.1



UPT PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
2022

PERIODE 2019-2022

**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 : Optimasi Distorsi Cancellation Spectrum Mask pada Infrastruktur Multicarrier Broadband 5G

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 : Desember 2021
- f. DOI artikel (jika ada) :
- g. Alamat web jurnal :
- h. Keterangan (opsional) : LAPORAN PENELITIAN INSINAS
KEMENRISTEK/BRIN 2021

Hasil Penilaian *Peer Review* :

Komponen Yang Dinilai	Nilai Maksimal Artikel			Nilai Akhir Yang Diperoleh
	Internasional /Internasiona l 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%)				30
d. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan/jurnal (30%)				28
Total = (100%)				98
Nilai Pengusul = $98 \times 60\% =$				

Catatan Reviewer :

- 1) Sesuai dengan Bidang Ilmu Bu SIKMA.
- 2) Pembahasan Laporan cukup Sangat Menarik / Bagus.

Makassar, 21 April 2022

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