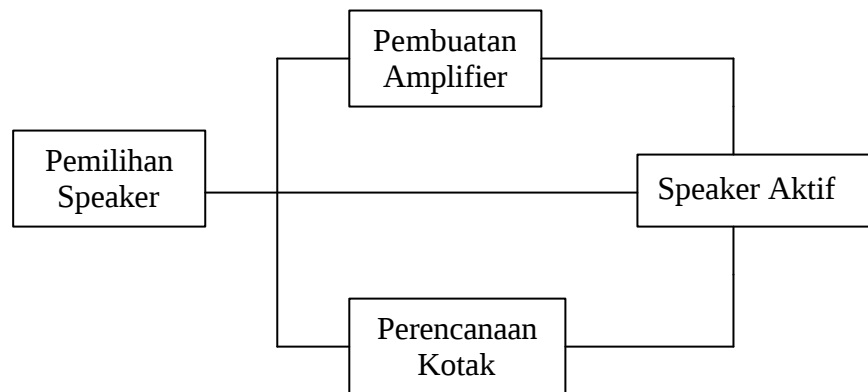


3. PERHITUNGAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang langkah -langkah pembuatan speaker aktif. Dibawah ini merupakan blok diagram tentang langkah yang ditempuh dalam pembuatan speaker aktif.



Gambar 3.1. Bagan Perencanaan Pembuatan Speaker Aktive

Dilihat dari blok diagram diatas menjelaskan bahwa langkah pertama yang ditempuh adalah pemilihan speaker. Pemilihan speaker ini dilakukan terlebih dahulu agar dapat memperhitungkan besar kekuatan amplifier yang digunakan dan volume kotak yang dibutuhkan. Pembuatan amplifier dan perencanaan kotak berdasarkan speaker yang digunakan. Bila langkah – langkah itu telah ditempuh dan digabungkan menjadi satu maka jadilah satu perangkat speaker aktif.

3.1. Pemilihan Speaker

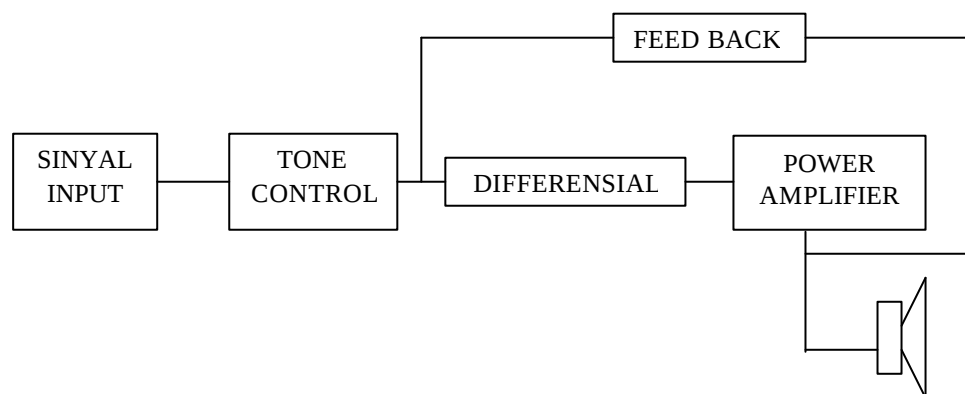
Langkah pertama dalam pembuatan speaker aktif yaitu dengan pemilihan speaker. Speaker yang digunakan menggunakan type bass/midrange dan tweeter. Speaker bass/midrange yang digunakan akan membawa pengaruh besar terhadap ukuran kotak. Sedangkan speaker tweeter menyesuaikan dengan ukuran kotak dari speaker bass/midrange.

Berikut ini merupakan parameter dari speaker bass/midrange yang digunakan

Merk	Proton
Speaker type:	Bass/Midrange
Sd:	140.00 cm ²
Vas:	21.70 l
Fs:	37.0 Hz
Re:	3.92 ohm
Qms:	2.24
Qes:	0.31
Qts:	0.27
Pmax:	100.0 W
Xmax:	9.70 mm

3.2. Amplifier

Berikut ini merupakan gambar dari bagian komponen didalam amplifier



Gambar 3.2. Pengolahan Sinyal

Dari gambar di atas dijelaskan bahwa pengolahan sinyal *input* diolah melalui *tone control* untuk mengatur *bandwidth* frekuensi yang masuk ke dalam rangkaian. Sinyal dari tone control diteruskan ke bagian amplifier yang terdiri dari rangkaian *differensial*, *power amplifier*, dan *feed back*. Frekuensi sinyal output akan ditangkap oleh speaker yang nantinya akan didengar oleh telinga.

