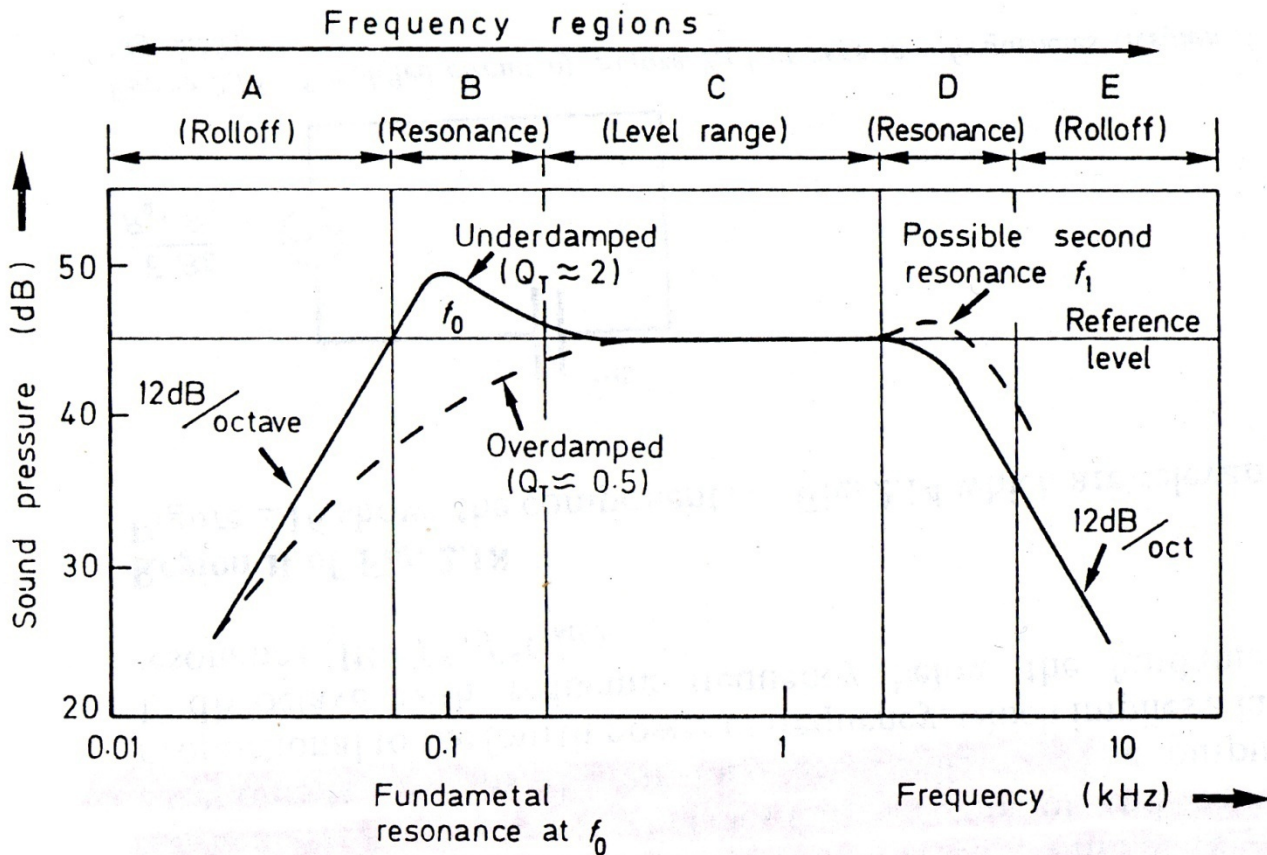


Seluk Beluk Frequency Response sebuah Loudspeaker Part4 | 2008

- Menyelidiki "asal-usul" Frequency Response Loudspeaker

Setelah membicarakan banyak hal-hal yang bersangkutan dengan *frequency response* (selanjutnya disingkat FR) sebuah *loudspeaker* (selanjutnya disingkat spkr), mari kita bahas dari mana "asal"nya *frequency response* ini. Artikel ini hanyalah penyederhanaan saja, untuk informasi desain spkr yang lebih lanjut dapat anda lihat dari buku-buku tentang spkr. Mari kita ambil contoh *moving coil driver(s)* pada sebuah *full range spkr closed/vented box*.

Secara sederhana, kita dapat lihat FR dari spkr ini seperti yang tertera di bawah ini:



Mari kita bahas daerah-daerah (*regions*) FR spkr ini satu-persatu.

