

## PENENTUAN TANGGAPAN FREKUENSI RANGKAIAN PENGATUR NADA BAXANDALL PASIF BERBANTUAN KOMPUTER

Iskhaq Iskandar  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya

### ABSTRAK

Penentuan tanggapan frekuensi Rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif bila dilakukan secara manual memerlukan pengkajian matematis yang relatif cukup rumit karena melalui perhitungan yang berulang-ulang sehingga ketelitian perhitungan akan berkurang. Dengan penelitian ini diperoleh satu software yang dapat menampilkan tanggapan frekuensi rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif yang berupa tampilan tanggapan amplitudo dan tanggapan fasa. Software yang dihasilkan dari penelitian ini akan membantu pemakai mempermudah memahami hal-hal yang berkaitan dengan masalah ini.

### PENDAHULUAN

**S**alah satu cabang dari ilmu fisika adalah elektronika. Dalam era teknologi seperti saat ini, elektronika memegang peran yang penting. Penelitian-penelitian ilmu pengetahuan, seperti fisika, kimia dan biologi, banyak menggunakan peralatan-

peralatan penelitian yang memanfaatkan kemajuan di bidang elektronika. Demikian juga alat-alat uji dan ukur yang digunakan di bengkel-bengkel elektronik dan laboratorium ilmu dan teknologi.

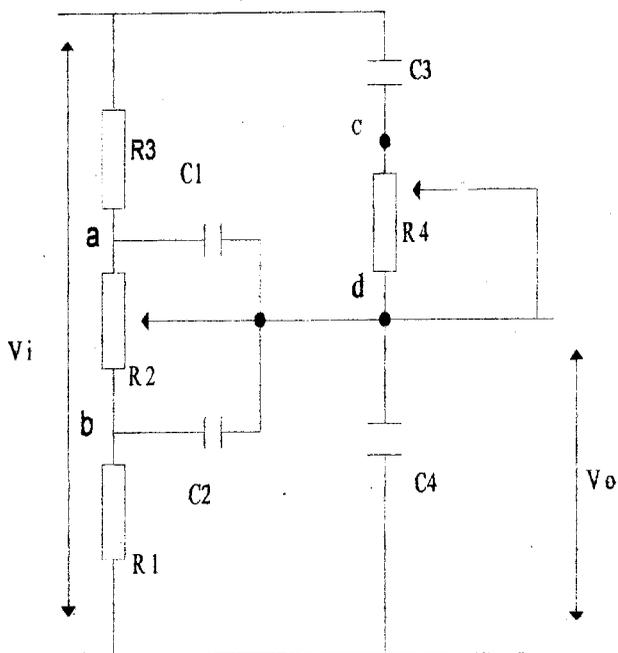
Untuk merangkai suatu peralatan elektronika atau meningkatkan kemampuan peralatan yang ada, dibutuhkan kemampuan berfikir dalam bidang elektronika dan pemahaman tentang karakteristik rangkaian tersebut. Sehingga dengan melihat rangkaian yang baru dikenal segera dapat memikirkan fungsi masing-masing komponen di dalam rangkaian.

Salah satu bentuk rangkaian elektronika yang sederhana adalah rangkaian *Pengatur Nada Baxandall Pasif*. Rangkaian ini digunakan sebagai pengatur nada bas dan nada trebel pada peralatan-peralatan elektronika, khususnya di bidang musik. Penentuan tanggapan frekuensi rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif jika dilakukan secara manual, memerlukan perhitungan yang berulang-ulang, sehingga ketelitian perhitungan akan berkurang. Dengan menyusun suatu program komputer, pekerjaan tersebut dapat dipermudah dan dipercepat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan suatu paket program komputer dengan bahasa pemrograman Turbo Pascal yang dapat digunakan untuk menentukan tanggapan frekuensi Rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif (Busono, 1991; Carol, 1985; Soegeng, 1992).

