

MODUL 4 DESAIN PENGUAT

Kevin Naoko (13218046)

Asisten: Moh. Tamamul Firdaus /13217062

Tanggal Percobaan: 11/03/2020

EL2205-Praktikum Elektronika

Laboratorium Dasar Teknik Elektro - Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB



Abstrak

Abstrak Pada modul ini akan dilakukan perancangan desain rangkaian penguat menggunakan transistor 2N2222 dengan spesifikasi $R_{IN} = 1k\Omega$, $R_{OUT} = 300\Omega$, serta gain tanpa load = $30dB = 31.6 V/V$. Pertama, dilakukan terlebih dahulu pemilihan konfigurasi penguat yang diinginkan. Kelompok ini memilih konfigurasi common emitter dengan kapasitor bypass yang diserikan dengan common emitter tanpa kapasitor bypass. Setelah dilakukan perhitungan, dilakukan simulasi di LTSpice untuk mengkonfirmasi hasil perhitungan, merangkai di breadboard, lalu merealisasikan desain di PCB. Setelah menguji rangkaian kami, didapatkan bahwa nilai R_{IN} sesuai, R_{OUT} melenceng menjadi 350Ω , dan gain sesuai.

Kata kunci: Desain, 2N2222, CE-CE, Gain, R_{IN} , R_{OUT} .

1. PENDAHULUAN

Modul ini bertujuan agar praktikan dapat merancang sebuah penguat berdasarkan pengetahuan komprehensif yang telah didapatkan pada percobaan sebelumnya. Untuk memenuhi tujuan ini, akan dilakukan prosedur percobaan sebagai berikut.

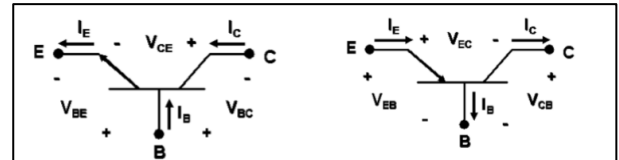
Pertama, dilakukan terlebih dahulu pemilihan konfigurasi penguat yang diinginkan. Kelompok ini memilih konfigurasi common emitter dengan kapasitor bypass yang diserikan dengan common emitter tanpa kapasitor bypass. Setelah dilakukan perhitungan, dilakukan simulasi di LTSpice untuk mengkonfirmasi hasil perhitungan, akan dilanjutkan dengan pembelian komponen yang diperlukan di Anam Electronics, dan membuat rangkaian purwarupa di breadboard. Setelah dikonfirmasi di breadboard, praktikan perlu mendesain PCB dengan software Eagle, lalu mencetak PCB tersebut dan merangkai rangkaian akhir di PCB dengan komponen yang telah dibeli. Dan terakhir, akan dilakukan pengujian untuk terakhir kalinya terhadap nilai R_{IN} , R_{OUT} , dan gain dari rangkaian.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 TRANSISTOR BJT

BJT ialah semikonduktor yang menggunakan elektron dan *hole charge carriers*. Pada umumnya,

BJT digunakan sebagai amplifier [1]. Terdapat dua jenis BJT, yaitu jenis NPN dan PNP. Notasi dari kedua jenis BJT tersebut dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 2-1 (kiri). BJT tipe NPN [1]

Gambar 2-2 (kanan). BJT tipe PNP [1]

BJT memiliki 3 kaki yang dilabel sebagai B, E, dan C. Ketiga kaki tersebut memiliki arus yang saling berhubungan secara matematis. Hubungan tersebut dapat dilihat dibawah ini [2]

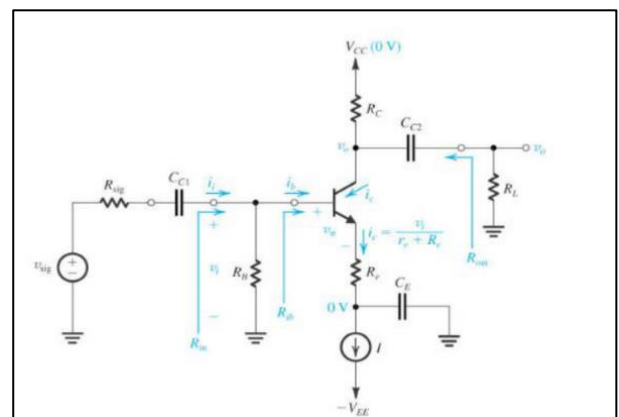
$$\beta = \frac{I_C}{I_B}; \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}; \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

Pada modul ini, akan digunakan BJT bertipe NPN dalam rangkaian penguat.