3.2.1. Rancangan Daya Amplifier

Dalam merancang amplifier terlebih dahulu dihitung daya yang akan digunakan. Dalam pembuatan amplifier kali ini daya ditentukan sebesar 50 watt. Maka dibutuhkan daya sebagai berikut

$$P_o = \frac{V_{cc}^2}{2R_L}$$

direncanakan daya output sebesar 50 watt, maka:

$$\begin{aligned} V_{pp} &= \sqrt{P_o \cdot 8 \cdot R_L} \\ &= \sqrt{50 \cdot 8 \cdot 8} = 56,57 \text{ volt} \end{aligned}$$

tegangan *peak to peak* yang dihasilkan sebesar 56.57 volt

$$\begin{aligned} V_p &= 56,57 / 2 \\ &= 28,28 \text{ volt} \end{aligned}$$

arus yang dibutuhkan sebesar:

$$I_{c(max)} = V_{cc} / R_L = 28,28 / 8 = 3,5 \text{ ampere}$$

$$\begin{aligned} P_{cc} &= \frac{2}{\pi} \times \frac{V_{cc}^2}{R_L} \\ &= \frac{2}{\pi} \times \frac{(28,28)^2}{8} \\ &= 63,68 \text{ watt} \end{aligned}$$

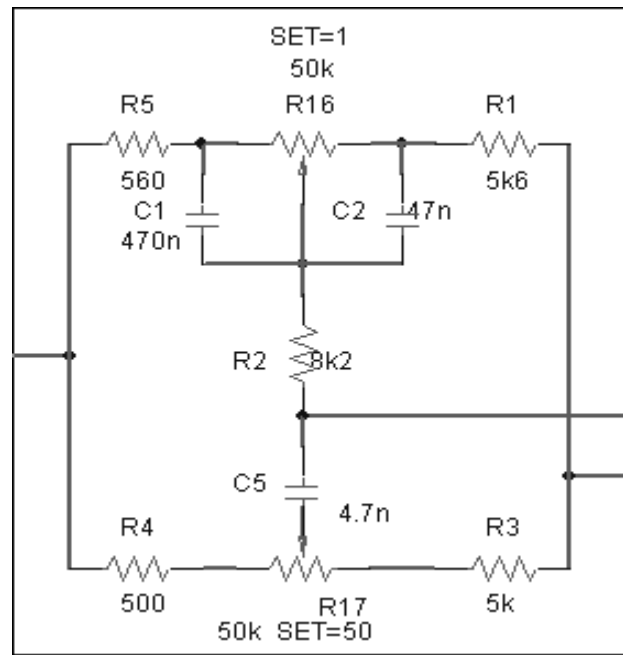
$$\begin{aligned} \% \text{ efisiensi} &= \left(100 \times \frac{P_{L(max)}}{P_{cc \text{ total (max)}}} \right) \\ \% \text{ efisiensi} &= \left(100 \times \frac{50}{63,68} \right) \end{aligned}$$

$$= 78,5 \%$$

Tegangan yang digunakan sebesar 28.28 ~ 32V dan besar arus 3.5 A ~ 5 A yang memiliki efisiensi 78.5%

3.2.2. Tone Control

Rangkaian tone control dirancang agar dapat mengatur frekuensi nada bass dan treble sesuai yang diinginkan. Gambar dibawah ini merupakan rangkaian dari tone control.



Gambar 3.3. Rangkaian Tone Control

Gambar rangkaian diatas akan digunakan dalam pembuatan speaker aktif. Pengaturan kuat lemah frekuensi pada bass dan treble ditentukan oleh R16 dan R17. Berikut ini merupakan perhitungan dari tone control