### **Rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif**

Rangkaian pengatur nada baxandall pasif seperti ditunjukkan pada *gambar 2.1*, merupakan gabungan dari rangkaian tapis RC lolos rendah dan tapis RC lolos tinggi. Pada rangkaian pengatur nada baxandall pasif, tapis RC lolos rendah bertindak sebagai pengatur kuat atau lemah nada rendah (bas), sedangkan tapis RC lolos tinggi bertindak sebagai pengatur kuat atau lemah nada tinggi (trebel).



**Gambar 1. Rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif**

Pada *Gambar 1* di atas,  $R_2$  dan  $R_4$  adalah resistor variabel dan ujung panah pada  $R_2$  dan  $R_4$  menyatakan kontak geser. Jika kontak geser  $R_2$  berada di *a*, ini berarti bas diperkuat maksimum dan jika kontak geser  $R_2$  berada di *b*, berarti bas ditekan maksimum. Jika kontak geser  $R_4$  berada di *c*, berarti trebel diperkuat maksimum dan jika kontak geser  $R_4$  berada di *d*, berarti trebel ditekan maksimum.

### Pengatur Nada Bas

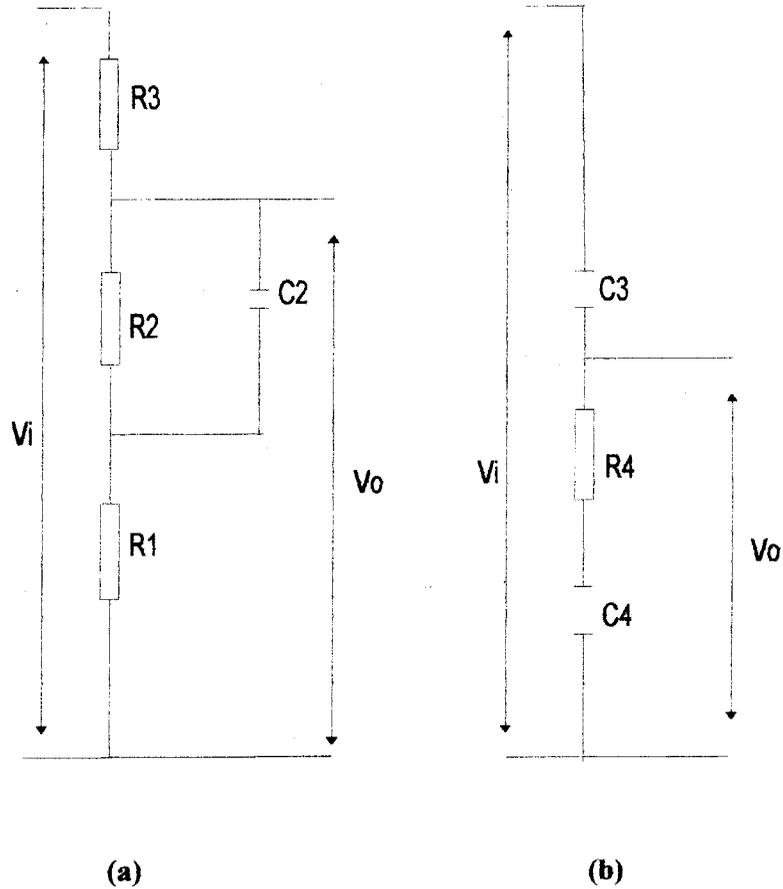
Jika rangkaian pengatur nada baxandall pasif dipisahkan sehingga bagian bas dan trebel berdiri sendiri, akan diperoleh keadaan seperti gambar 2. Fungsi alih kompleks untuk bagian bas pada penguatan bas maksimum adalah :

$$\bar{G}(\omega) = \frac{R_1 + R_2 // \frac{1}{j\omega C_2}}{R_1 + R_2 // \frac{1}{j\omega C_2} + R_3}$$

Jika digunakan  $R_1 = R$ ,  $R_2 = 100 R$  dan  $R_3 = 10 R$ , fungsi alih kompleks menjadi :

$$\bar{G}(\omega) = \frac{1}{10} \left[ \frac{j\omega + \omega_{zb}}{j\omega + \omega_{pb}} \right]$$

dengan  $\omega_{zb} = 1/RC$  dan  $\omega_{pb} = 1/10RC$ .