2.2 PENGUAT COMMON EMITTER

Konfigurasi ini memiliki resistansi input yang sedang, transkonduktansi yang tinggi, resistansi output yang tinggi dan memiliki penguatan arus dan tegangan yang tinggi. Konfigurasi ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2-3. Rangkaian CE dengan RE [1]

Analisis DC

Dari KVL dan KCL, dapat diturunkan beberapa rumus umum sebagai berikut

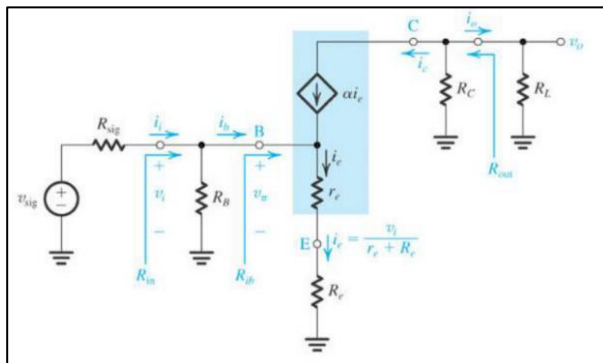
$$V_E = R_E \cdot I_E \approx R_E \cdot I_C$$

$$V_B = V_E + V_{BE}$$

$$\frac{V_{RB1}}{V_{RB2}} = \frac{R_{B1}}{R_{B2}}$$

Analisis AC

Untuk melakukan analisis AC, rangkaian dapat diubah menjadi rangkaian model T seperti gambar dibawah, untuk mencari besaran seperti R_{in} , R_{out} , A_{VO} , dsb



Gambar 2-4. Model π dari gambar 2-2 [2]

Dari gambar 2-3, dapat dicari beberapa besaran dibawah ini [2]

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{\alpha V_T}{I_C}$$

$$R_{B2} \leq \frac{\beta \cdot R_E}{r_e}$$

$$A_{VO} = \frac{R_C}{R_E + r_e}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_E + r_e}$$

$$R_{IN} = R_{B1} || R_{B2} || r_e$$

$$R_o = R_C$$

3. METODOLOGI

3.1 KOMPONEN DAN ALAT

1. Sumber Tegangan DC
2. Generator Sinyal
3. PCB
4. Resistor 100 Ω (4 buah)
5. Resistor 150 Ω (4 buah)
6. Resistor 1k Ω (1 buah)
7. Resistor 1.2k Ω (1 buah)

8. Resistor 1.5 Ω (1 buah)
9. Resistor 3k Ω (1 buah)
10. Resistor 3.3k Ω (1 buah)
11. Resistor 12k Ω (1 buah)
12. Kapasitor 10 μ F (1 buah)
13. Transistor 2N2222 (1 buah)
14. Kabel Jumper (4 buah)

3.2

LANGKAH KERJA

3.2.1 DESAIN AWAL

Menentukan konfigurasi penguatan dengan spesifikasi $R_{IN} = 1k\Omega$, $R_{OUT} = 300\Omega$, dan $A_{VO} = 31.6$ v/v

Memilih rangkaian CE cascade sebagai penguat yang digunakan, dengan $A_{VO} = 6.32$ V/V dan 5 V/V untuk Cascade 1 dan 2

