

## PERANCANGAN MULTI BAND POWER AMPLIFIER CLASS-E PADA FREKUENSI 900 MHz, 1800 MHz, 2300 Mhz, dan 2600 Mhz

Ferri Julianto<sup>1)</sup>, Irawati<sup>2)</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

<sup>2</sup>Prodi Teknik Elektronika, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma Jakarta

Correspondence author: Irawati, irawati2182@gmail.com, Jakarta, Indonesia

### Abstract

In this research is designed High efficiency Concurrent Multiband RF Power Amplifier Class-E with 0.18  $\mu$ m CMOS type N, which operates at GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz, WIMAX 2300 MHz, and LTE 2600 MHz, using two method of design. First design is using a Conventional Multiband Power Amplifier Class-E and the second design is by adding a Driver Stage to the circuit to achieve much higher Insertion loss. The input matching and output matching is design using lumped component. the aim of this design is to achieve result of Insertion loss) above 15 dB and Return loss below -15 dB, supply voltage 5 V, power added efficiency above 50%, this design is simulated using Advanced Design System (ADS). The simulation results using a driver stage circuit shows that S<sub>21</sub> of 21.934 dB, 25.581 dB, 21.798 dB, dan 19.997 dB was obtained at 900MHz, 1800MHz, 2300MHz, and 2600MHz. And S<sub>11</sub> of -15.270 dB, -24.404 dB, -19.974 dB, and -16.584 dB was obtained at 900MHz, 1800MHz, 2300MHz, and 2600MHz. In terms of maximum PAE was obtain 52.98% at those frequencies.

**Keywords:** *multi band power amplifier, class-E, ADS*

### Abstrak

Pada penelitian ini dirancang High efficiency Concurrent Multiband RF Power Amplifier Class-E dengan teknologi CMOS 0.18 $\mu$ m type N, yang beroperasi pada frekuensi GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz, WIMAX 2300 Mhz, dan LTE 2600 Mhz, dengan menggunakan dua metode perancangan. Rancangan pertama menggunakan metode multiband Class-E Power Amplifier yang konvensional, dan perancangan kedua dengan menambahkan rangkaian Driver Stage untuk menghasilkan Insertion loss yang lebih besar. input matching dan output matching dirancang dengan menggunakan komponen lumped. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk mencapai Insertion loss (S<sub>21</sub>) bernilai lebih besar dari 15 dB dan Return loss (S<sub>11</sub>) dibawah -15 dB, Tegangan supply 5 Volt, memenuhi standar kestabilan ( $K > 1$ ), dan Power Added Efficiency >50%, Rancangan ini disimulasikan menggunakan program Advanced Design System (ADS). Hasil simulasi perancangan dengan metode rangkaian driver stage mempunyai nilai S<sub>21</sub> sebesar 21.934 dB, 25.581 dB, 21.798 dB, dan 19.997 dB pada frekuensi 900MHz, 1800MHz, 2300MHz, dan 2600MHz. Serta nilai S<sub>11</sub> sebesar -15.270 dB, -24.404 dB, -19.974 dB, dan -16.584 dB pada frekuensi 900MHz, 1800MHz, 2300MHz, dan 2600MHz. Dan nilai maksimum PAE sebesar 52.98% pada frekuensi-frekuensi tersebut.

**Kata Kunci:** *multi band power amplifier, class-E, ADS*

## A. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi wireless jaringan pita lebar atau broadband yang begitu pesat dan tingkat kebutuhan aplikasi pengguna yang begitu beragam, mengharuskan perkembangan pula pada perangkat radio frekuensi (RF) yang dapat bekerja pada beberapa channel frekuensi sekaligus. Sebuah transceivers yang mampu beroperasi pada multiband dengan multistandar diperlukan untuk meningkatkan efisiensi sekaligus mendukung perkembangan berbagai jenis standar komunikasi nirkabel seperti GSM, 3G, WIMAX dan LTE. Salah satu bagian dari multiband transceivers adalah power amplifier (PA), PA adalah bagian dari transmitter yang berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran sebesar-besarnya, bagian ini yang paling membutuhkan daya paling besar dari perangkat RF. PA Class-E dipilih karena memiliki tingkat efisiensi yang tinggi, serta konsep rancangannya yang lebih sederhana jika dibandingkan dengan kelas PA non-linier yang lain.