Daerah A

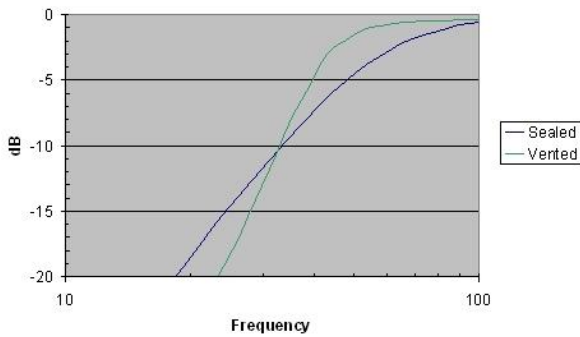
Pada daerah A, biasanya *Total Compliance* dari *driver* tersebut sangat berpengaruh terhadap FR yang dihasilkan. Sebuah *driver* yang disetel tanpa menggunakan *box* akan menghasilkan suara yang sangat tipis. Hal ini terjadi karena frekuensi rendah yang dihasilkan dari depan dan belakang mempunyai fase yang berlawanan. Untuk mengatasi hal ini, *box/cabinet* dibutuhkan untuk meningkatkan efektifitas kerja *driver* tersebut. Karena adanya udara yang terperangkap didalam *box* tersebut, suara dan gerakan *cone* yang dihasilkan dari belakang sebuah *driver* (menganggap *driver* tersebut tidak tertutup pada bagian belakangnya) tersebut akan berinteraksi dengan udara didalam *box*. Udara mempunyai sifat yang dapat di kompres. Parameter *Compliance* menunjukkan *springiness* dari suatu benda atau seberapa mudah benda tersebut dikompres.

Seluk Beluk Frequency Response sebuah Loudspeaker Part4 | 2008

- Menyelidiki "asal-usul" Frequency Response Loudspeaker

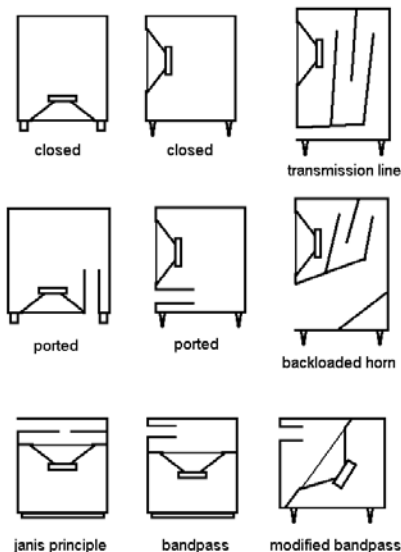
Secara gampangnya, tentu saja makin banyak udara yang tersedia didalam box akan mempunyai tingkat *compliance* yang lebih tinggi dibandingkan dengan box yang lebih kecil. Pembicaraan mengenai besar atau kecilnya box akan dilanjutkan pada daerah B.

Perhatikan bahwa daerah A adalah daerah *roll-off*. Disini, kita bisa memperkirakan model spkr dengan melihat *roll-off*nya. Pada *closed-box*, *roll-off* yang terjadi adalah 12dB/octave, dan 24dB/octave untuk *vented/ported-box*. Secara teoritis, kita juga dapat menyimpulkan bahwa *closed-box* mempunyai FR yang lebih "smooth" pada daerah frekuensi rendah karena karakteristik *roll-off*nya yang pelan. Beberapa pendapat juga menyatakan bahwa *transient response* pada *closed-box* sedikit lebih baik daripada *vented-box*. Dalam hal lain, *roll-off* yang cepat pada *vented-box* biasanya di'imbangi' dengan lebih rendahnya ekstensi FR dari spkr tersebut (dibanding *closed-box*). Desain spkr *vented-box* memang ditujukan untuk memberi ekstra *low frequency extension*. Silahkan lihat grafik dibawah untuk lebih jelasnya, perhatikan bahwa *vented* mempunyai lebih banyak output frekuensi rendah dengan *roll-off* yang lebih cepat dibandingkan dengan *closed-box*:



Hijau – Vented, Biru – Sealed.

Daerah A adalah daerah yang sangat penting untuk mendesain sebuah *subwoofer*. Beberapa desain dapat membantu *output* pada frekuensi rendah dan menghasilkan *roll-off* yang berbeda. Artikel ini tidak akan membahas lebih detail mengenai desain-desain yang lain. Grafik dibawah ini menjelaskan secara sederhana untuk memodifikasi daerah A.