Mencari nilai R_{B1} , R_{B2} , R_C , dan R_E untuk Cascade 1 dan 2

3.2.2 SIMULASI DAN PENGUJIAN

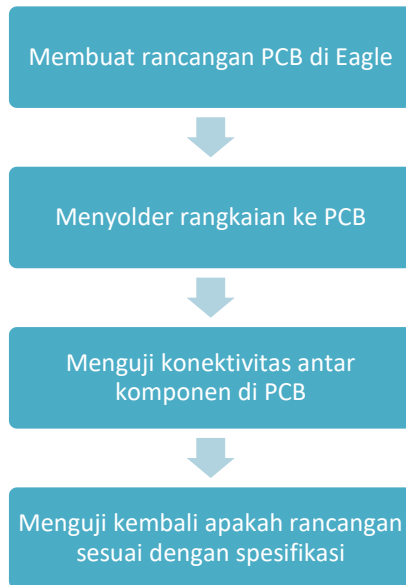
Menggunakan nilai yang telah didapatkan pada perhitungan sebelumnya pada simulasi dengan LTSPICE

Mengubah nilai tersebut menjadi nilai yang terdapat pada seri E24 serta menyesuaikan nilai tersebut agar sesuai spesifikasi

Membeli komponen yang telah disesuaikan lalu merangkai di breadboard

Menguji kembali apakah rancangan sesuai dengan spesifikasi

3.2.3 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI



4. DESAIN

4.1 PERHITUNGAN AWAL

Diambil beberapa besaran awal dari hasil percobaan modul 2. Besaran tersebut tertera pada tabel dibawah ini.

Tabel 4-1. Nilai dari beberapa Besaran Dalam Proses Desain

Variabel	Cascade 1	Cascade 2
V_{CC}	10V	
I_C (active)	2.2mA	2.5mA
I_C (sat)	5mA	
V_{CE} (sat)	14mV	
β	245	285
R_{IN}	1k Ω	~
R_{OUT}	~	300 Ω
A_{VO}	6.32 V/V	5 V/V
A_{VO} Total	30dB = 31.6 V/V	

Lalu, akan digunakan rumusan dari subbab 2.2 untuk mendesain amplifier sesuai spesifikasi yang diminta.

Cascade Kedua

Mencari r_e

$$r_e = \frac{\alpha V_T}{I_C} = \frac{25m}{2.5m} \cdot \frac{\beta}{\beta + 1} = 9.96 \approx 10\Omega$$

Menggunakan A_{VO} spesifikasi untuk mencari R_E

$$A_{VO} = \frac{R_C}{R_E + r_e}$$

$$5 = \frac{300}{R_E + 10}$$

$$R_E = 50\Omega$$

Menggunakan R_E yang telah didapat untuk mencari rentang nilai R_{B2}

$$R_{B2} \leq \frac{\beta \cdot R_E}{r_e}$$

$$R_{B2} \leq \frac{285 \cdot 50}{10}$$

$$R_{B2} \leq 1425\Omega$$

Menyesuaikan dengan resistor yang terdapat di pasaran, nilai R_{B2} menjadi

$$R_{B2} = 1.3k\Omega$$

Menggunakan KVL untuk mencari V_E , V_{RB2} , dan V_{RB1}

$$V_E \approx R_E \cdot I_C$$

$$V_E = 50 \cdot 2.5m = 0.125V$$

$$V_B = V_{RB2} = 0.125 + 0.7 = 0.825V$$

$$V_{RB1} = V_{CC} - V_{RB2} = 10 - 0.825 = 9.125V$$

Menggunakan perbandingan tegangan untuk mencari nilai R_{B1} dan R_{B2} yang sesuai

$$\frac{V_{RB1}}{V_{RB2}} = \frac{R_{B1}}{R_{B2}}$$

$$\frac{9.125}{0.825} = \frac{R_{B1}}{1.3k}$$

$$R_{B1} = 14378\Omega$$

Menyesuaikan dengan resistor yang terdapat di pasaran, nilai R_{B1} menjadi

$$R_{B1} = 13k\Omega$$

Cascade Pertama

Mencari r_e

$$r_e = \frac{V_T}{I_C} = \frac{25m}{2.2m} \cdot \frac{\beta}{\beta + 1} = 11.36\Omega$$