Beberapa jurnal atau makalah menjelaskan tentang perancangan PA Class-E wideband (Saad et al., 2010; Van der Heijden et al., 2009), single-band (Murad et al., 2010), ataupun dual-band (Ji et al., 2006) dengan beragam metode. Salah satunya single-band PA diusulkan oleh (Murad et al., 2010) yang bekerja pada frekuensi 2.4 GHz dengan berbasis teknologi CMOS 0.18  $\mu\text{m}$ . Kinerja yang dihasilkan Pout 19.2 dBm, tegangan supply 3.3 V, serta PAE 27.8%. PA ini memiliki kelebihan dimensinya yang lebih kecil serta penggunaan tegangan supply yang rendah, hal ini terjadi karena menggunakan teknologi CMOS 0.18  $\mu\text{m}$ . Akan tetapi, tingkat efisiensi dayanya masih rendah yaitu sebesar 27.8% serta hanya mampu bekerja pada satu frekuensi saja (Murad et al., 2010).

Sementara itu, wideband PA diusulkan oleh (Saad et al., 2010) agar mampu beroperasi pada beberapa frekuensi yang berbeda dengan bandwidth yang lebar.

Kinerja yang dihasilkan pada [2] S21 sebesar 9-11 dB pada 2-4 GHz, S11 -10 dB sampai -4 dB pada 2-4 GHz, efisiensi yang dihasilkan sebesar 50%-60%. Penggunaan wideband PA ini memiliki kelemahan berupa penguatan terhadap frekuensi yang tidak diinginkan sehingga meningkatkan interferensi, oleh karena itu dibutuhkan filter yang baik untuk meminimalisasi interferensi tersebut.

Saat ini telah dikembangkan PA yang mampu bekerja secara simultan pada beberapa frekuensi yang berbeda dengan nilai interferensi yang kecil dengan menggunakan teknik concurrent. Teknik concurrent didefinisikan sebagai teknik yang mampu beroperasi pada beberapa frekuensi dalam satu waktu dengan kinerja yang baik pada semua frekuensi. Salah satu contohnya (Ji et al., 2006) yang mengusulkan dual-band PA dengan penggunaan composite right/left-handed transmission lines, yang mampu bekerja pada dua frekuensi yang berbeda sehingga tidak terjadi interferensi. Kinerja yang dihasilkan cukup baik dengan Pout 24.9 dBm pada 836 MHz dan Pout 24.8 dBm pada 1.95 GHz serta PAE sebesar 48.63% pada 836 MHz dan 48.29% pada 1.95 GHz. Namun penggunaan dual-band PA dengan composite right/left-handed transmission lines ini memiliki dimensi yang besar dan efisiensi daya yang kurang baik, Sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat lebih dioptimalkan kembali tingkat efisiensi nya, dimensi dan frekuensi kerjanya sehingga dapat meningkatkan kinerja yang diperoleh.

Perancangan PA ini memiliki perbedaan dengan perancangan sebelumnya yang menggunakan metode dualband concurrent (Ji et al., 2006) dimana pada perancangan ini mampu menghasilkan multiband concurrent PA dengan efisiensi daya yang tinggi. Sementara itu perbedaan dengan penelitian (Saad et al., 2010) diantaranya memiliki S21 >15 dB, S11 <15 dB serta konsumsi power supply yang lebih rendah dibawah 5V dengan menggunakan MOSFET yang berbasis teknologi 0.18  $\mu\text{m}$ .

Tujuan perancangan PA ini adalah untuk membuat perancangan concurrent multiband PA pada frekuensi 900 MHz untuk aplikasi GSM, 1800 MHz untuk aplikasi GSM, 2300 MHz untuk aplikasi WIMAX, dan 2600 MHz untuk aplikasi LTE. Dengan nilai  $S_{11} < -15$  dB,  $S_{21} > 15$  dB,  $VSWR < 2$ . Dirancang dengan metode concurrent multiband PA menggunakan Mosfet 0.18  $\mu\text{m}$  type N, untuk meningkatkan  $S_{21}$  digunakan Driver Stage pada rangkaian bias untuk mengaktifkan Mosfet ON dan OFF. Perancangan PA ini disimulasikan dengan Advance Design System (ADS). Hasil simulasi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi multiband PA Class-E yang konvensional.