Perlu diperhatikan bahwa daerah A dan B juga terjadi pada *tweeter*. Seperti contohnya *piezo* spkr yang kecil (1inch), daerah A dan B ini dapat berkisar di 3000Hz – 5000Hz.

Seluk Beluk Frequency Response sebuah Loudspeaker Part4 | 2008

- Menyelidiki "asal-usul" Frequency Response Loudspeaker

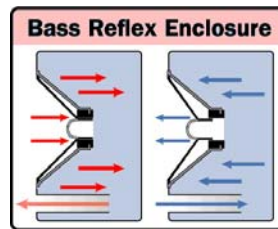
Daerah B

Daerah B adalah daerah resonansi, terutama karena box (dan juga *port*). Daerah ini banyak di pengaruhi dengan jumlah udara yang ada didalam sebuah box. Pada grafik dihalaman pertama, terlihat ada dua kondisi dimana resonansi box sangat "peaky" / *underdamped* dan dimana *roll-off* terjadi pada frekuensi yang lebih tinggi karena *overdamped*. Kondisi *underdamped* terjadi jika spkr mempunyai box yang terlalu kecil.

Dalam urusan desain spkr, Q adalah parameter yang digunakan *loudspeaker designer* untuk menyatakan seberapa banyak *damping* pada suatu *driver*. Resonansi adalah sebaliknya. Dengan *damping* yang kurang (*underdamped*) resonansi akan makin tinggi ("peaky" pada frekuensi tertentu) dan sebaliknya jika *overdamped*. Pada kondisi *underdamped*, sebuah spkr kurang mempunyai *transient* response yang baik, dan dengan kondisi *overdamped*, spkr akan mempunyai output yang kurang pada frekuensi rendah. Lalu, apa itu *damping*?

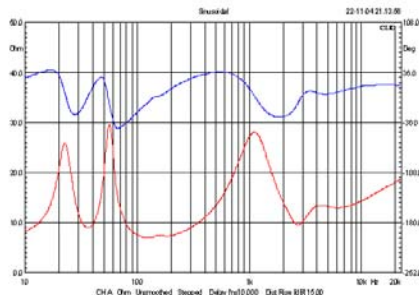
Mobil mempunyai suspensi yang mencegah terlalu banyaknya getaran yang terjadi karena lubang pada jalanan. Namun, bagaimana jika suspensi itu tidak mau berhenti bergetar setelah melewati lubang tersebut? Tentu saja kita tidak mau hal ini terjadi juga bukan? Untuk itu, suspensi ini perlu *damper*. Itulah guna *shock absorber* atau *damper*. Seperti halnya mobil, spkr juga perlu *damper* sehingga *cone* tidak terus-terusan bergetar pada frekuensi resonansi.

Jelas sudah bahwa box spkr yang terlalu kecil akan mengakibatkan udara menjadi lebih "kaku" sehingga *driver* akan mempunyai resonansi yang lebih kuat pada suatu frekuensi. massa, spkr juga mempunyai interaksi yang sama. Untuk tinggi (yang dapat memberi rendah), massa dapat dibuat yang mempunyai memperpanjang pegas mendesain spkr, frekuensi meningkatkan massa *cone* dan memperbesar box (anggap *cone* dan pegas sebagai udara didalam box). Hal ini juga menjelaskan bahwa spkr yang besar (box dan *drivernya*), akan mempunyai banyak output di frekuensi rendah karena frekuensi resonansinya yang rendah (*diaphragm* yang makin besar biasanya mempunyai massa yang makin besar).



Seperti halnya pegas dan suatu menghasilkan *compliance* yang ekstensi terhadap frekuensi lebih berat atau mencari pegas *compliance* tinggi (seperti tersebut). Dalam hal rendah dapat di bantu dengan massa benda sebagai massa

Mungkin pembaca bertanya, jika sebuah spkr mempunyai FR "flat" pada daerah A dan B, bagaimanakah kita mengetahui frekuensi resonansi box dan *portnya*? Impedansi adalah jawabannya. Lihat grafik dibawah ini yang menunjukkan 2 *peaks* impedansi (lihat garis warna merah).