Menggunakan A_{VO} spesifikasi untuk mencari R_C

$$A_{VO} = \frac{V_B}{V_C} = \frac{R_C}{r_e}$$

$$6.64 = \frac{R_C}{11.36}$$

$$R_C = 75.430 \approx 75\Omega$$

Menggunakan nilai saturasi dari karakteristik BJT untuk mencari R_E

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_E + r_e} = \frac{10 - 0.014}{R_E + 11.36}$$

$$R_E = 1985.84 \approx 2k\Omega$$

Menggunakan R_E yang telah didapat untuk mencari rentang nilai R_{B2}

$$R_{B2} \leq \frac{\beta \cdot R_E}{r_e}$$

$$R_{B2} \leq \frac{245 \cdot 2k}{11.36}$$

$$R_{B2} \leq 43133$$

Nilai ini tidak mungkin digunakan langsung, karena spesifikasi meminta $R_{IN} = 1000\Omega$, maka perlu dicari R_B sehingga memenuhi spesifikasi R_{IN} yang diberikan, asal tidak melewati batas maksimum R_{B2}

$$R_{IN} = R_{B1} || R_{B2} || r_e$$

$$1k = R_B || 11.36$$

$$R_B = 1557\Omega = 1.6k\Omega$$

Menggunakan KVL untuk mencari V_E dan perbandingan V_{RB2} dengan V_{RB1} , lalu mencari nilai R_{B1} dan R_{B2} yang ada di pasar

$$V_E \approx R_E \cdot I_C$$

$$V_E = 2k \cdot 2.2m = 4.4V$$

$$V_B = V_{RB2} = 4.4 + 0.7 = 5.1V$$

$$V_{RB1} = V_{CC} - V_{RB2} = 10 - 5.1 = 4.9V$$

$$\frac{V_{RB1}}{V_{RB2}} = \frac{R_{B1}}{R_{B2}}$$

$$\frac{4.9}{5.1} = \frac{R_{B1}}{R_{B2}}$$

$$R_{B2} = 1.0408 R_{B1}$$

Pilih $R_{B1} = 3.1k$, menyesuaikan dengan resistor yang terdapat di pasaran, nilai R_{B2} menjadi

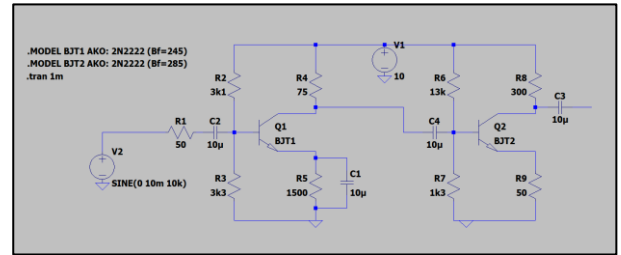
$$R_{B2} = 3k226 \approx 3k3\Omega$$

$$\text{dengan } R_{B1} = 3k1$$

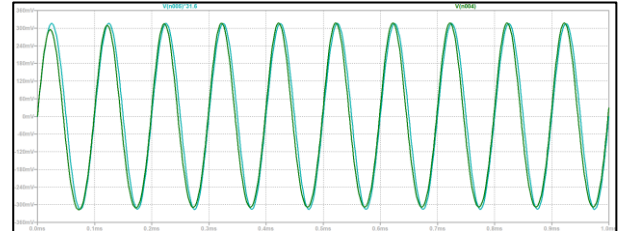
Tabel 4-2. Rekap Nilai Resistor yang Digunakan