Gambar 2. (a) Pengatur Nada Bas-maksimum  
(b) Pengatur Nada Trebel-maksimum

Untuk memperoleh tanggapan amplitudo dan tanggapan fasa pengatur nada bas pada keadaan penguatan bas maksimum, maka persamaan di atas dirasionalisasi sehingga akan di dapat :

$$\bar{G}(\omega) = \frac{\omega^2 + \omega_{pb}\omega_{zb}}{10\omega^2 + 10\omega_{pb}^2} + j \frac{\omega\omega_{pb} + \omega\omega_{zb}}{10\omega^2 + 10\omega_{pb}^2}$$

Besarnya fungsi alih kompleks dinyatakan oleh :

$$|\bar{G}(\omega)| = \bar{G}(\omega) = \sqrt{[\text{Re}\bar{G}(\omega)]^2 + [\text{Im}\bar{G}(\omega)]^2}$$

$$G(\omega) = \sqrt{\frac{\omega^4 + \omega_{zb}^2\omega_{pb}^2 + \omega^2\omega_{pb}^2 + \omega^2\omega_{zb}^2}{(10\omega^2 + 10\omega_{pb}^2)^2}}$$

Sehingga tanggapan amplitudo untuk pengatur nada bas pada keadaan bas maksimum adalah

$$G(\omega)(\text{dB}) = 10\log(\omega^4 + \omega_{zb}^2\omega_{pb}^2 + \omega^2\omega_{pb}^2 + \omega^2\omega_{zb}^2) - 20\log(10\omega^2 + 10\omega_{pb}^2)$$

Sedangkan tanggapan fasa untuk pengatur nada bas pada keadaan penguatan bas maksimum adalah :

$$\text{tg}\Delta\Phi = \frac{\text{Im}\bar{G}(\omega)}{\text{Re}\bar{G}(\omega)}$$

$$\text{tg}\Delta\Phi = \frac{\omega\omega_{pb} - \omega\omega_{zb}}{\omega^2 + \omega_{zb}\omega_{pb}}$$

$$\Delta\Phi(\omega) = \text{arc. tg.} \left[ \frac{\omega\omega_{pb} - \omega\omega_{zb}}{\omega^2 + \omega_{zb}\omega_{pb}} \right]$$

Pada daerah frekuensi rendah  $V_o = V_i$  atau keluaran tidak mendapat pelemahan. Adanya kutub  $f_p = 1/20\pi RC$  menyebabkan bagan bode tanggapan amplitudo berubah kemiringan sebesar  $-6$

dB/oktaf atau -20 dB/dekade dan pada  $f_z = 1/2\pi RC$  kemiringan bertambah +6 dB/oktaf atau +20 dB/dekade, sehingga tanggapan amplitudo menjadi datar lagi. Pada frekuensi di atas  $f_z$  isyarat keluaran mendapat pelemahan sebesar -20 dB (Sutrisno, 1985).

Untuk tanggapan fasa, pada frekuensi di bawah  $f_p$  pergeseran fasa  $\Delta\Phi = 0^\circ$ . Adanya kutub  $f_p$  menyebabkan pergeseran fasa  $\Delta\Phi$  berubah sebesar  $-90^\circ$  dengan kemiringan sebesar  $-45^\circ$ /dekade. Pengaruh  $f_z$  menyebabkan pergeseran fasa  $\Delta\Phi$  akan berubah sebesar  $+90^\circ$  dengan kemiringan sebesar  $+45^\circ$ /dekade. Untuk frekuensi di atas  $f_z$ , pergeseran fasa sebesar  $\Delta\Phi = 0^\circ$  atau isyarat keluaran tidak mengalami pergeseran fasa (Sutrisno, 1986).