## B. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian yang dilakukan meliputi:

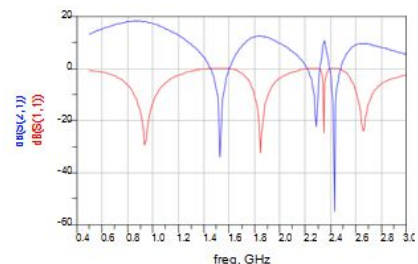
1. Studi Literatur dan Dasar Teori
 

Studi literatur dilakukan untuk mencari bahan-bahan referensi yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dengan mencari buku-buku, jurnal-jurnal mengenai pemilihan prioritas maupun melalui internet.
2. Penentuan rancangan multiband PA
3. Mendesain multiband PA menggunakan software ADS kemudian menganalisanya
4. Simulasi pengambilan data dengan:
  - a. Pertama dengan simulasi return loss  $S_{11}$  karena akan menunjukkan frekuensi kerja PA tersebut, selanjutnya menampilkan nilai  $S_{21}$  yang merupakan nilai gain PA tersebut, serta nilai kestabilannya. Setelah itu, maka selanjutnya menampilkan nilai  $VSWR$  untuk mengetahui sejauh mana impedance matching yang dihasilkan
  - b. Kedua dengan menampilkan nilai PAE
  - c. Ketiga dengan membandingkan antara hasil yang didapat dengan referensi

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

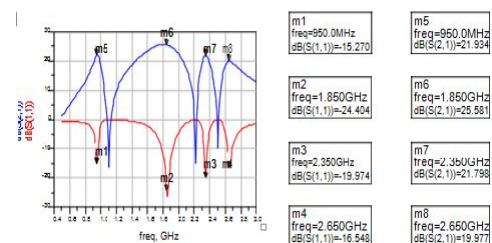
### Analisis S-Parameter

Untuk mengetahui performa PA dapat dilakukan dengan simulasi S-parameter. Matching impedance dari suatu rangkaian akan mempengaruhi nilai  $S_{11}$  (return Loss) dan  $S_{21}$  (Gain) dari S-parameter. Tampak pada Gambar 4.1, hasil simulasi S-parameter menunjukkan bahwa rangkaian PA mampu beroperasi pada empat frekuensi yang berbeda.



Gambar 1 Hasil  $S_{11}$  dan  $S_{21}$  Multiband PA Class-E konvensional

Seperti terlihat pada Gambar 1 hasil simulasi  $S_{11}$  bernilai -27.638 dB, -32.818 dB, -25.070 dB, dan -21.059 dB pada frekuensi tengah 950 MHz, 1850 MHz, 2350 MHz, dan 2650 MHz. Rata-rata nilai  $S_{11}$  pada tiap band sudah sesuai dengan target yang diharapkan ( $< -15$  dB), namun untuk  $S_{21}$  bernilai 17.720 dB, 12.402 dB, 10.517 dB, dan 9.588 dB pada frekuensi tengah 950 MHz, 1850 MHz, 2350 MHz, dan 2650 MHz. Pada beberapa band frekuensi nilai  $S_{21}$  masih dibawah target yang diharapkan ( $>15$ dB).



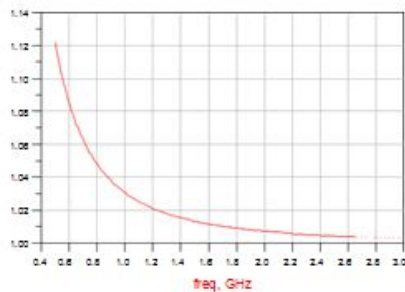
Gambar 2 Hasil Simulasi S-Parameter Multiband PA Class-E dengan driver stage

Sedangkan hasil simulasi pada Gambar 2 dengan penambahan rangkaian driver stage pada multiband PA Class-E, menghasilkan  $S_{21}$  bernilai 21.934 dB,