	Cascade 1	Cascade 2
RB1	3.1k	13k
RB2	3.3k	1.3k
RE	2k	50
RC	75	300

4.2 SIMULASI

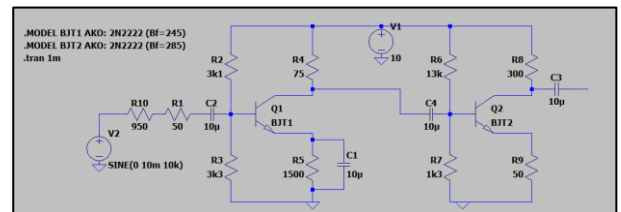


Gambar 4-1. Rangkaian Simulasi pada LTSpice

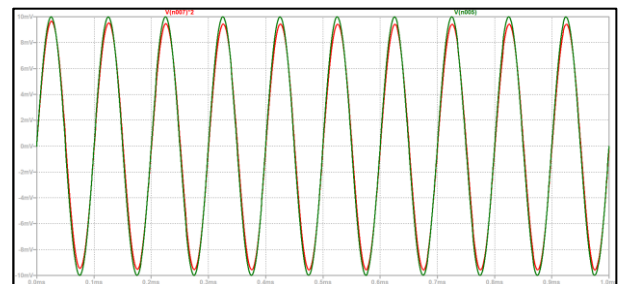


Gambar 4-2. Hasil simulasi waveform pada LTSpice

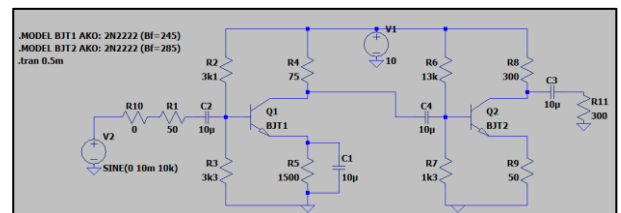
Dapat dilihat pada gambar 4-2 bahwa V_{IN} dengan $R_{VAR} 1000\Omega = \frac{1}{2} V_{IN}$ tanpa R_{VAR} . Hal ini menunjukkan bahwa pada simulasi LTSpice, R_{IN} rangkaian ialah $1k\Omega$. Namun terdapat perbedaan sedikit pada grafik, yang disebabkan karena *rounding* nilai resistor agar sesuai dengan E24



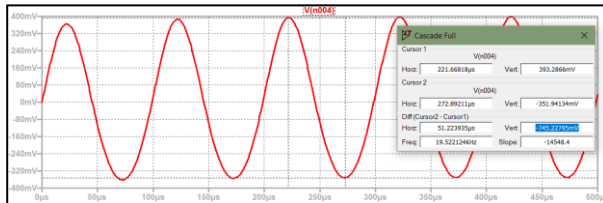
Gambar 4-3. Rangkaian yang digunakan untuk menguji R_{IN}



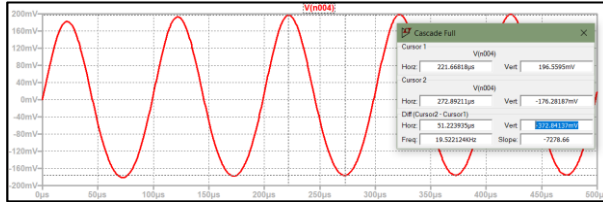
Gambar 4-4. Hasil pengujian R_{IN} pada LTSpice (Merah = V_{in} awal; Hijau = V_{in} dengan R_{sig})



Gambar 4-3. Rangkaian yang digunakan untuk menguji R_{OUT}



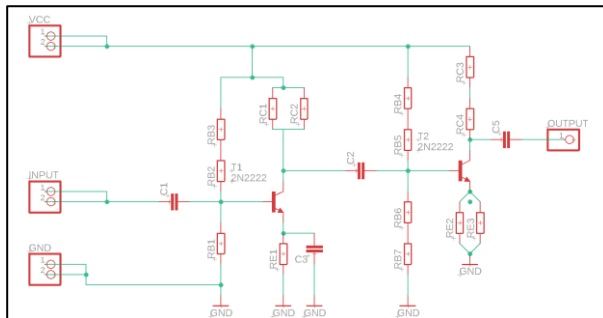
Gambar 4-6 V_{OUT} Tanpa Load



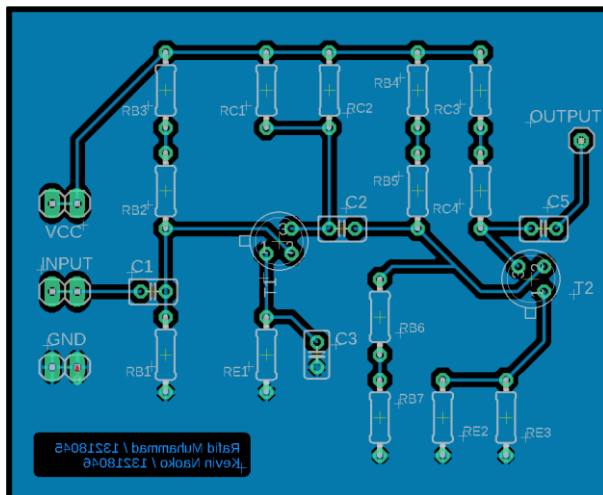
Gambar 4-7. V_{OUT} dengan Load= 300Ω

Dapat dilihat pada gambar 4-6 dan 4-7 bahwa V_{OUT} dengan load 300Ω = $\frac{1}{2}$ V_{OUT} tanpa load. Hal ini menunjukkan bahwa pada simulasi LTSpice, R_{OUT} rangkaian ialah 300Ω.