Perhatikan 2 *peaks* dibawah 100Hz. Dua *peaks* tersebut menunjukkan frekuensi resonansi dari *port* dan box sebuah spkr. Perlu diketahui bahwa dibawah daerah B, impedansi lebih dikontrol oleh *reactance part* (bukan *resistance part*). Pada daerah dimana impedansi tinggi (terutama karena adanya *port*), *cone* tidak bergerak banyak! Untuk menutup pembahasan daerah A dan B mari kita bahas bagaimana *vented* spkr berkerja.

Seluk Beluk Frequency Response sebuah Loudspeaker Part4 | 2008

- Menyelidiki "asal-usul" Frequency Response Loudspeaker

Udara didalam ventilasi (*port spkr*) itu seperti piston dan bergetar karena adanya gerakan *cone*. Gerakan *cone* yang kebelakang akan menggerakkan udara didalam box tersebut dan terdorong ke ventilasi/*port spkr* tersebut. Suara yang merambat melalui udara didalam box itu akan "tertranslasi" didalam *port spkr* dan tentu saja mengakibatkan *phase shift*. Silahkan lihat artikel saya mengenai fase, delay dan waktu untuk pemahaman lebih lanjut mengenai fase.

Daerah B ini dapat disebut daerah frekuensi resonansi dari box spkr. Pada dan diatas daerah B, fase dari ventilasi tersebut adalah sama dengan fase suara dari *woofer/cone*nya. Karena inilah, efek dari ventilasi ini tidak terasa diatas frekuensi resonansi box. Bagaimanapun, desain ventilasi yang kurang baik dapat menyebabkan *port* menjadi "batuk". *Turbulence* dari angin ventilasi dapat mengakibatkan kolorasi pada frekuensi tertentu yang kurang enak didengar.

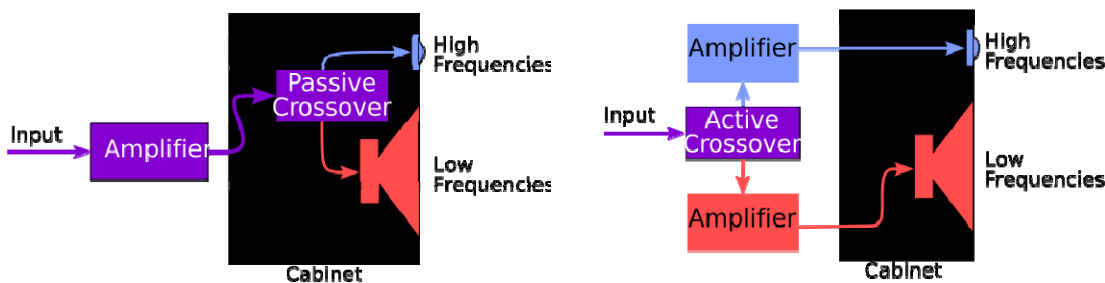
Pada frekuensi resonansi box, ventilasi ini me"nahan" (*damp*) *woofer* sehingga *diaphragm*nya bergerak dengan sangat minimum namun gerakan udara di ventilasi/*port*nya akan mencapai kecepatan maksimum (disini sekilas menjelaskan mengapa impedansi spkr pada frekuensi ini menjadi tinggi). Di bawah frekuensi resonansi box, fase dari suara ventilasi tersebut menjadi 180 derajat dengan cepat sehingga suaranya menjadi *out of phase* dari suara *woofer*. Hal ini menyebabkan suara *cone/woofer* dan suara ventilasi saling meniadakan dibawah frekuensi resonansi box sehingga mengakibatkan *roll-off* atau *cut-off rate* yang cepat (24dB/octave – dibandingkan dengan *closed-box* yang hanya 12dB/octave). Ini juga melindungi *driver* dari *excursion* yang berlebihan yang dapat menjebol *driver* tersebut.

Daerah C

Seandainya grafik pada halaman satu adalah sebuah spkr dengan satu *driver* saja, disini bisa kita ketahui bahwa gerakan *cone* ini adalah pistonik. Daerah ini sangat terkontrol oleh massa dari *cone/woofernya* dan menunjukkan daerah dimana *driver* dapat secara optimal memproduksi suara (*power output* dan *sound pressure* berhubungan secara langsung dan konstan). Impedansi terbagi menjadi 2 bagian seperti yang telah tersebut diatas, *reactance* dan *resistance*. Di daerah ini, *reactance* tidak mengontrol gerakan *diaphragm* dan komponen *resistance* juga diasumsikan rendah untuk pergerakan *driver* itu.