### Pengatur Nada Trebel

Rangkaian pengatur nada trebel pada keadaan penguatan maksimum ditunjukkan oleh gambar 2 (b) di atas. Fungsi alih kompleks untuk bagian trebel pada keadaan penguatan maksimum adalah :

$$\bar{G}(\omega) = \frac{\frac{1}{j\omega C_4} + R_4}{\frac{1}{j\omega C_3} + R_4 + \frac{1}{j\omega C_4}}$$

$$\bar{G}(\omega) = \frac{j\omega + \omega_{zt}}{j\omega + \omega_{pt}}$$

dengan  $\omega_{zt} = 1/R_4 C_4$  dan  $\omega_{pt} = 1/(R_4 C_3) + 1/(R_4 C_4)$ .

Jika persamaan di atas dirasionalisasi akan didapat :

$$\bar{G}(\omega) = \frac{\omega^2 + \omega_{pt}\omega_{zt}}{\omega^2 + \omega_{pt}^2} + j \frac{\omega\omega_{pt} - \omega\omega_{zt}}{\omega^2 + \omega_{pt}^2}$$

$$\bar{G}(\omega) = \bar{Re} G(\omega) + j \bar{Im} G(\omega)$$

Sehingga besarnya fungsi alih kompleks dinyatakan sebagai :

$$|G(\omega)| = \bar{G}(\omega) = \sqrt{[\bar{Re} G(\omega)]^2 + [\bar{Im} G(\omega)]^2}$$

$$G(\omega) = \sqrt{\frac{\omega^4 + \omega_{pt}^2\omega_{zt}^2 + \omega^2\omega_{pt}^2 + \omega^2\omega_{zt}^2}{(\omega^2 + \omega_{pt}^2)^2}}$$

Tanggapan amplitudo untuk pengatur nada trebel pada keadaan penguatan maksimum dinyatakan sebagai :

$$G(\omega)(dB) = 10 \log (\omega^4 + \omega_{pt}^2\omega_{zt}^2 + \omega^2\omega_{pt}^2 + \omega^2\omega_{zt}^2) - 20 \log (\omega^2 + \omega_{pt}^2)$$

Sedangkan tanggapan fasa dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{tg} \Delta \Phi = \frac{\bar{Im} G(\omega)}{\bar{Re} G(\omega)}$$

$$\text{tg} \Delta \Phi = \frac{\omega\omega_{pt} - \omega\omega_{zt}}{\omega^2 + \omega_{pt}\omega_{zt}}$$

$$\Delta \Phi(\omega) = \text{arc. tg} \left[ \frac{\omega\omega_{pt} - \omega\omega_{zt}}{\omega^2 + \omega_{pt}\omega_{zt}} \right]$$

Pada pengatur nada trebel dalam keadaan penguatan maksimum, nol  $f_z$  ada di sebelah kiri kutub  $f_p$ . Untuk frekuensi di bawah  $f_z$ , isyarat keluaran mendapat pelemahan sebesar -20 dB. Adanya nol pada  $f_z$  menyebabkan kemiringan tanggapan amplitudo berubah sebesar +6 dB/oktaf atau +20 dB/dekade. Pengaruh kutub  $f_p$  menyebabkan kemiringan tanggapan amplitudo berubah

lagi sebesar -6 dB/oktaf atau -20 dB/dekade. Untuk frekuensi jauh di atas frekuensi kutub  $f_p$ , tanggapan amplitudo menjadi datar lagi atau isyarat keluaran sama dengan isyarat masukan (Sutrisno, 1986).

Pada tanggapan fasa , untuk frekuensi di bawah  $f_z$  isyarat keluaran tidak mengalami pergeseran terhadap isyarat masukan atau  $\Delta\phi = 0^\circ$ . Adanya nol  $f_z$  menyebabkan pergeseran fasa berubah sebesar  $+90^\circ$  dengan kemiringan  $+45^\circ$ /dekade. Selanjutnya kutub  $f_p$  menyebabkan fasa berubah lagi sebesar  $-90^\circ$  dengan kemiringan  $-45^\circ$ /dekade, sehingga frekuensi jauh di atas frekuensi kutub  $f_p$  pergeseran fasa kembali menjadi  $0^\circ$  (Sutrisno, 1986).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian ini diperoleh suatu paket program komputer untuk penentuan tanggapan frekuensi rangkaian pengatur nada baxandall pasif. Paket program ini terdiri atas sebuah file yang ber-extended *.EXE* sebagai program utama dan lima buah file yang ber-extended *.TPU* sebagai program pembantu unit.