4.3 PERANCANGAN PCB



Gambar 4-8. Skematik PCB pada Eagle



Gambar 4-9. Desain PCB pada Eagle

4.4 DAFTAR KEBUTUHAN KOMPONEN

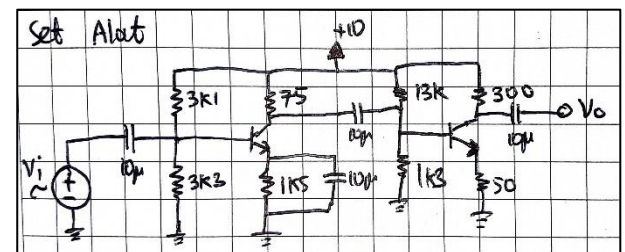
Tabel 4-1. Detail Komponen yang Digunakan

Jenis	Besar/ Tipe	Jumlah
Resistor	100Ω	4
	150Ω	4
	1kΩ	1
	1.2kΩ	1
	1.5kΩ	1
	3kΩ	1
	3.3kΩ	1
	12kΩ	1
Kapasitor	10uF	4
Transistor	2N2222	2
PCB		1
Total		20
Biaya Total		Rp. 46000

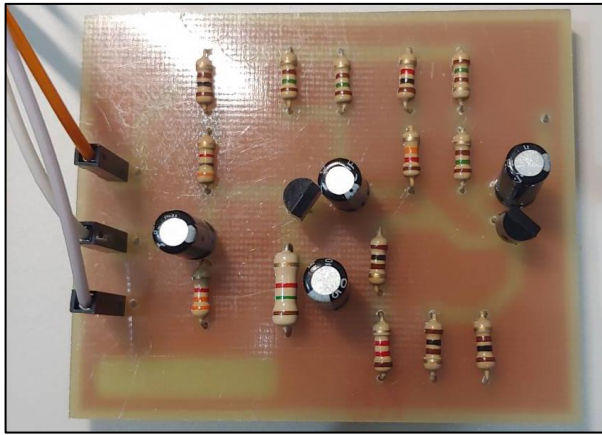
5. HASIL DAN ANALISIS

5.1 SETUP PENGUJIAN

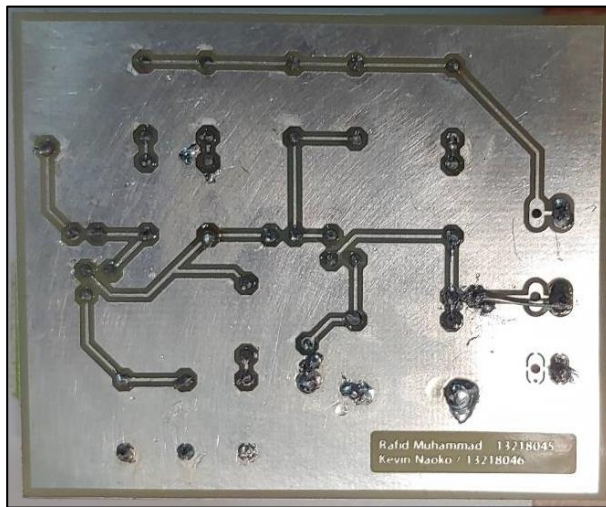
Dilakukan pengujian dengan *breadboard* terlebih dahulu untuk memverifikasi desain yang telah dibuat. Sayangnya praktikan tidak melakukan dokumentasi *breadboard*, namun akan dilampirkan setting komponen untuk dirancang ke *breadboard* tersebut. Dibawah ini akan ditunjukkan gambar tersebut serta gambar PCB yang telah selesai dirancang.