Daerah ini juga banyak dipengaruhi hal-hal yang lain seperti *edge diffraction*, *horn*, dan lain-lain. Namun bagaimana jika spkr dengan grafik FR di halaman satu ini mempunyai lebih dari 1 *driver*. Disinilah pembahasan ini menjadi rumit.

Crossover adalah salah satu komponen utama yang menentukan seberapa baik FR dari spkr ini (diatas frekuensi resonansi box). Mengapa kita membutuhkan *crossover*? Artikel ini tidak akan membahas dalam mengenai *crossover*, namun kita akan membicarakan batasan-batasan dari sebuah *driver* dimana *crossover* dapat membantu membuat FR menjadi lebih "flat".



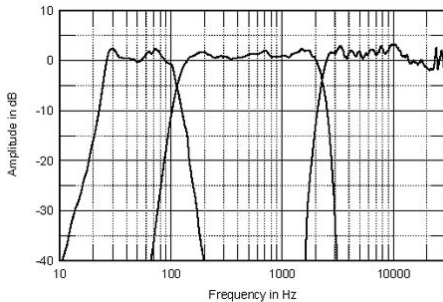
Sebuah *driver* mempunyai *operating range* yang optimal. Dalam pembahasan kali ini, adalah daerah C pada FR suatu *driver*. Dengan demikian, kita dapat menyimpulkan bahwa dalam sebuah 3-way spkr (misalnya terdiri dari 12inch *woofer*, 6inch *woofer* dan 1inch *tweeter*), tiap *driver* nya sangat efisien dalam memproduksi suara karena terbatas pada *frequency range* tertentu. Dalam perancangan *sound system*, 3-way spkr rata-rata lebih mudah di desain dalam sebuah

Seluk Beluk Frequency Response sebuah Loudspeaker Part4 | 2008

- Menyelidiki "asal-usul" Frequency Response Loudspeaker

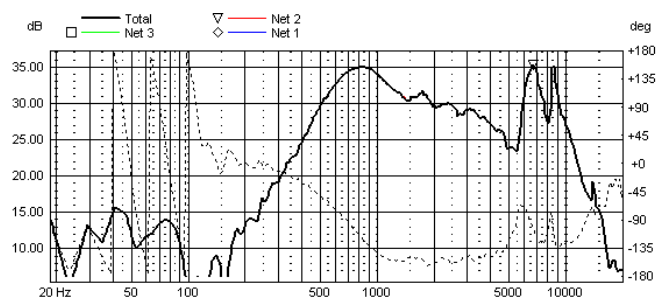
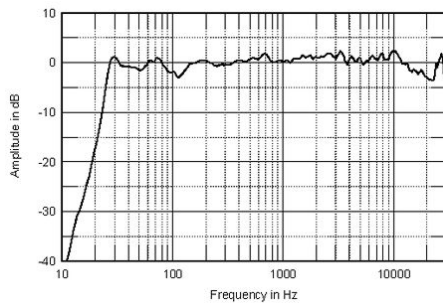
cluster dibandingkan 2-way. Selain itu, karena tiap *driver* beroperasi pada *optimal operating range*, kita juga dapat mengharapkan *transient response* yang lebih gesit.

Dalam sebuah *driver* dan box yang sudah di desain baik, tentu saja kita berharap untuk mendapatkan sebuah FR yang "flat" karena memang *driver* ini bekerja dalam *operating rangenya*. Disinilah pentingnya desain *crossover* yang benar. Setiap desain *crossover* akan mengubah *phase response* pada *range* tertentu. Jika *crossover* tidak didesain dengan baik, dua *driver* yang mempunyai FR flat tidak akan menjadi flat lagi jika beroperasi bersamaan.



Sebuah FR 3-way spkr dengan *crossover* dapat anda lihat di grafik kiri atas dan hasilnya dapat dilihat di grafik kiri bawah. Perhatikan daerah 110Hz. *Frequency dip* itu adalah hasil dari desain *crossover* yang kurang cermat (*dipnya* adalah sekitar 3dB dan ingat 3dB adalah 2x power!!).

Optimum operating range adalah salah satu alasan kita membutuhkan *crossover*. Alasan lain adalah *breakup mode* dari sebuah *driver*. Apakah *breakup mode* itu? Perhatikan gambar dibawah ini.



Frekuensi *breakup mode* adalah frekuensi dimana gerakan *woofer/cone* (atau kondisi *tweeter*) *out of phase*. Perhatikan bahwa frekuensi *breakup mode* adalah *modal frequency*. Hal ini dapat dilihat seperti *comb filtering* seperti di grafik kanan atas. Bagaimana ini terjadi?