File-file yang terdapat dalam paket program ini adalah :

1. File *PROG.EXE*
2. File *MENU.TPU*
3. File *MAIN.TPU*
4. File *M\_UTAMA.TPU*
5. File *AMPLI.TPU*
6. File *FASA.TPU*

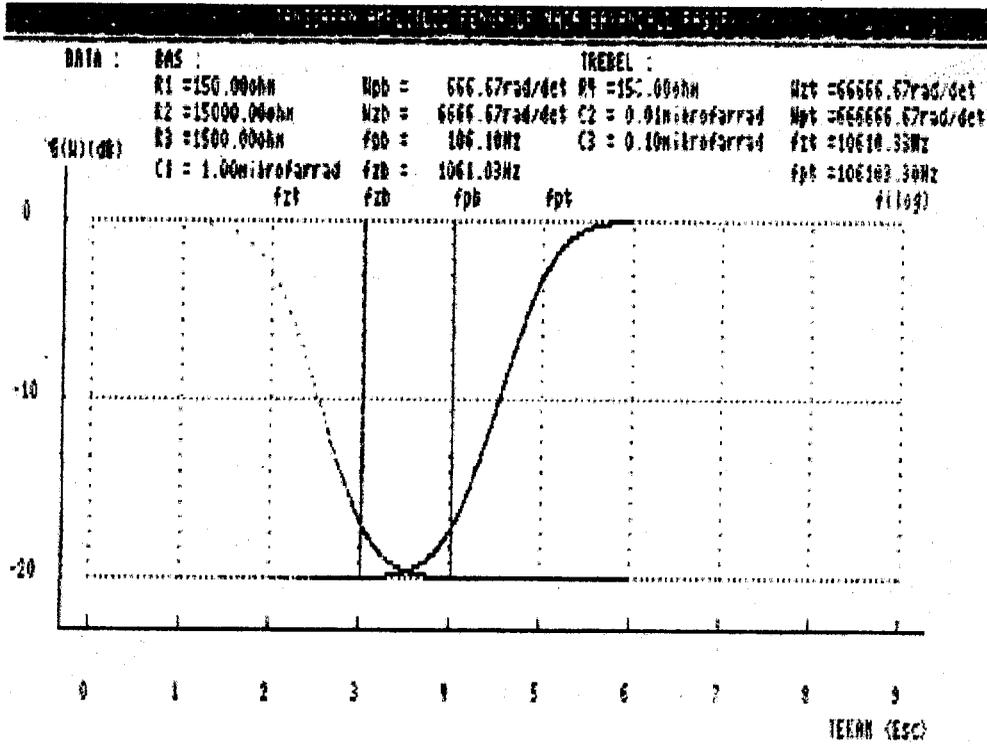
Paket program ini dapat diaktifkan dengan memanggil file PROG.EXE yaitu dengan mengetikkan *PROG* dan kemudian menekan tombol [*ENTER*]. Mula-mula akan ditampilkan judul dari paket program. Kemudian, setelah ditekan tombol [*ENTER*], akan ditampilkan sistem menu utama dari paket program ini.

Pada sub menu dari paket program ini digunakan untuk menentukan tanggapan amplitudo dan tanggapan fasa rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif pada keadaan penguatan maksimum. Untuk bagian bas, sebagai data masukan adalah hambatan ( $R_1$ ) dalam satuan *ohm* dan kapasitas kapasitor ( $C_1$ ) dalam satuan *mikro farrad* ( $\mu F$ ). Sedangkan nilai hambatan  $R_2$  dan  $R_3$  di-set  $R_2 = 100R_1$  dan  $R_3 = 10R_1$ . Untuk bagian trebel, masukannya adalah hambatan ( $R_4$ ) dalam satuan *ohm* dan kapasitas kapasitor ( $C_2$ ) dalam satuan *mikro farrad* ( $\mu F$ ). Harga kapasitor kedua ( $C_3$ ) di-set  $C_3 = 10C_2$ .

