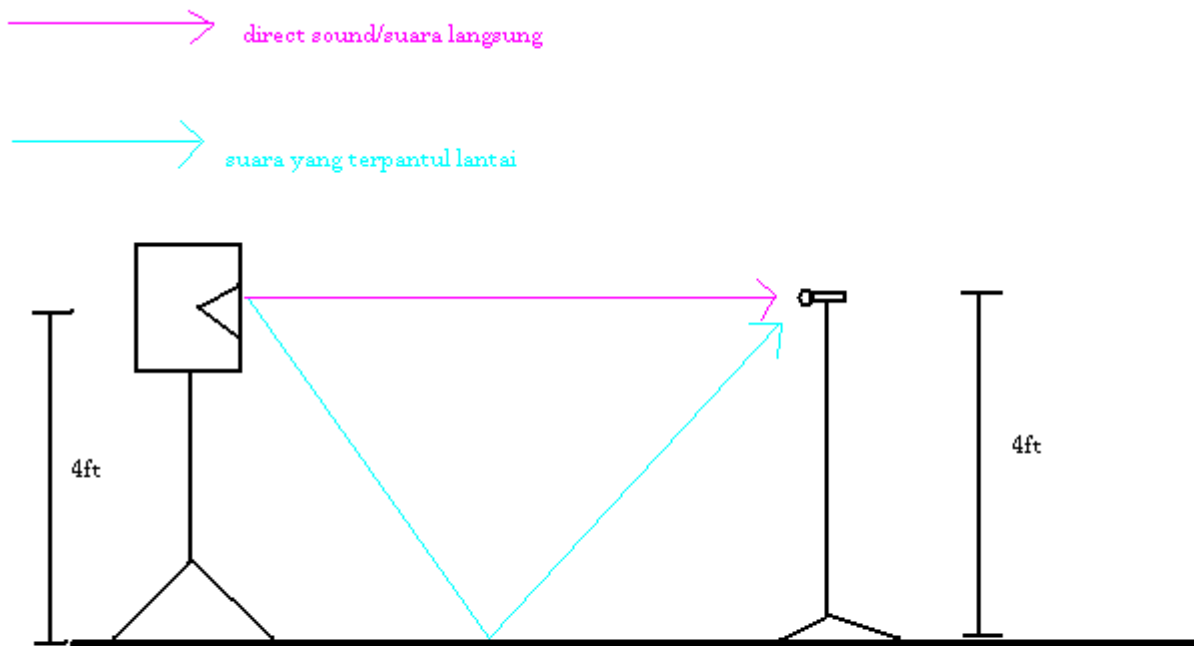


Comb Filtering selalu ada di mana-mana. Bahkan telinga kita sendiri tidak pernah mendengarkan suatu sumber bunyi secara akurat karena adanya pantulan-pantulan dari daun telinga ("*natural comb filtering*"). Perhatikan bahwa kita tertarik gaya gravitasi dan membuat telinga kita relatif dekat terhadap lantai. Comb Filtering akan selalu terdengar hampir 100% dalam hidup anda. Saya sangat sarankan anda print artikel ini untuk mengikuti pembahasannya.

Artikel ini hanyalah membahas peristiwa comb filtering dari satu sudut pandang. Fokus pembicaraan dipusatkan pada gambar dibawah ini (1feet \approx 30cm):



Perhatikan gambar diatas dimana loudspeaker dan mic berada pada ketinggian yang sama tanpa diketahui jauhnya. Menganggap kita berada di luar ruangan dimana kita menginjak tanah yang lembut/bersalju/berumput, direct sound/suara langsung akan banyak tertranslasi secara baik, namun dengan hanya SATU buah pantulan (pembahasan kali ini difokuskan dari lantai), frequency response sumber suara akan memiliki comb filter.