3.2.2.1. Pengatur Bass

Bila pengaturan frekuensi 30 Hz hingga 500 Hz. Ditentukan tahanan R16= 50 kO. Pada tahanan R1 maka bass akan dimaksimumkan, maka besar R1

$$R1 = \frac{R16}{10}$$

$$R1 = \frac{50k}{10}$$

$$R1 = 5k \sim 5k6$$

Dan besar R5

$$R5 = \frac{R1}{10}$$

$$R5 = \frac{5k6}{10}$$

$$R5 = 560\Omega$$

an nilai C2

$$C2 = \frac{1}{2\pi \times f_c \times R1}$$

$$C2 = \frac{1}{2\pi \times 500\text{Hz} \times 5k6}$$

$$C2 = 56,9 \text{ n} \sim 47 \text{ n}$$

Nilai C1

$$C1 = 10 C2 = 470 \text{ n}$$

3.2.2.2. Pengatur Treble

Bila pengaturan frekuensi 1000 Hz hingga 10000 Hz. Ditentukan tahanan R17 = 50 k Ω . Pada tahanan R3 maka treble akan dimaksimumkan, maka besar R3

$$R3 = \frac{50k}{10}$$

$$R3 = 5k$$

Dan nilai R4:

$$R4 = \frac{5k}{10}$$

$$R4 = 500\Omega$$

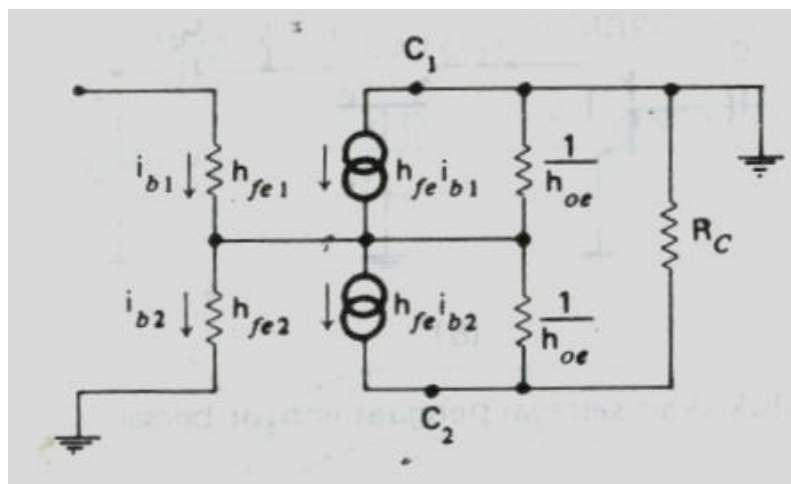
Pada rangkaian hanya dipakai satu nilai C. pengaturan frekuensi berdasarkan perubahan nilai R. Nilai C5

$$C5 = \frac{1}{2\pi \times 10000\text{Hz} \times 5k}$$

$$C5 = 3,18 \text{ n} \sim 3,3 \text{ n} \sim 4,7 \text{ n}$$

3.2.3 Rangkaian Differensial Amplifier

Pada rangkaian differensial amplifier dapat diketahui impedansi input rangkaian. Rangkaian differensial menghitung penguatan sinyal yang terjadi pada amplifier. Berikut ini gambar rangkaian equivalent dari differensial amplifier keluaran tunggal.



Gambar 3.4. Rangkaian Equivalen Differensial Amplifier

Diketahui nilai komponen dari rangkaian:

$$R_C = R_{10} = 2k\Omega$$

$$R_E = R_{16} = 15k$$

$$h_{ie} = 1k$$

$$h_{re} \sim 0$$

$$h_{oe} = 10\mu\Omega$$

$$h_{fe} = 100$$

dari nilai diatas dapat diperoleh

$$R_i = 2 h_{ie} = 2k\Omega$$

$$R_o = R_c // 2/h_{oe} \sim R_c = 2k\Omega$$

$$K_i = h_{fe} = 100$$

$$K_v = V_o / V_i = K_i (R_o / R_i)$$

$$= 100 (2k\Omega / 2k\Omega)$$

$$= 110$$

penguatan yang terjadi sebesar $K_v = A_d = 110$ kali

$$CMRR = (h_{fe} R_e) / h_{ie}$$

$$= (100) (15k\Omega) / 1k\Omega$$

$$= 1500$$

$$CMRR = A_d / A_{CM}$$

$$A_{CM} = A_d / CMRR$$

$$= 110 / 1500$$

$$= 0.073$$

penguatan differensial yang terjadi sebesar

$$(dB) = 20 \log A_d$$

$$= 20 \log 110$$

$$= 40,8 \text{ dB}$$

jadi penekanan nilai sinyal feed back sebesar 0,073

Penguatan pada differensial amplifier berpengaruh pada besar R_{11} dan R_{12}

$$A = \frac{V_o}{V_{in}} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

$$A = \frac{V_o}{V_{in}} = 1 + \frac{R_{11}}{R_{12}}$$

$$= 1 + \frac{R_{11}}{R_{12}}$$

diketahui $R_{11} = 39k$ dan $A_d = A = 110$ maka

$$\begin{aligned} R_{12} &= R_{11} / (A + 1) \\ &= 39k / (110 + 1) \\ &= 3510 \sim 3900 \end{aligned}$$