#### Tanggapan Amplitudo Rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif

Apabila data masukannya adalah  $R_1 = 150 \Omega$ ,  $C_1 = 1 \mu F$ ,  $R_4 = 150 \Omega$  dan  $C_2 = 0,01 \mu F$ , maka akan didapat bentuk tanggapan amplitudo seperti tampak pada *gambar 3*. Untuk bagian bas, pada daerah frekuensi rendah, keluaran tidak mendapat pelemahan  $G(\omega)(dB) = 0$  dB. Kutub  $f_{pb}$  menyebabkan tanggapan amplitudo berubah kemiringan  $-20$  dB/dekade dan pada frekuensi sama dengan frekuensi zerro  $f_{zb}$  kemiringan bertambah  $+20$  dB/dekade, sehingga tanggapan amplitudo menjadi datar lagi. Untuk frekuensi jauh di atas frekuensi zerro  $f_{zb}$ , isyarat keluaran mendapat pelemahan sebesar  $-20$  dB.

Untuk bagian trebel, pada daerah frekuensi rendah, keluaran mendapat pelemahan sebesar  $-20$  db. Adanya zerro  $f_{zt}$  menyebabkan kemiringan tanggapan amplitudo berubah sebesar  $+20$  dB/dekade, Selanjutnya pada saat frekuensi sama dengan frekuensi kutub  $f_{pt}$ , kemiringan berubah lagi sebesar  $-20$  dB/dekade, sehingga tanggapan amplitudo menjadi datar lagi. Untuk frekuensi jauh di atas frekuensi kutub  $f_{pt}$ , isyarat keluaran sama dengan isyarat masukan atau isyarat keluaran tidak mendapat pelemahan.



Gambar 3. Tanggapan Amplitudo Rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif

### Tanggapan Fasa Rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif

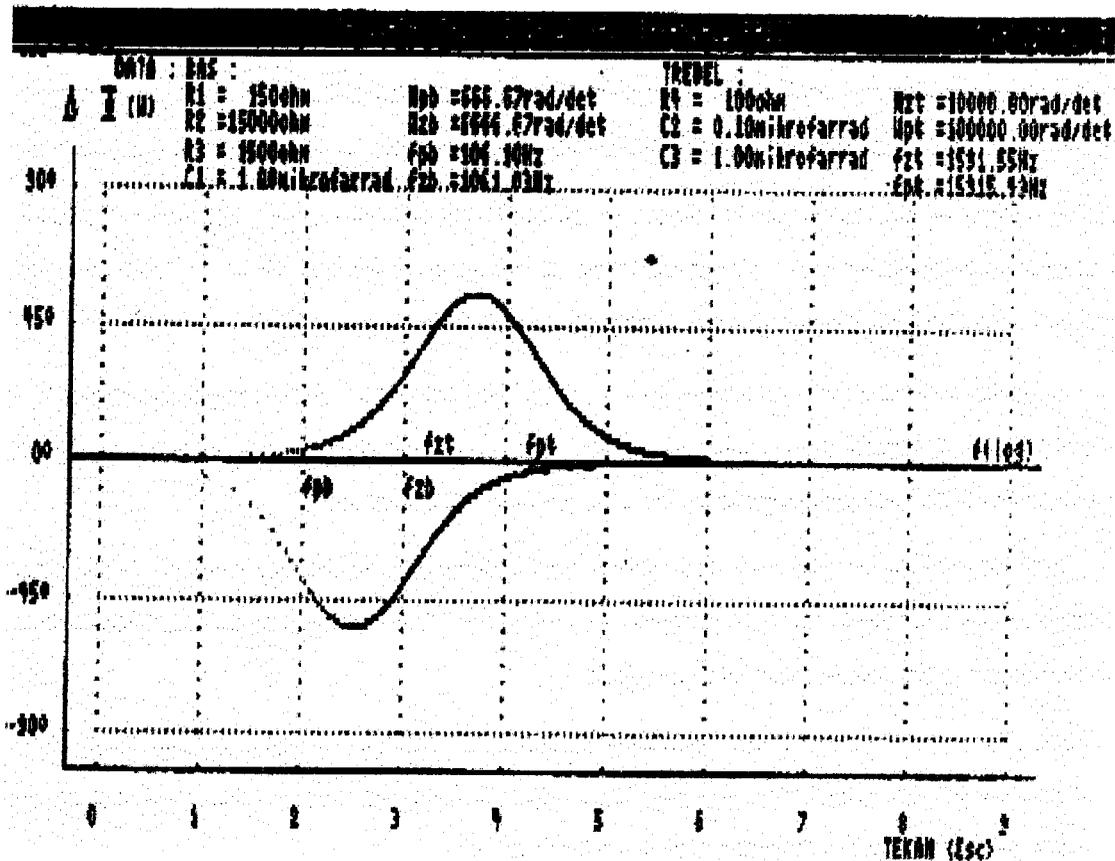
Pada tanggapan fasa, apabila data yang dimasukkan adalah  $R_1 = 150 \Omega$ ,  $C_1 = 1 \mu F$ ,  $R_4 = 100 \Omega$  dan  $C_2 = 0,1 \mu F$ , maka akan didapat grafik tanggapan fasa seperti tampak pada gambar 4.