Comb filter effect adalah fenomena *wave interference* (misalnya gabungan 2 buah gelombang suara), yang mengakibatkan adanya interferensi yang bersifat menambah dan menghilangkan, yang biasanya berkala/mempunyai perioda sendiri. Bentuk frequency response dari comb filtering ditandai dengan banyaknya *spikes*/puncak yang berderet secara "teratur" yang memperlihatkan seperti sisir pada grafik frekuensi responsnya. Dalam pembahasan ini, mari kita ambil 3 buah contoh dimana jarak antara loudspeaker ke mic adalah 2ft, 4.8ft dan 7.42ft.

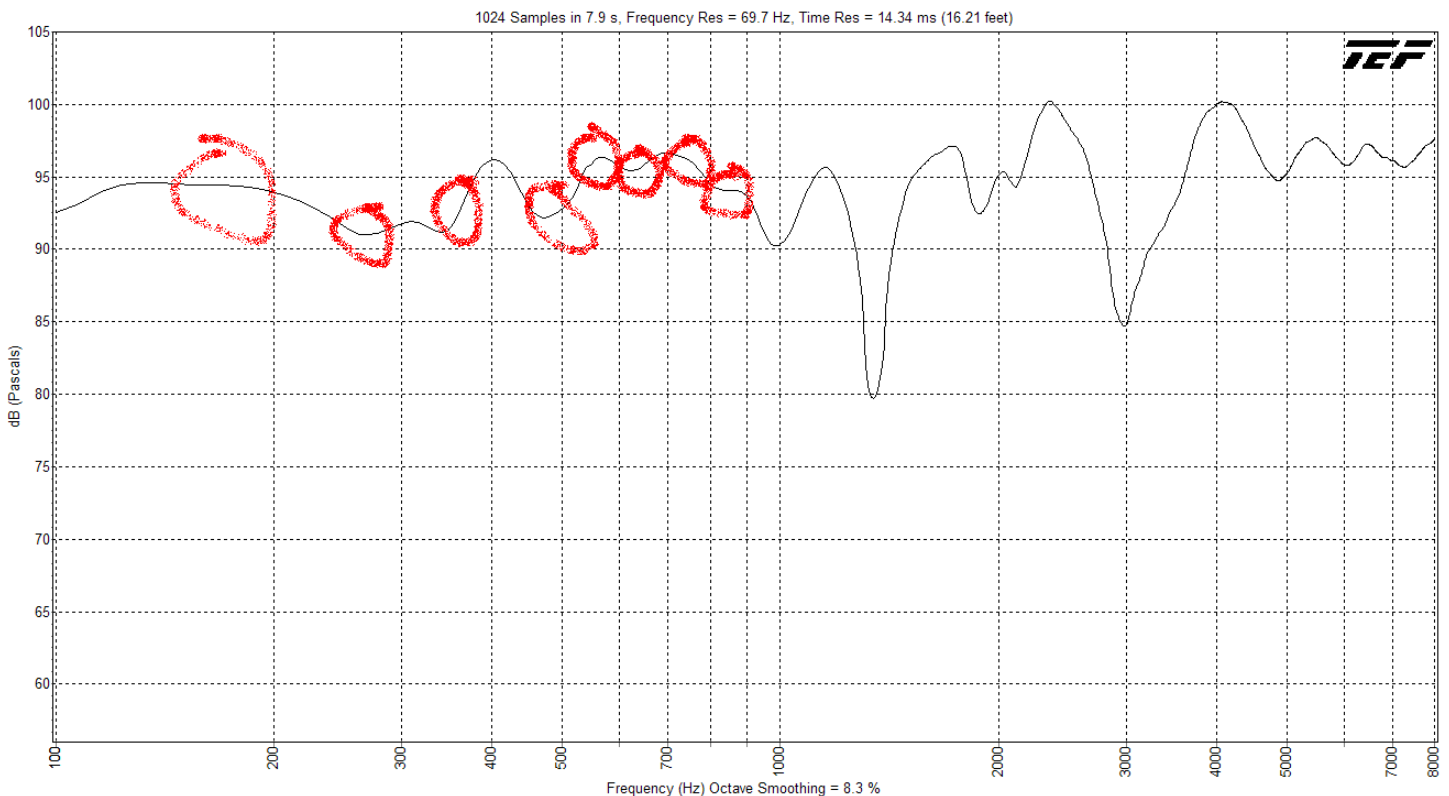
Dengan rumus pitagoras untuk mengetahui jarak yang ditempuh suara yang terpantul (lihat gambar diatas) dan menggunakan rumus kecepatan (menganggap kecepatan suara di udara adalah 1127ft/s), kita dapat memprediksi comb filtering yang terjadi yang biasanya di mulai dengan *notch*/'jurang' pada gelombang yang panjangnya dua kali dari selisih jarak suara terpantul dan suara langsung (yang selanjutnya tiap kelipatan ganjil dari frekuensi ini akan menghasilkan 'jurang-jurang' lainnya) dan akan terjadi puncak pada kelipatan genap dari frekuensi ini. Lihat tabel dibawah ini:

| Jarak mic dan loudspeaker | Jarak tempuh suara yang terpantul | Frekuensi <i>notch</i> terjadi pada kelipatan ganjil dari frekuensi yang panjangnya dua kali dari selisih jarak tertulis di dua kolom kiri (Hz) | Frekuensi <i>peak</i> terjadi pada kelipatan genap dari frekuensi yang panjangnya dua kali dari selisih jarak tertulis di dua kolom kiri (Hz) |
|---------------------------|-----------------------------------|---|---|
| 2ft | 8.2ft | 90.5; 271.5; 452.5; 633.5; 814.5; dst | 181; 362; 543; 724; dst |
| 4.83ft | 9.3ft | 125.1; 375.3; 625.5; 875.7; 1125.9; dst | 250.2; 500.4; 750.6; 1000.8; dst |
| 7.42ft | 10.9ft | 161.8; 485.4; 809; 1132.6; 1456.2; dst | 323.6; 647.2; 970.8; 1294.4; dst |

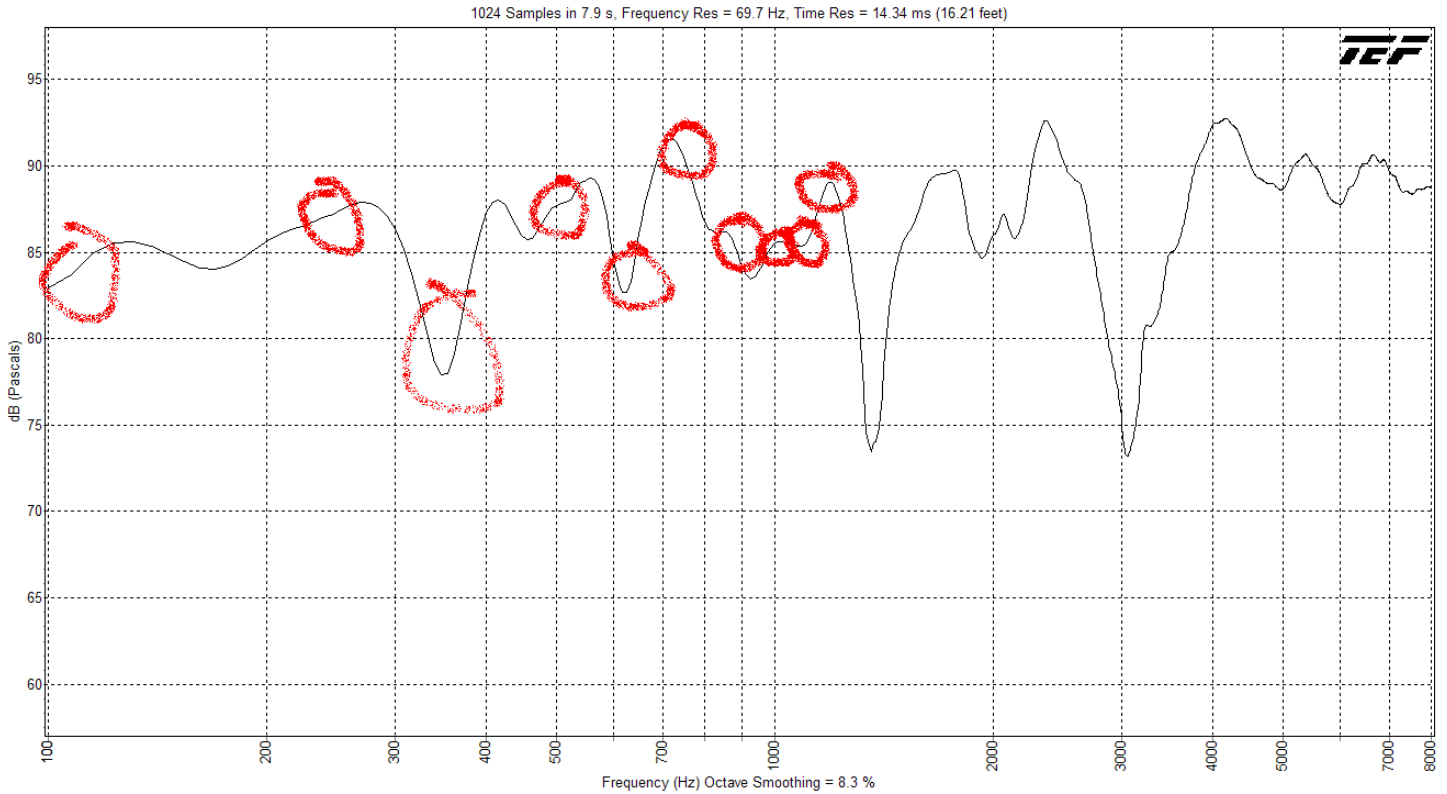
Mari kita ambil contoh jarak 7.42ft yang menghasilkan selisih jarak 10.9ft-7.42ft = 3.48ft. Frekuensi pertama dimana terjadi comb filtering (diawali dengan jurang/*notch*) terjadi pada frekuensi yang 'panjang'nya dua kali itu, yaitu 6.96ft atau 162Hz. Dengan mengetahui jarak ini kita dapat mengetahui "limit"/batas dimana comb filtering akan terjadi. Hal ini sangat membantu jika kita akan melakukan pengukuran response loudspeaker di suatu ruangan dimana pantulan menjadi masalah. Kita juga dapat memprediksi seberapa parah pantulan pertama di ruangan mixing kita akan membuyarkan respons loudspeaker kita ... Aplikasi dari comb filtering tidak akan di bahas di artikel ini lebih lanjut.

Selanjutnya, saya sudah melakukan experiment terhadap tabel diatas. Pembahasan terhadap fenomena ini akan saya lakukan dengan cara membandingkan jarak mic dan loudspeaker secara relatif. Mari kita lihat tiga grafik dibawah (lingkaran merah adalah daerah disekitar frekuensi yang sudah terprediksi di tabel atas):