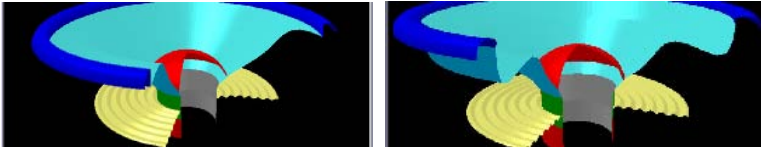
1. Dalam sebuah *cone*, perhatikan bahwa gerakan utama berpusat dari tengah (*moving coil*). Bagaimanakah dengan pinggiran *cone* tersebut? Tidak lain hanyalah *surround* yang diam. Pada kondisi pistonik (*operating range* – daerah C pada grafik FR), *cone* akan bergerak sebagai suatu kesatuan, tapi seiring bertambah tingginya frekuensi, property dari bahan *cone/woofer* tersebut belum tentu dapat bergerak secara pistonik. Hal ini menyebabkan daerah tengah *cone* terdorong kedepan, namun luarnya terdorong kebelakang. Apakah hal ini dapat diatasi dengan *dome driver* yang mempunyai dorongan dari pinggir *diaphragmnya*?
2. Tidak juga! Dalam sebuah *dome driver*, *breakup mode* tidak terjadi secara mekanikal, namun secara akustik. Perhatikan bahwa *loudspeaker* adalah pengubah energi listrik menjadi mekanik menjadi akustik/suara. Tiga faktor ini TIDAK dapat dipisahkan! Pada *Dome*, dengan kedalaman tertentu, gerakan suara dari "puncak" dan "pinggiran" *dome* akan menjadi *out of phase* pada frekuensi dasar yang mempunyai panjang gelombang 2 kali dari kedalaman *dome* tersebut. Dalam kasus *dome*, *breakup mode* dapat terjadi didalam *operating range* dari *driver* tersebut.

Perhitungan dan cara prediksi dari *breakup mode* diluar dari jangkauan artikel ini. Secara fisikal, kita dapat memperkirakan bahwa makin besar *woofer*, *breakup mode* akan menjadi makin rendah. Dengan demikian, *tuning*

Seluk Beluk Frequency Response sebuah Loudspeaker Part4 | 2008

- Menyelidiki "asal-usul" Frequency Response Loudspeaker

lowpass frequency pada *crossover network* harus juga rendah. Jika *tuning frequency* terlalu tinggi dan mengakibatkan *woofer* beroperasi pada wilayah diatas frekuensi *breakup mode*, jelas FR tidak akan menjadi flat. Daerah D pada grafik FR dihalaman satu adalah wilayah frekuensi *breakup mode*. Lihat beberapa gambar *woofer* dibawah ini yang sedang mengalami *breakup mode*.



Daerah D

Daerah D sudah dibahas pada sub-topik *breakup mode* diatas. Selain *breakup mode*, daerah ini juga daerah resonansi. Resonansi didaerah ini secara praktikal susah dideteksi/prediksi. Diperkirakan induksi kumparan beresonansi terhadap komponen massa dari *diaphragm* tersebut. Resonansi daerah ini pada suatu *driver* sering kali juga didominasi oleh *breakup mode*.

Daerah E

Daerah *roll-off* ini adalah daerah dimana resistansi akustik adalah konstan dan massa *diaphragm* menjadi suatu hambatan untuk bergerak secara pistonik (secara satu kesatuan). Hambatan berdasarkan *mass law* adalah 6dB/octave. Dengan adanya resonansi kedua didaerah D, *roll-off* didaerah ini dapat menjadi 12dB/octave. Daerah D dan E ini sering didominasi dengan *breakup mode*. Perhatikan bahwa makin cepat bergetar, *cone* akan terbagi menjadi *segmen*/daerah-daerah yang berbeda. Karena itu, banyak peristiwa modal yang terjadi seperti *bell mode*, *radial mode*, dan lain-lain yang dapat diperhatikan daerah ini.

Mudah-mudahan ke-empat artikel mengenai *frequency response* sebuah *loudspeakers* ini dapat membuka mata pembaca mengenai *frequency response*. *Loudspeaker* TIDAK dapat didesain dengan mengerti satu faktor saja. **Tiga faktor penting pada sebuah *loudspeaker*, MEKANIK, ELEKTRIK dan AKUSTIK adalah satu kesatuan.**