jadi $R_{12} = 3900$

Pada rangkaian diatas menggunakan filter high pass yang ditunjukan pada $R_{18}=10k$ dengan frekuensi yang akan difilter pada frekuensi 30 Hz maka nilai C yang digunakan

$$\begin{aligned} C_3 &= 1 / (2\pi \times f_{\text{cutoff}} \times R_{18}) \\ C_3 &= 1 / (2\pi \times 30 \times 10K) \\ C_3 &= 507n \sim 470n \end{aligned}$$

Untuk mencegah tegangan DC masuk ke rangkaian penguat maka diberi kapasitor kopling C_1 . Bila frekuensi rendah $f_{cL} = 7 \text{ Hz}$ maka :

$$\begin{aligned} f_{cL} &= \frac{1}{2\pi \times R_{12} \times C_i} \\ C_i &= \frac{1}{2\pi \times R_{12} \times f_{cL}} \\ C_i &= \frac{1}{2\pi \times 3900 \times 7\text{Hz}} \\ C_i &= C_3 \sim 58 \mu\text{F} \sim 47 \mu \end{aligned}$$

Jadi besar $C_3 = 47\mu$

Untuk menghitung impedansi input menggunakan rumus dibawah ini

$$Z_{in} = R_i / (1 + \beta A_o)$$

Dimana besar

$$1 + (\beta A_o) = V_o / V_{in}$$

Nilai $R_i = R_{19} = 100k$, $V_o = 20 \text{ V}$, $V_{in} = 1$

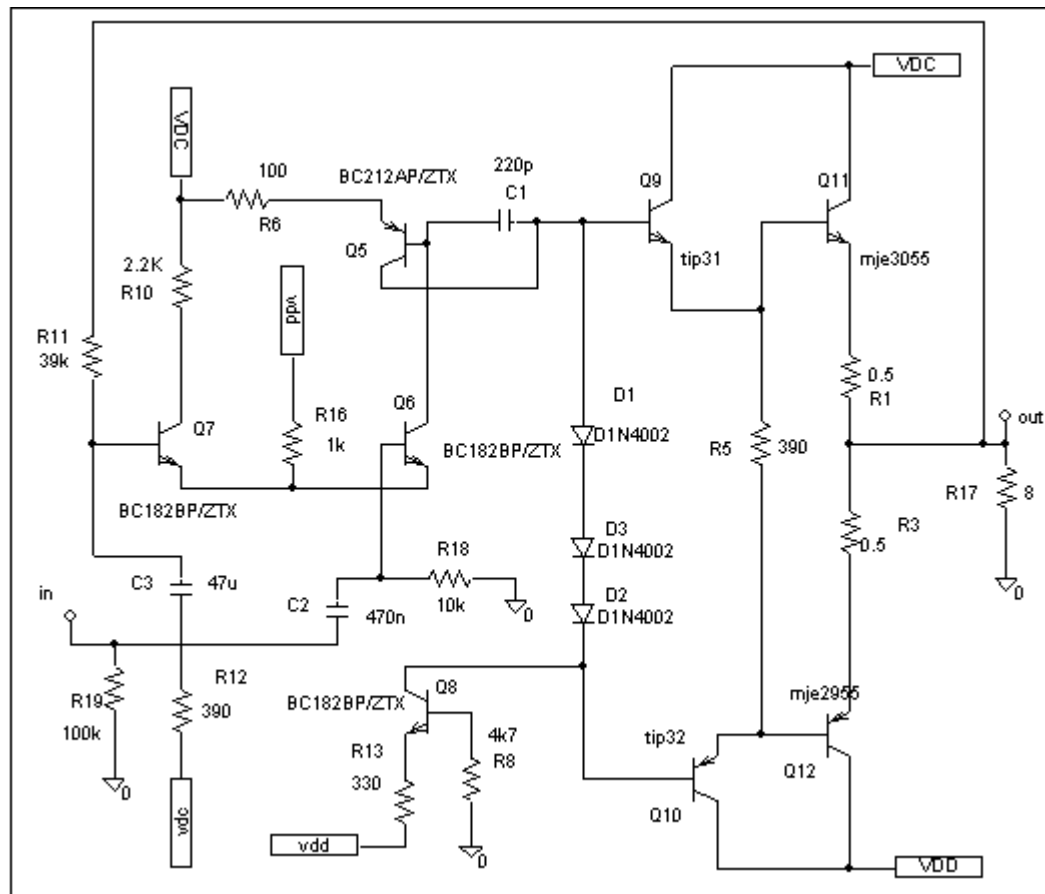
$$\begin{aligned} Z_{in} &= 100k / (20V / 1V) \\ Z_{in} &= 5k \end{aligned}$$