Gambar 5-1. Set alat pada Breadboard

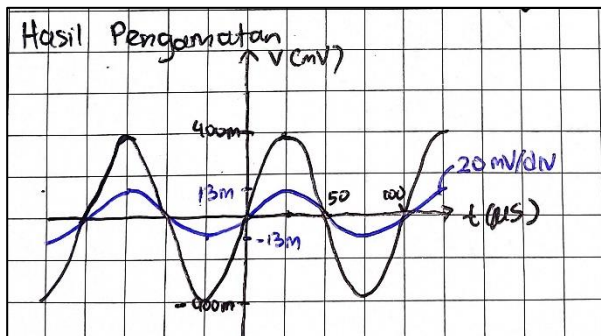


Gambar 5-2. Rangkaian yang Telah Direalisasikan di PCB



Gambar 5-3. Bagian Belakang PCB

5.2 PENGUJIAN GAIN PENGUAT



Gambar 5-4. Pengamatan Dengan Osiloskop

Dengan:

V_{OPP} eksak = 820 mVpp, dan

V_{IN} eksak = 26 mVpp

Gain yang didapat = 31.54 V/V

5.3 PENGUJIAN RESISTANSI INPUT

Dengan menghubungkan R_{VAR} diantara generator sinyal dan kapasitor C1 seperti percobaan pada modul 3, lalu mengubah nilai R_{VAR} sehingga V_{IN}

menjadi $\frac{1}{2} V_{IN}$ awal, dapat dicari resistansi input dari suatu rangkaian amplifier

Hasil pengujian menunjukkan bahwa R_{IN} terukur sebesar 1000 Ω .

5.4 PENGUJIAN RESISTANSI OUTPUT

Dengan menghubungkan R_{VAR} ke ujung kapasitor C4 seperti percobaan pada modul 3, lalu mengubah nilai R_{VAR} sehingga $V_O = \frac{1}{2} V_O$ awal, dapat dicari resistansi output dari suatu rangkaian amplifier.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa R_{IN} terukur sebesar 350 Ω .

5.5 ANALISIS

Gain input total yang didapatkan dari hasil percobaan ini ialah 31.54 V/V. Hasil yang didapatkan sangat memuaskan, karena hanya berbeda sedikit dengan gain yang diminta dari spesifikasi (31.6 V/V), dan dapat dikatakan memiliki gain yang sama seperti spesifikasi.

Hasil pengujian R_{IN} juga membuahkan hasil yang memuaskan. Pengujian dengan R_{VAR} menunjukkan bahwa resistansi input yang dimiliki oleh rangkaian ini sesuai dengan spesifikasi, yakni tepat 1k Ω

Namun terdapat sedikit deviasi pada nilai resistansi output rangkaian ini. R_{OUT} yang terukur pada proses pengujian ialah 350 Ω , 50 Ω lebih besar dari spesifikasi. Perubahan nilai ini diduga karena terdapat nilai nilai resistor yang diubah menjadi nilai yang terdapat di E24 untuk memudahkan pembelian resistor.