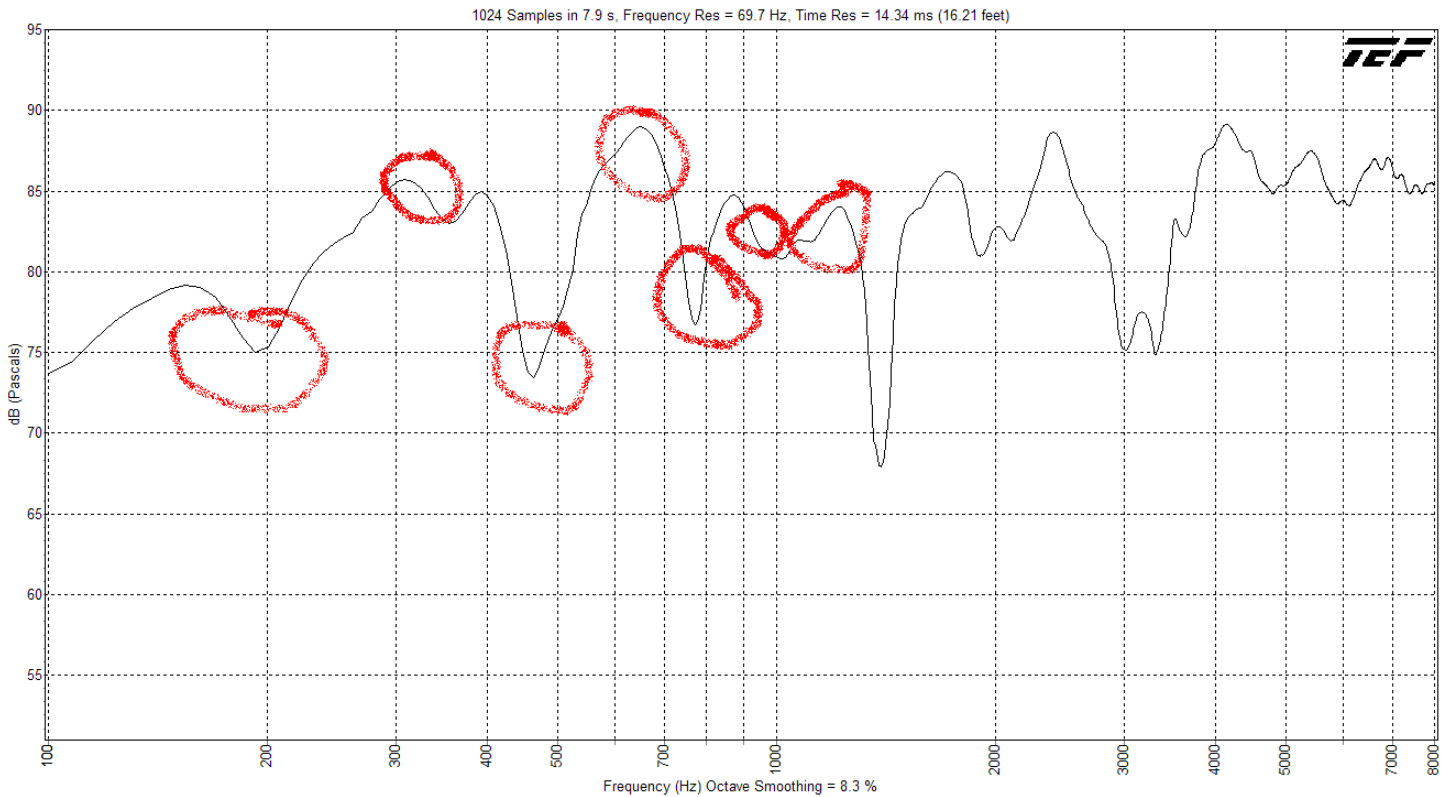
1. **2ft** akan menghasilkan grafik sebagai berikut:



2. **4.83ft** akan menghasilkan grafik sebagai berikut:



3. **7.42ft** akan menghasilkan grafik sebagai berikut:



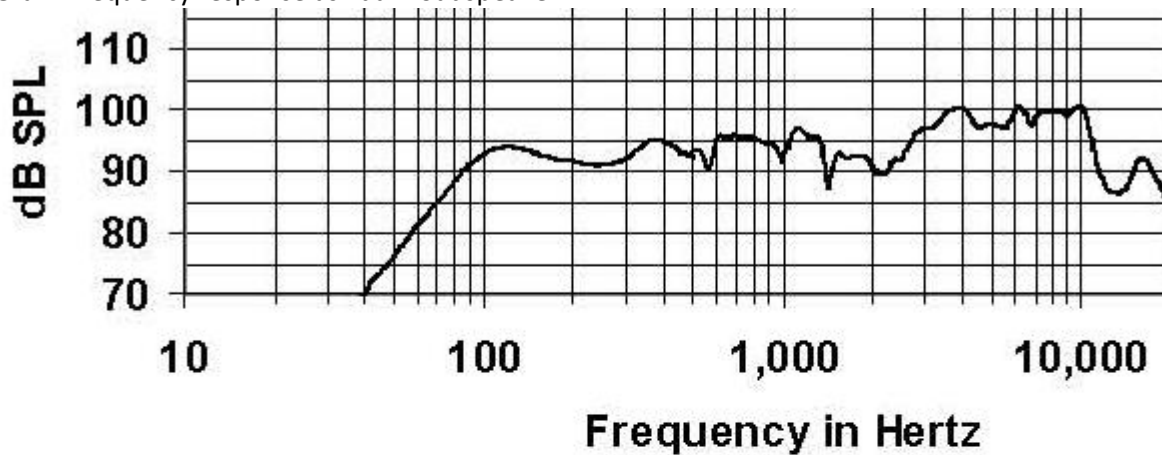
Perhatikan gambar dan coba mengerti lingkaran2 tsb. Jangan lanjut sebelum mengerti lingkaran2 merah diatas!