Jadi besar impedansi input rangkaian sebesar 5k

3.2.4. Power Amplifier

Setelah kita mengetahui besar daya yang ditentukan maka dirancang rangkaian power amplifier agar dapat menghasilkan daya output yang dirancang. Disini akan ditentukan transistor power yang akan dipakai mje 2955 dan mje 3055 atau 2sc2922 dan 2sa1216 karena ketahanan dari transistor tersebut cukup untuk daya 50 watt.

Transistor power ini akan menghasilkan daya amplifier yang dibuat. Dimana penguatan arus yang terjadi pada transistor power sangat besar, jadi dibutuhkan transistor power yang mempunyai ketahanan yang sesuai. Dan pasangan untuk rangkaian darlington menggunakan tip31 dan tip 32. Berikut ini gambar dari rangkaian power amplifier.



Gambar 3.5²³. Rangkaian Power Amplifier Daya 50 Watt

²³ Majalah Audio Video yang dimodifikasi

Gambar diatas diambil dari majalah elektronika yang dimodifikasi. Pada gambar diatas Q9,Q11 dan Q10,Q12 merupakan rangkaian darlington. Kedua pasang transistor power akan menghasilkan arus yang besar.

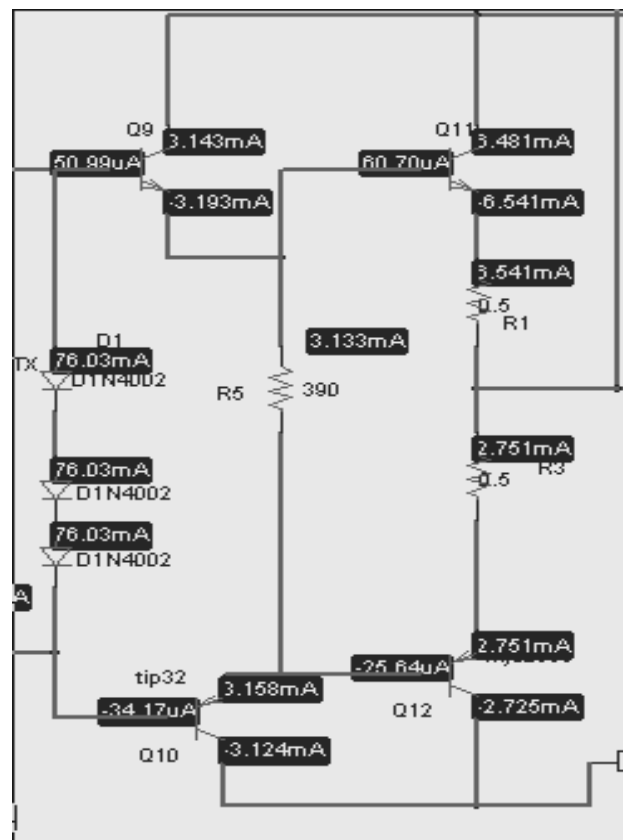
$I_{c \text{ max}}$ pada Tip 31 = 3A (data sheet) bila tegangan pada R1 = 1 V maka

$$R1 = 1 / 3 = 0.333$$

R1 = R3 dapat dinaikan menjadi 0.5 O atau 0.47 O

Daya pada R1 = R3 = $I * V = 1 * 3 = 3 \text{ watt} \sim 5 \text{ watt}$

R1 dan R3 digunakan untuk menstabilkan transistor power (rangkaian *darlington*) dimana tegangan yang ditimbulkan pada R1 dan R3 akan mengurangi V_{BE} pada transistor power dan menekan arus kolektor agar tidak terlampau besar yang akan merusak transistor power tersebut. Pada 3 rangkaian diode dipasang sebagai bias voltage dimana besar dari bias voltage sebesar 1,8 volt. Ke 3 diode dipasang agar dapat menghasilkan tegangan output dan mengurangi besar nilai crossover distortion.