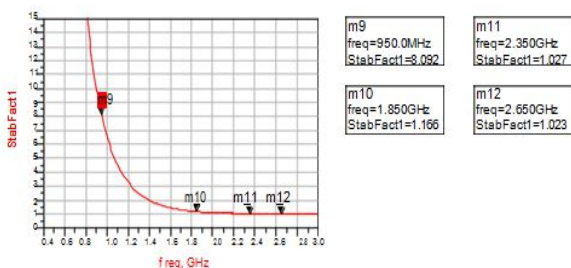
25.581 dB, 21.798 dB, dan 19.977 dB pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz, dan 2600 MHz yang lebih besar dibandingkan dengan multiband PA Class-E konvensional. Untuk nilai S11 bernilai -15.27 dB, -24.40 dB, -19.974 dB, dan -16.548 dB pada frekuensi tengah 950 MHz, 1850 MHz, 2350 MHz, dan 2650 MHz sudah sesuai dengan target yang diharapkan (< -15 dB).

**Analisa Kestabilan**

Untuk dapat mengetahui apakah multiband PA yang telah dirancang telah memenuhi kriteria kestabilan atau tidak, dapat dilihat dari nilai faktor kestabilan K. Nilai dari parameter kestabilan K diharapkan bernilai lebih besar dari satu (1). Jika kondisi tersebut telah terpenuhi maka dapat dikatakan bahwa multiband PA dalam keadaan unconditionally stable. Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa nilai K adalah 8.092, 1.166, 1.027, dan 1.023 pada frekuensi 950 MHz, 1850 MHz, 2350 MHz, dan 2650 MHz, hal ini menandakan bahwa pada frekuensi tersebut dapat memenuhi angka kestabilan yaitu >1.



Gambar 3 Parameter Kestabilan K pada multiband PA Class-E konvensional



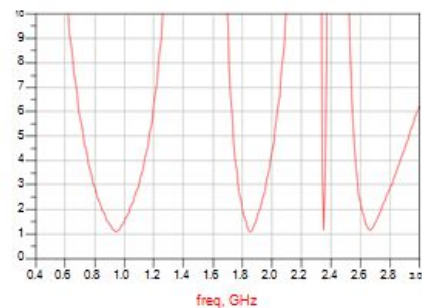
Gambar 4 Parameter Kestabilan K dengan driver stage

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai K 8.092, 1.166, 1.027, dan 1.023 pada frekuensi 950 MHz, 1850 MHz, 2350 MHz, dan 2650

MHz, hal ini menandakan bahwa pada frekuensi tersebut telah memenuhi angka kestabilan yaitu >1.

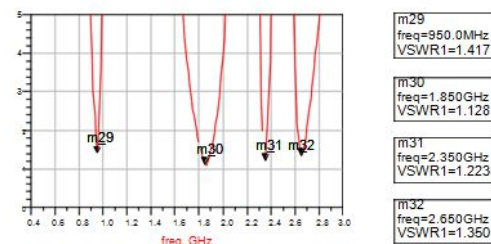
**Analisa Simulasi VSWR**

VSWR pada rangkaian ideal bernilai satu (1). Semakin VSWR mendekati satu rangkaian semakin baik. Dari gambar 4.5 tampak bahwa hasil simulasi rangkaian bernilai mendekati satu pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz dan 2600 MHz. Dalam hal ini, dapat dikatakan hasil simulasi rangkaian ini mempunyai VSWR yang baik karena secara keseluruhan, nilai VSWR mendekati nilai satu.



Gambar 5 Hasil simulasi VSWR pada multiband PA Class-E konvensional

Pada diatas menunjukkan hasil simulasi VSWR pada multiband PA kelas E konvensional dengan nilai 1.087, 1.047, 1.118, 1.194 pada frekuensi 950 MHz, 1850 MHz, 2350 MHz, dan 2650 MHz telah memenuhi nilai ideal (VSWR=1).



Gambar 6 Hasil simulasi VSWR pada multiband PA Class-E dengan driver stage

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi VSWR pada multiband PA kelas E dengan driver stage dengan nilai 1.087, 1.047, 1.118, 1.194 pada frekuensi 950 MHz, 1850 MHz, 2350 MHz, dan 2650 MHz telah memenuhi nilai ideal (VSWR=1).