Karena pengukuran didalam ruangan, pantulan-pantulan dari dinding lain juga mengakibatkan comb filtering. Grafik diatas tidak secara jelas/gamblang menunjukkan peristiwa comb filtering ini secara cermat dan mudah dilihat mata. Perhatikan dimana frekuensi lembah atau puncak terjadi di frequency response-nya! "Naik/turun" dari grafik-grafik diatas dapat dibilang mengikuti prediksi pada tabel diatas, dimana seharusnya terjadi lembah/*notch* atau *peak*.

Selanjutnya saya ingin pembaca melakukan 3 pengamatan:

1. Bandingkan tiga grafik diatas dengan grafik dibawah ini, dimana frequency response loudspeaker ini diukur dengan benar tanpa adanya gangguan dari pantulan.
2. Untuk mendekati grafik seperti yang dibawah ini, apakah kita harus menempatkan loudspeaker makin dekat/jauh dari mic?
3. Apakah gangguan pantulan lebih berpengaruh pada frekuensi tinggi atau rendah?

Grafik frequency response asli dari loudspeaker ini:



Amati ketiga hal tersebut sebelum lanjut!

Beberapa kunci dari pengamatan diatas (jangan terlalu fokus pada grafik freq response asli dari loudspeaker ini):

1. Bandingkan tiga grafik diatas dengan grafik dibawah ini, dimana frequency response loudspeaker ini diukur dengan benar tanpa adanya gangguan dari pantulan.
**Adakah poin dimana frekuensi-frekuensi pantulan (bukan hanya dari lantai, tapi dari ruangan) tidak banyak mengubah frequency response? Apakah yang anda lihat diatas 1kHz dan dibawah 1kHz?*
 2. Untuk mendekati grafik seperti yang dibawah ini, apakah kita harus menempatkan loudspeaker makin dekat/jauh dari mic?
**Perhatikan frekuensi dibawah 500Hz, mana yang lebih mirip? Makin dekat jaraknya atau makin jauh jaraknya?*
 3. Apakah gangguan pantulan lebih berpengaruh pada frekuensi tinggi atau rendah?
**apakah anda mempunyai kesimpulan?*
-

Perhatikan bahwa :

1. frekuensi 300Hz kebawah mempunyai fresponse yang lebih mirip antara aslinya dengan penempatan mic yang dekat (contoh kali ini adalah 2ft).
2. diatas 1kHz, 3 grafik dari experiment saya tidak berubah banyak (hal ini dikarenakan sifat dari room modes di frequency tinggi, tidak dibahas di artikel ini).
3. Walaupun comb filtering berdasarkan pengamatan tabel prediksi tidak dapat terlihat jelas, bandingkan antara jarak 2ft dan 7.42ft ... dapatkah anda melihat bahwa comb filtering lebih terlihat jelas jika beda jarak tempuh suara yang terpantul dan suara langsung makin pendek?

Part ke-2 akan membahas beberapa alasan-alasan dibalik fenomena ini, yang masih memfokuskan pada pantulan lantai. Harap maklum dan mohon maaf jika ada kesalahan perhitungan.

YP Hadi SK