Gambar 3.6. Besar Arus Pada Rangkaian

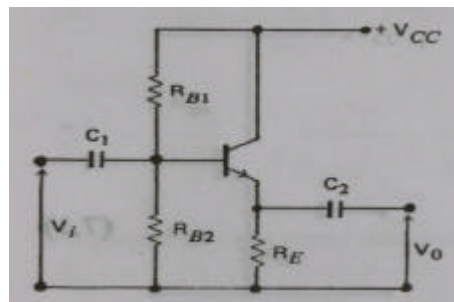
R 5 dipasang agar tegangan basis dapat dipertahankan dalam keadaan saturasi.

$$R_5 = (2 \times 0.6 \text{ V}) / 3.133 \text{ mA (dari perhitungan menggunakan Pspice)}$$

$$= 383,33 \text{ } \Omega \sim 390 \text{ } \Omega$$

0,6 v merupakan tegangan pada saat transistor dalam keadaan saturasi.

Rangkaian transistor power menggunakan dasar common kolektor seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 3.7. Rangkaian *Common Kolektor*

Persamaan menjadi

$$I_o = (V_o / (R_E // 1/h_{oe})) + ((1 + h_{fe}) V_o / (h_{ie} + R_B // R_s))$$

$$1/R_o = I_o/V_o$$

sehingga

$$R_o = (R_E // 1/h_{oe}) // (h_{ie} + R_E // R_s) / (1 + \beta)$$

$R_E = 8 \text{ } \Omega$ (impedansi dari speaker)

Nilai $R_s >$ dari R_E maka

$R_E // R_s$ nilai nya mendekati $\sim 8 \text{ } \Omega$

Dari rumus diatas dapat dicari impedansi output rangkaian dimana diketahui $h_{fe}=100$. dan $h_{oe} = 10 \text{ } \mu \text{ } \Omega$. Maka nilai R_o sebesar:

$$R_o = (R_E // 1/h_{oe}) // (h_{ie} + R_E // R_s) / (1 + \beta)$$

$$R_o = (8 \text{ } \Omega // 1/10 \text{ } \mu \text{ } \Omega) // (100 + 8 \text{ } \Omega) / (1 + 100)$$

$$= 8 \text{ } \Omega // 108 \text{ } \Omega / 101$$

$$= 0.08 \text{ } \Omega$$

jadi impedansi output rangkaian $R_o = 0.08 \text{ } \Omega$

3.2.5. Kotak Speaker

Perhitungan kotak speaker dibawah ini menggunakan software LSPCad dan WinISD. Software ini akan mengolah parameter data speaker dan menghasilkan volume kotak yang ideal. Sebelum menggunakan software LSPCad dan software WinISD diharuskan mengetahui parameter-parameter yang dibutuhkan seperti S_d , V_{as} , F_s , R_e , Q_{ms} , Q_{es} . Parameter Q_{ms} , Q_{es} akan menghasilkan nilai dari Q_{ts} . Parameter dari speaker dimasukan menurut kolom dari software yang telah disediakan dan secara otomatis hasil volume kotak akan diketahui. Berikut ini hasil dari perhitungan software.

Manufacture Proton

Model: 848-C

Speaker type: Bass/Midrange

S_d : 140.00 cm²

V_{as} : 21.70 l

F_s : 37.0 Hz

R_e : 3.92 ohm

Q_{ms} : 2.24

Q_{es} : 0.31

Q_{ts} : 0.27

P_{max} : 100.0 W

X_{max} : 9.70 mm

$$EBP = F_s / Q_{es}$$

$$EBP = 37.0 / 0.31 = 119.4$$

Karena $EBP > 50$ maka menggunakan type kotak BASSREFLEX BOX dengan

Volume 13.10 liter

Panjang x tinggi x lebar = 0.25m x 0.25m x 0.32

Port /vent

Panjang 10.00 cm

Luas 19.63 cm²

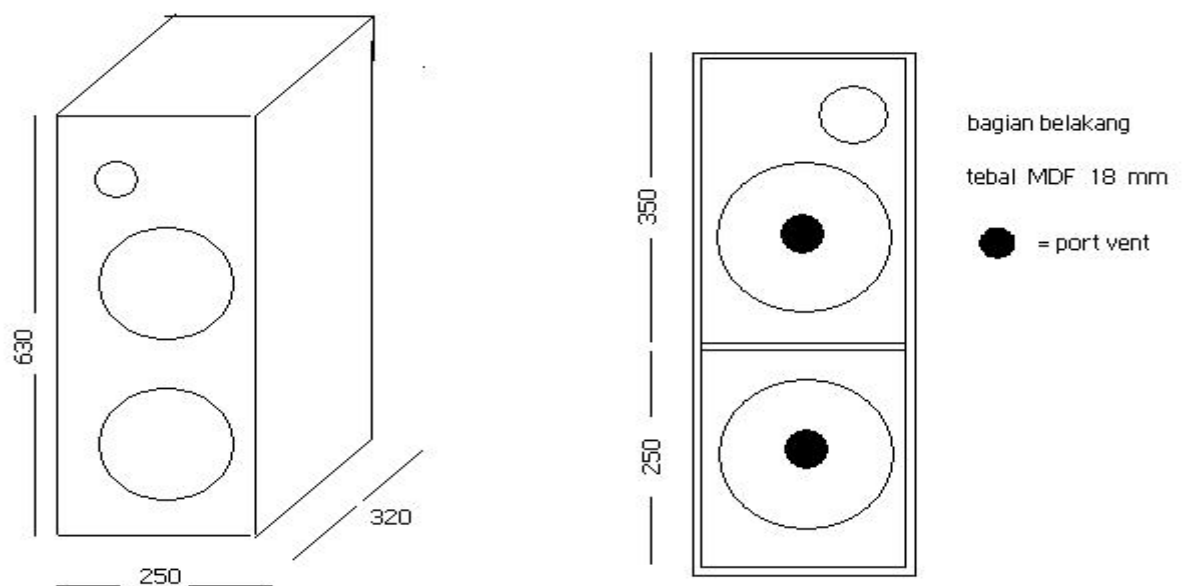
Diameter 5.00 cm

Banyak port yang digunakan = 1

Respon frekuensi 53.44 Hz

-3dB point: 47.87 Hz

Gambar dibawah ini merupakan rancangan kotak yang akan dibuat yang menggunakan 2 pasang speaker woffer 6,5” dan 1 pasang tweeter 2,5”.



Gambar 3.8. Desain Kotak Speaker

Pada gambar desain kotak merupakan gabungan dari dua kotak speaker tunggal yang digabung dengan diberi sekat agar dapat meningkatkan performa dari kualitas suara speaker.

3.2.6. S/N ratio

S/N ratio timbul dari rangkaian amplifier yang dibuat. S/N ratio digunakan untuk mengetahui rasio dari sinyal output dan noise yang dihasilkan. Perhitungan S/N ratio bertujuan untuk menghasilkan perbandingan rasio signal dengan noise dalam satuan dB. Berikut ini perhitungan untuk memperoleh nilai S/N

Nilai $R = 100K$

$$V_n = I_n R \quad \text{dimana nilai } I_n = (0.5 \text{ pA} / \sqrt{\text{Hz}})$$

$$V_n = 0.5 \text{ pA} \times 100 \text{ k}$$

$$= 50 \text{ nV}$$

BW_n merupakan bandwidth dari frekuensi respon 30 Hz s/d 20k Hz kita ambil

$$BW_n = 15k$$

$$V_{n \text{ total}} = V_n \sqrt{BW_n}$$

$$= 50 \text{ nV} \sqrt{15k} = 6 \mu$$

penguatan signal input sebesar 100 kali

$$V_{no \text{ total}} = 6 \mu \times 100 = 600 \mu$$

Bila signal input 1V

$$S/N \text{ ratio} = 20 \log_{10} (V \text{ sinyal} / V \text{ noise})$$

$$= 20 \log_{10} (1 \text{ V} / 600 \mu)$$

$$= 20 \log_{10} (1666.67)$$

$$= 64,4 \text{ dB}$$