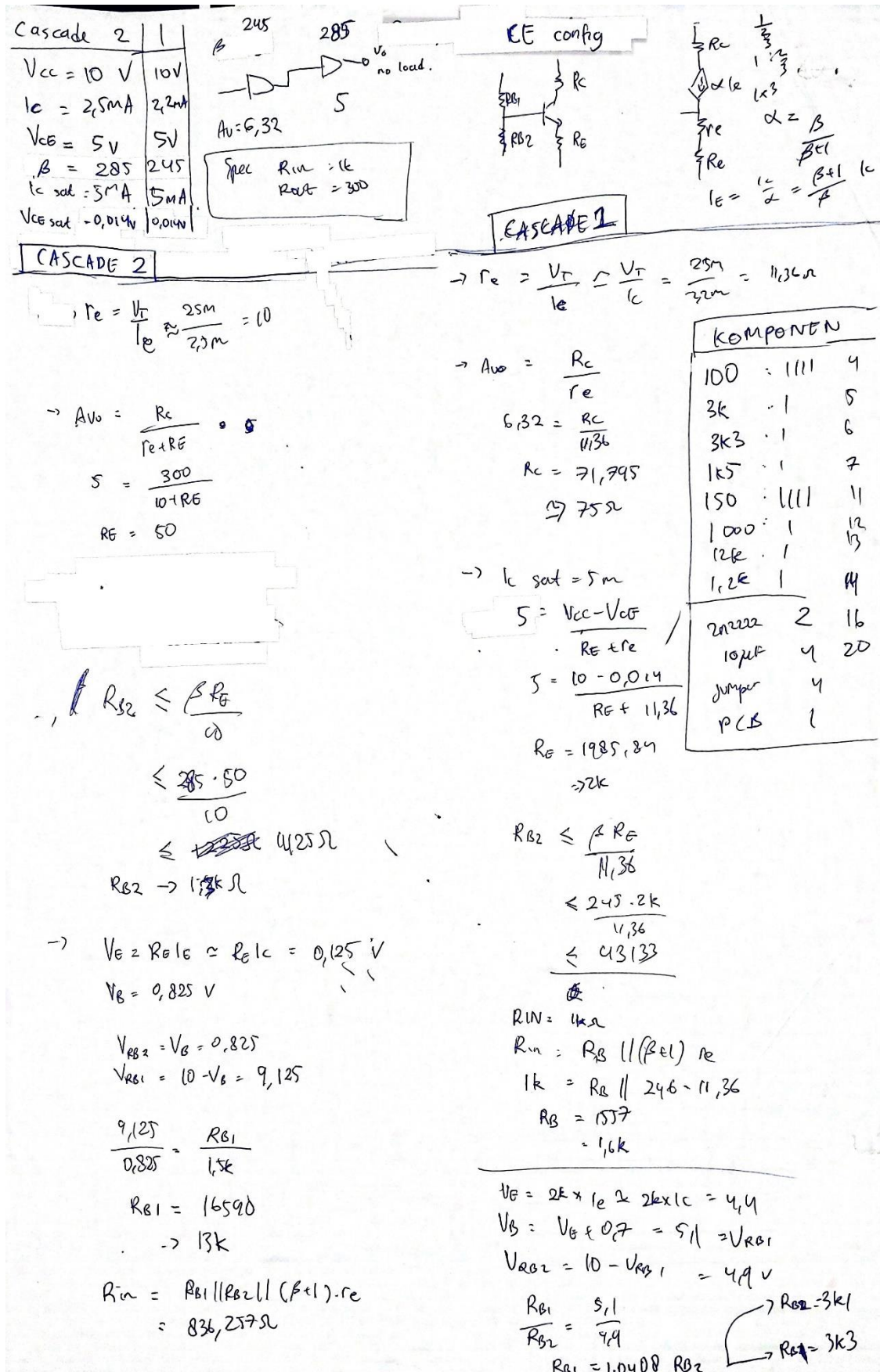
6. KESIMPULAN

1. Praktikan menggunakan desain konfigurasi *common emitter* dengan R_E yang dibypass oleh kapasitor yang diserikan dengan konfigurasi *common emitter* dengan R_E dengan besaran resistor yang digunakan dapat dilihat di bagian akhir subbab 4.1.
2. Hasil simulasi di LTSpice menunjukkan bahwa nilai resistansi yang digunakan sudah cocok dengan spesifikasi yang diminta. Namun terdapat sedikit deviasi pada nilai R_{OUT} pada percobaan riil nya sebesar 50 Ω menjadi 350 Ω . Nilai R_{IN} dan A_{VO} nya sudah sesuai spesifikasi, yaitu 1k Ω dan 30dB. Hal ini disebabkan karena penggunaan resistor yang berbeda dari hasil perhitungan dan juga kondisi rangkaian saat pengujian yang tidak ideal.
3. Praktikan memahami cara membuat desain amplifier yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mervin T Hutabarat, Petunjuk Praktikum Elektronika EL2205, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2020
- [2] Adel S. Sedra dan Kennet C. Smith, *Microelectronic Circuits*, Oxford University Press, USA, 1997.

LAMPIRAN



Lampiran A. Perhitungan Setelah Revisi (Versi yang lebih rapi dapat dilihat di subbab 4-1.)

Untuk hasil simulasi serta PCB, dapat dilihat di subbab 4.2 - 4.4