### Perbandingan Kinerja dari PA Class-E antara referensi dengan hasil perancangan.

Pada Tabel 1 memperlihatkan nilai perbandingan kinerja dari PA Class-E yang dirancang, dengan hasil yang lain.

Tabel 1 Perbandingan kinerja PA Class-E

Parameter	Reference		Propose							
	[2]		Conventional Concurrent Multiband Class-E PA				Concurrent Multiband Class-E PA Dengan Driver Stage			
Type	Wideband									
$f_0$ (GHz)	2	4	0,95	1,85	2,35	2,65	0,95	1,85	2,35	2,65
$S_{21}$ (dB)	11	9	17.720	12.402	10.517	9.588	21.934	25.581	21.798	19.977
$S_{11}$ (dB)	-11	-4	-27.638	-32.818	-25.070	-21.059	-15.270	-24.404	-19.974	-16.584
VSWR			1.087	1.047	1.118	1.194	1.417	1.128	1.223	1.350
Stab Fact			1.034	1.008	1.005	1.004	8.092	1.166	1.027	1.023
PAE (%)	60%	50%	86.81%				52.98%			

Dengan hasil seperti pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai multiband PA Class-E yang diusulkan masih tergolong lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Penurunan nilai Power Added Efficiency hasil simulasi disebabkan oleh karena rangkaian driver stage membutuhkan daya yang cukup besar untuk melakukan penguatan, sehingga akan menurunkan efisiensi dari rangkaian PA.

### D. PENUTUP

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa kinerja PA yang telah disimulasikan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dirancang cocncurent multiband PA Class-E yang bekerja pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz, dan 2600 MHz untuk aplikasi GSM, WIMAX, dan LTE.
2. Hasil simulasi dengan menambahkan rangkaian driver stage pada PA Class-E menghasilkan Insertion loss ( $S_{21}$ ) yang lebih baik dengan konvensional PA kelas-E:
3. Hasil simulasi ( $S_{11}$ ) bernilai -15.27 dB, -24.40 dB, -19.974 dB, dan -16.548 dB pada frekuensi tengah 950 MHz, 1850 MHz, 2350 MHz, dan 2650 MHz, serta ( $S_{21}$ ) bernilai 21.934 dB, 25.581 dB, 21.798 dB, dan 19.977 dB pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz, dan 2600 MHz, VSWR dengan nilai 1.087,

1.047, 1.118, 1.194, serta bandwidth 30 MHz, 110 MHz, 40 MHz, dan 60MHz pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz, dan 2600 MHz.

4. Penambahan rangkaian driver stage multiband PA Class-E, menghasilkan Power Added efficiency maksimum sekitar 52.98% pada frekuensi 950 MHz lebih kecil jika dibandingkan dengan PAE maksimum multiband PA yang konvensional, yaitu sekitar 86.81%.
5. Dari hasil simulasi, ditunjukkan bahwa multiband PA class-E ini telah mencapai kinerja yang diharapkan sesuai spesifikasi yang ditetapkan.
6. Penurunan nilai Power Added Efficiency hasil simulasi disebabkan oleh karena rangkaian driver stage membutuhkan daya yang cukup besar untuk melakukan penguatan, sehingga akan menurunkan efisiensi dari rangkaian PA.

### E. DAFTAR PUSTAKA

- Ji, S. H., Cho, G. S. S., Lee, J. W., & Kim, J. (2006). *836 MHz/1.95 GHz Dual – Band Class-E Power Amplifier Using Composite Right/Left-Handed Transmission Lines*.
- Murad, S. A. ., Pokharel, R. K., Kanaya, H., & Yoshida, K. (2010). A 2.4 GHz 0.18- $\mu$ m CMOS Class-E Single-Ended Power Amplifier without Spiral Inductors. *IEEE*.
- Saad, P., Fager, C., Cao, H., Zirath, H., & Andersson, K. (2010). Design of a Highly Efficient 2–4-GHz Octave Bandwidth GaN-HEMT Power Amplifier. *IEEE*.
- Van der Heijden, M. P., Acar, M., & Vromans, J. S. (2009). A Compact 12-watt High-Efficiency 2.1-2.7 GHz Class-E GaN HEMT Power Amplifier for Base Stations. *IEEE*.