Untuk bagian bas, pada daerah frekuensi dibawah frekuensi kutub  $f_{pb}$ , isyarat keluaran tidak mengalami pergeseran fasa terhadap isyarat masukan atau  $\Delta\Phi(\omega) = 0^\circ$ . Adanya kutub  $f_{pb}$  menyebabkan fasa  $\Delta\Phi$  berubah kemiringan sebesar  $-45^\circ/\text{dekade}$ .

Selanjutnya karena pengaruh zero  $f_{zb}$ , fasa  $\Delta\Phi$  berubah lagi kemiringannya sebesar  $+45^\circ/\text{dekade}$ . Untuk frekuensi jauh di atas zero  $f_{zb}$ , pergeseran fasa  $\Delta\Phi(\omega) = 0^\circ$  atau isyarat keluaran tidak mengalami pergeseran fasa terhadap isyarat masukan.

Untuk bagian trebel, pada frekuensi di bawah frekuensi  $f_{zt}$ , isyarat keluaran tidak mengalami pergeseran fasa terhadap isyarat masukan atau  $\Delta\Phi(\omega) = 0^\circ$ . Adanya zero  $f_{zt}$  menyebabkan fasa  $\Delta\Phi$  berubah kemiringan sebesar  $+45^\circ/\text{dekade}$ .

Pengaruh kutub  $f_{pt}$  menyebabkan kemiringan berubah lagi sebesar  $-45^\circ/\text{dekade}$ . Untuk frekuensi jauh di atas frekuensi kutub  $f_{pt}$ , pergeseran fasa  $\Delta\Phi(\omega) = 0^\circ$  atau isyarat keluaran tidak mengalami pergeseran fasa terhadap isyarat masukan.



Gambar 4. Tanggapan Fasa Rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif

### KESIMPULAN

Penggunaan komputer untuk menentukan tanggapan frekuensi rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif, secara umum telah dapat meningkatkan efisiensi waktu dan dapat memberikan

hasil dengan ketelitian yang relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan perhitungan yang dilakukan secara manual.

Dengan menggunakan paket program ini, dapat ditentukan tanggapan amplitudo dan tanggapan fasa rangkaian Pengatur Nada Baxandall Pasif yang dibatasi pada harga frekuensi ( $f$ ) tertentu, yaitu dari 0 Hz sampai dengan  $10^9$  Hz. Hal ini merupakan salah satu keterbatasan dari paket program yang telah disusun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Busono, Ir., 1991, *Komputer dan Turbo Pascal*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Carol, David. W., 1985, *Progammig With Turbo Pascal*. Micro Text Productions, Inc., New York.
- Soengeng. R., 1992, *Visualisasi Fisika dan Matematika Menggunakan Turbo Pascal*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Sutrisno, Ph.D., 1986, *Elektronika, Teori dan Penerapannya*, Jilid 1, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung.