

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

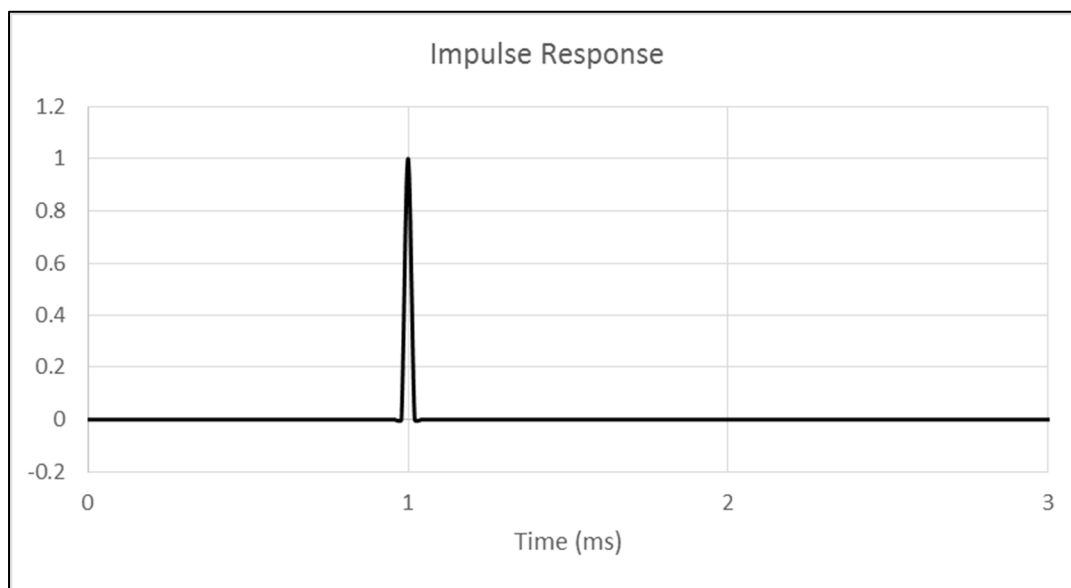
Pengantar

Di era digital saat ini, sangatlah mudah melihat respon fase *loudspeaker* dengan menggunakan *audio analyzer* berbasis FFT atau TDS. *Software* tersebut tidaklah mahal dan sudah cukup banyak di gunakan di dunia *live sound*, instalasi, dan riset *loudspeaker*. Beberapa *software analyzer* yang populer adalah ARTA, Smaart, Systune, EASERA, dan masih banyak lagi yang lain.

Respon fase seringkali dipertanyakan. Banyak praktisi audio menggunakan fitur *software* seperti: *delay finder*, *auto delay finder* atau *phase compensator* untuk melihat respon fase. Akan tetapi, banyak sekali yang tidak mengerti bagaimana prinsip kerja fitur tersebut. Artikel ini akan mendiskusikan bagaimana cara yang benar untuk menentukan referensi waktu untuk melihat respon fase dan dengan asumsi pembaca memiliki sedikit pengalaman dalam pengukuran *loudspeaker*.

Impulse Response dan Dunia Digital

Pertama-tama, mari kita berdiskusi tentang grafik *impulse response*.



Gambar 1

Gambar 1 menunjukkan sebuah grafik *impulse response* yang sempurna (*Dirac Pulse*) dengan puncak pada 1 milidetik. Ini adalah grafik dimensi waktu yang menunjukkan :

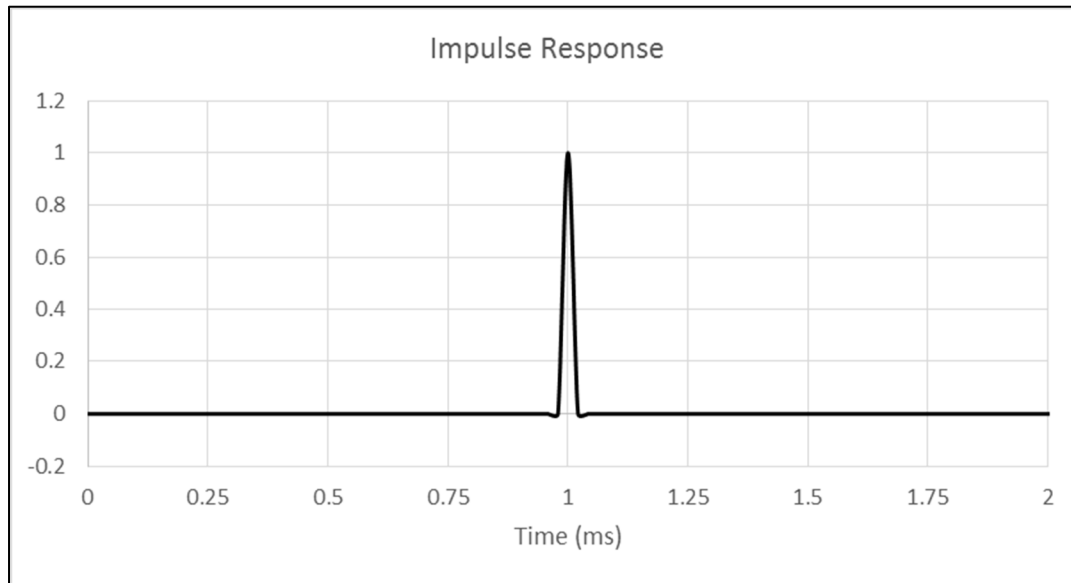
- ✓ Sebuah energi *impulse* yang terdeteksi pada waktu = 1 milidetik.
- ✓ *Propagation delay* (waktu propagasi/tempuh) dari sinyal adalah 1 milidetik.
- ✓ Sumbu Y menunjukkan nilai satu, menunjukkan besaran sinyal adalah +1.

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

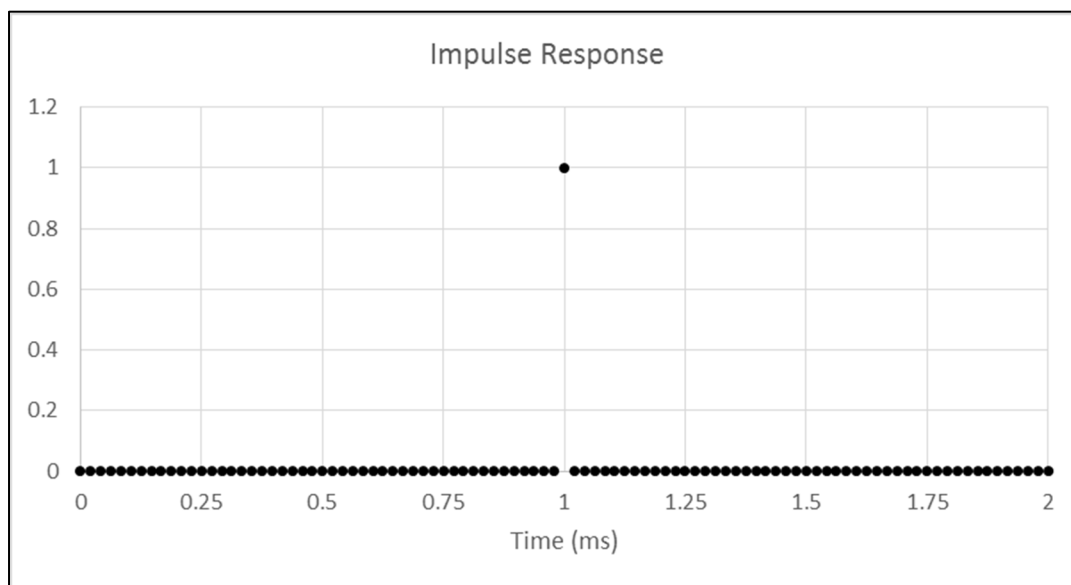
Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Jika kita perbesar grafik tersebut, dapat kita lihat pada gambar 2 bahwa *impulse response* dimulai sesaat sebelum 1 milidetik. Namun apakah waktu kedatangan yang tepat adalah sesaat sebelum 1 milidetik?



Gambar 2

Untuk memperjelas suatu grafik, sebuah garis digunakan untuk menghubungkan titik. Hal ini untuk mempermudah apa yang kita lihat di layar. Mari kita lihat gambar 2 dengan grafik titik.



Gambar 3

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Pada gambar 3, terlihat jelas bahwa *impulse* tersebut hanya memiliki satu puncak energi yang terjadi pada 1 milidetik. Memahami dimana awal kedatangan *impulse response* adalah tahap pertama untuk membaca respon fase. Tidak semua *analyzer* mampu menampilkan grafik titik, akan tetapi sangatlah penting untuk memahami apa yang terjadi dibalik garis atau kurva di dalam piranti digital.

Catatan: di dalam dunia digital, semua sinyal terbentuk dari titik-titik yang terpisah (tidak terhubung) dan resolusi waktu di tentukan oleh *sample rate*. Sebuah *Dirac* hanya mengandung satu *sample*.

Propagation Delay dan Respon Fase

Mengapa kita perlu memperhatikan dimana titik awal mula kedatangan *impulse response*? Mari kita lihat apa pengaruh *propagation delay* (waktu tempuh) terhadap respon fase.

Propagation delay dapat terjadi karena beberapa hal, diantaranya :

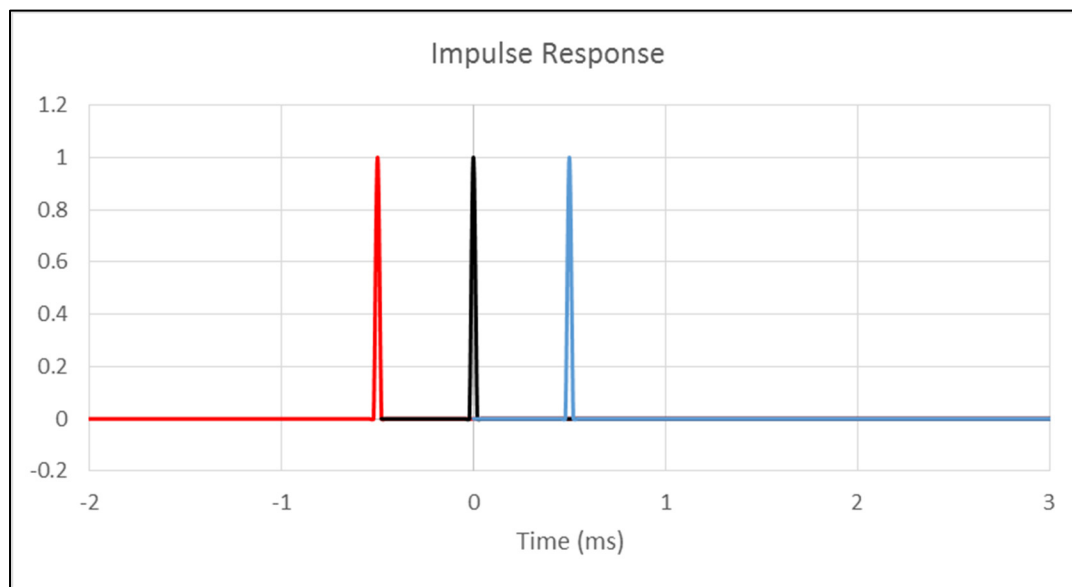
- ✓ Waktu rambat suara
Adalah waktu yang dibutuhkan oleh suara untuk merambat ke mikrofon. Cepat rambat suara di udara adalah sekitar 344 meter per detik (pada suhu 20°C). Sangatlah penting untuk mengetahui bahwa suara membutuhkan waktu untuk merambat di udara.
- ✓ Waktu proses piranti digital (*latency*)
Proses digital atau konversi sinyal digital ke analog atau sebaliknya, membutuhkan waktu. Umumnya proses A/D sampai D/A dapat mencapai sekitar 2 milidetik. Proses data digital yang lebih besar membutuhkan interval waktu yang lebih lama, sehingga dapat memperbesar *propagation delay*.
- ✓ Penggunaan filter FIR (*finite impulse response*)
Penggunaan filter FIR dapat mengakibatkan penambahan *propagation delay*. Proses filter tersebut dapat menambah waktu tunda dari 1 milidetik hingga >500 milidetik tergantung pada aplikasinya.

Pada gambar 4 di bawah, mari kita asumsikan sebuah *loudspeaker* yang 'sempurna' di ukur dengan metode *dual FFT* dan menghasilkan grafik *impulse* warna biru. Hasil observasi menunjukkan *propagation delay* sebanyak 0,5 milidetik (dengan asumsi menggunakan mikrofon yang 'sempurna' pada jarak sekitar 17cm). Grafik *impulse response* warna hitam menunjukkan *propagation delay* yang telah dihilangkan sehingga puncak *impulse* berada tepat pada 0 milidetik. Ini di lakukan dengan cara menggeser *impulse response* (akan di jelaskan di bawah). Grafik *impulse response* warna merah menunjukkan *propagation delay* yang digeser 0,5 milidetik terlalu banyak. Grafik *impulse* warna merah adalah respon tanpa hukum sebab akibat. Sebuah *impulse* yang terjadi sebelum 0 milidetik dapat dianggap bahwa *output* terjadi sebelum sinyal *input* diterima oleh peralatan.

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com



Gambar 4

Gambar 5 menunjukkan respon fase jika *propagation delay* di hilangkan dengan benar, dimana puncak *impulse* berada pada 0 milidetik. Perhatikan respon fase yang *flat* pada 0 derajat dan *group delay* juga pada 0 derajat.

Group delay adalah kecepatan perubahan fase relatif terhadap frekuensi. Rumus *group delay* dapat dilihat di bawah ini :

$$\tau_g(\omega) = -\frac{d\phi}{d\omega}; \text{ dimana:}$$

ω (*omega*) is frekuensi *angular* or 2π kali frekuensi.

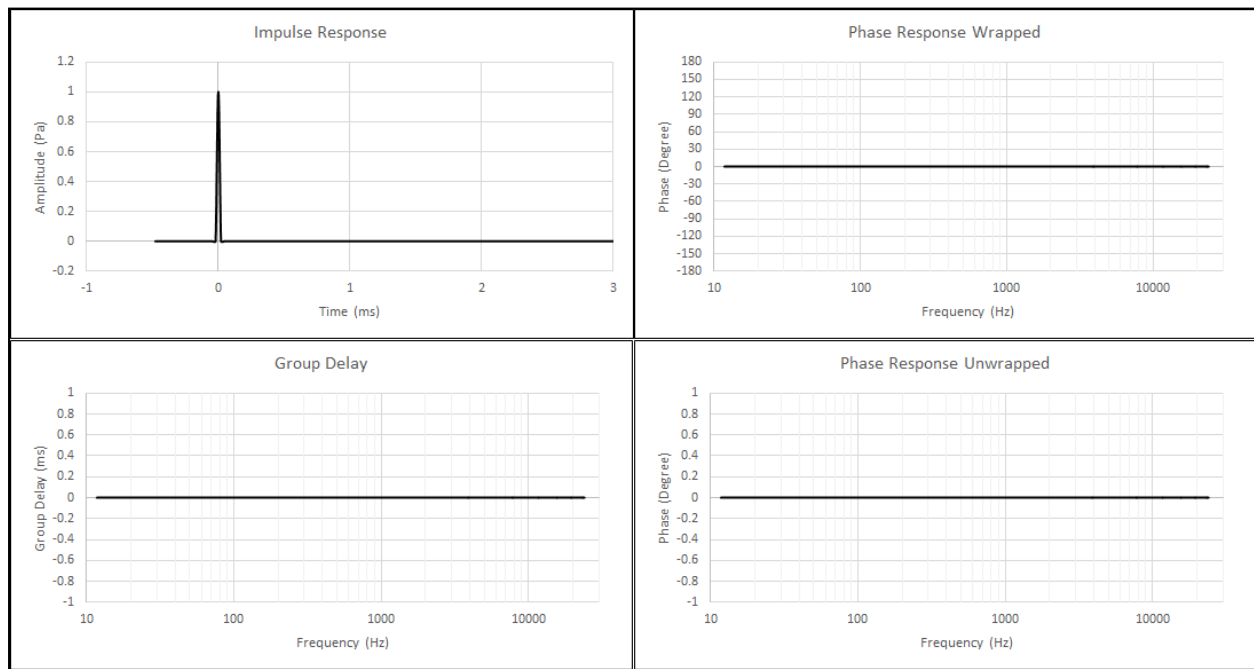
ϕ (*phi*) adalah fase.

τ (*tau*) adalah *group delay*.

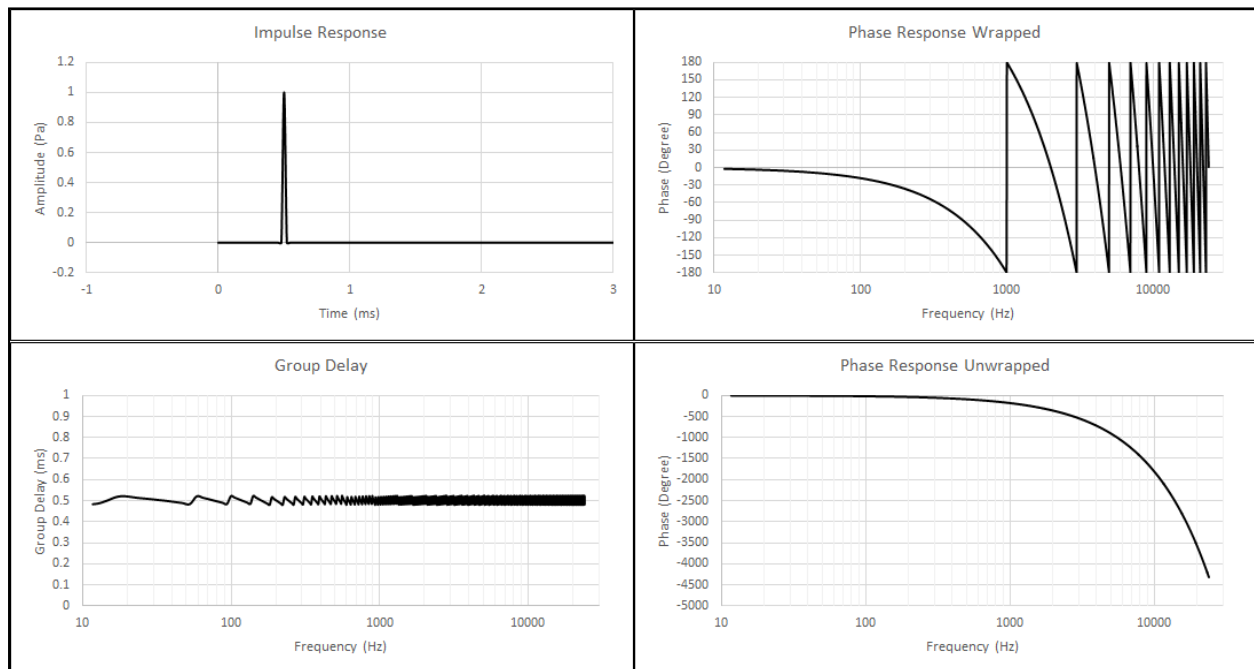
Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com



Gambar 5



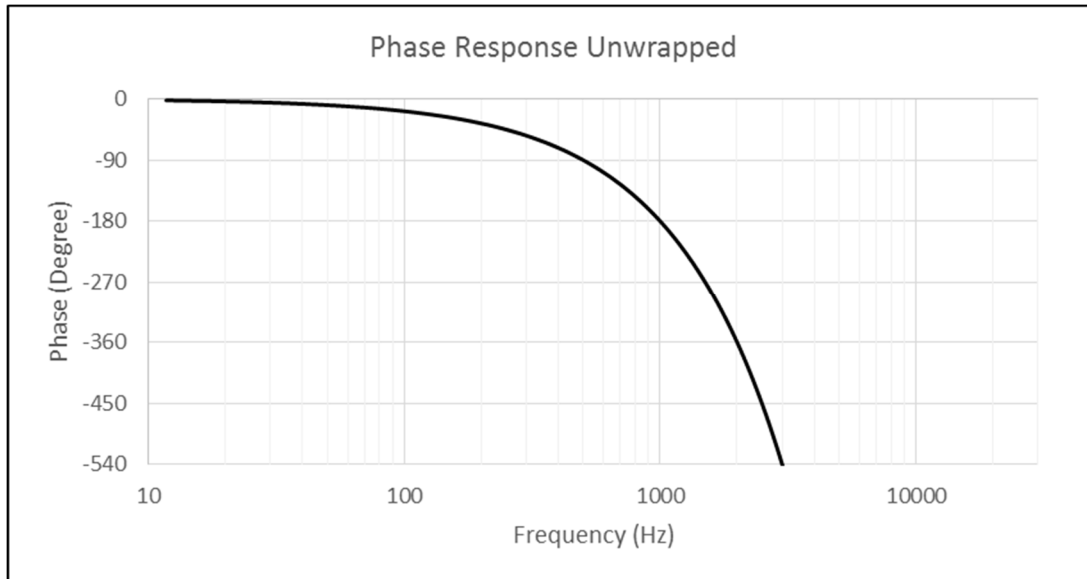
Gambar 6

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Mari beralih ke gambar 6, silahkan perhatikan respon fase nya jika *propagation delay* 0,5 milidetik tidak dihilangkan. Untuk melihat respon fase lebih jelas, gambar 7 memperbesar respon fase yang tidak ‘terlipat’ (*unwrapped*) dari gambar 6.



Gambar 7

Dengan persamaan berikut :

$$1 = T \times f; \text{ dimana:}$$

T adalah perioda (detik).

f adalah frekuensi (Hz).

Dapat kita hitung bahwa 0,5 milidetik adalah perioda dari 2.000Hz. Perioda adalah waktu yang di butuhkan oleh gelombang suara untuk mencapai satu putaran (360°). Oleh karena itu, dapat kita lihat bahwa fase -360° berada pada 2.000Hz. Pada frekuensi 1.000Hz, satu putaran penuh membutuhkan waktu 1 milidetik. Dengan kata lain, frekuensi 1.000Hz tertinggal setengah putaran dan 2.000Hz tertinggal satu putaran relatif terhadap 0,5 milidetik *propagation delay*. Tanpa menghilangkan *propagation delay* maka semua komponen frekuensi pada sinyal input telah bergeser dengan jumlah yang sama pada dimensi waktu. Hal Ini tidak menunjukkan fase yang terdistorsi.

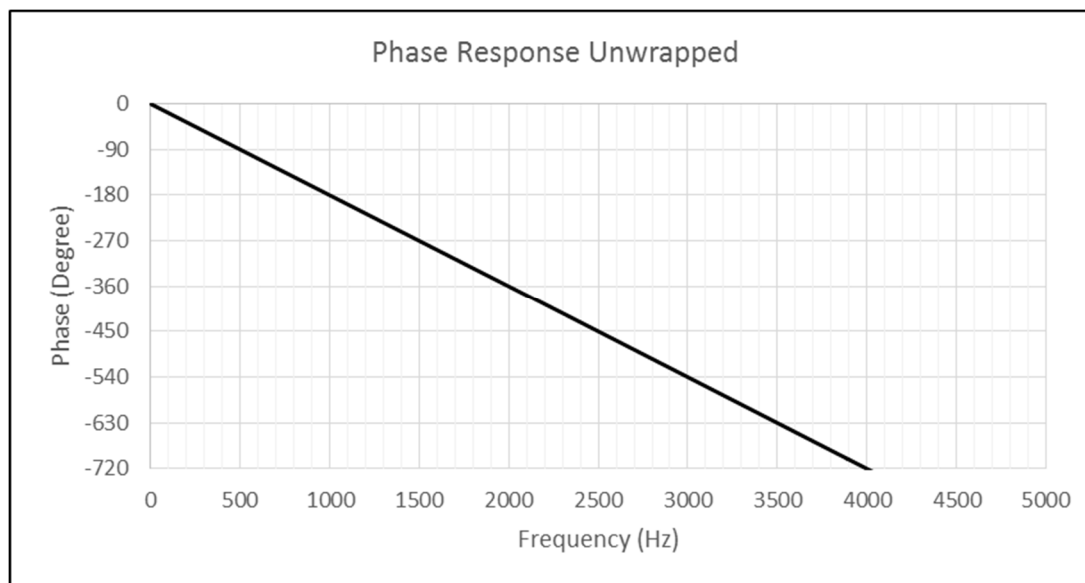
Jika sumbu X (sumbu frekuensi) dari gambar 7 kita ubah menjadi skala *linear*, maka kita dapat melihat garis yang konstan. Silahkan observasi gambar 8.

Catatan: Nilai negatif pada fase menunjukkan kondisi dimana fase mengalami keterlambatan/penundaan pada frekuensi tersebut.

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com



Gambar 8

Hal lain yang bisa di amati dari gambar 6 adalah *group delay*. Kurva *group delay* berada tepat pada 0,5 milidetik, menunjukkan keterkaitan terhadap *propagation delay* yaitu 0,5 milidetik.

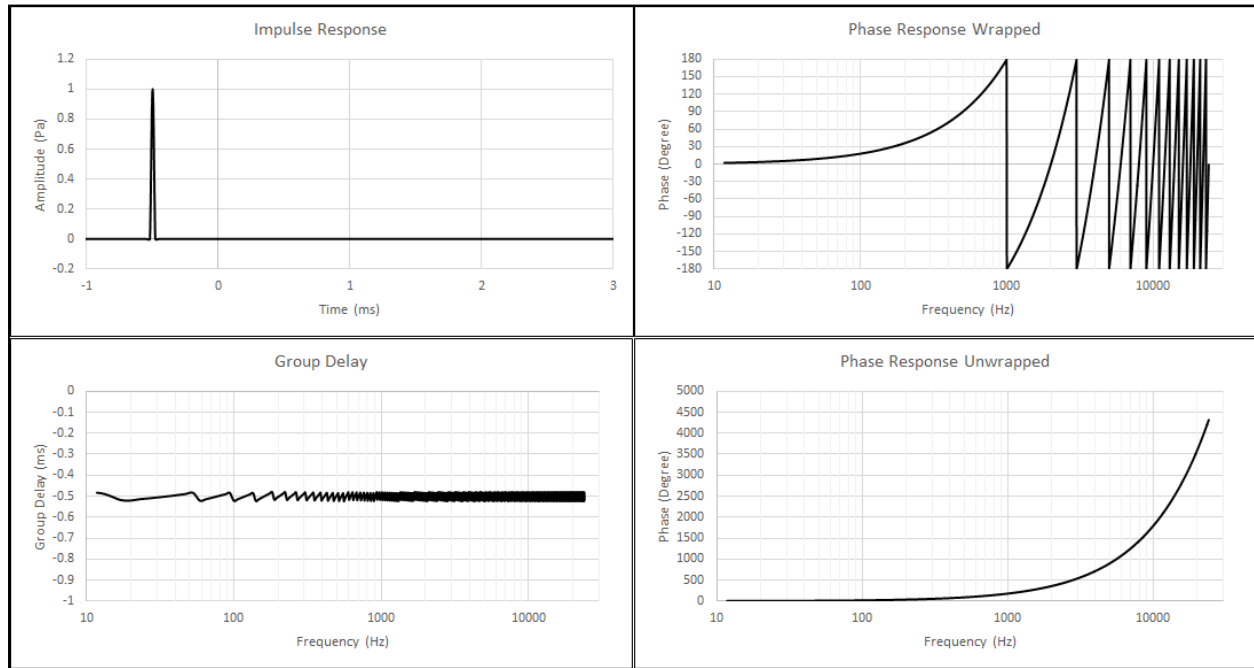
Mari kita perhatikan apa yang terjadi jika *impulse* tersebut kita geser 0,5 milidetik terlalu banyak. Silahkan bandingkan gambar 6 dan gambar 9. Gambar 10 adalah perpaduan antara respon fase dari gambar 6 (dengan *propagation delay* 0,5 milidetik – kurva biru) dan gambar 9 (*propagation delay* yang di geser 0,5 milidetik terlalu banyak – kurva merah).Dapat kita lihat bahwa kedua respon fase tersebut memiliki arah kurva yang berbeda. Menghilangkan *propagation delay* terlalu banyak dapat mengakibatkan fase menuju ke nilai positif dan *group delay* menuju ke nilai negatif.

Sangatlah penting untuk memahami bahwa sedikit saja perubahan pada *propagation delay* dapat mengakibatkan perubahan respon fase secara drastis terutama di frekuensi tinggi.

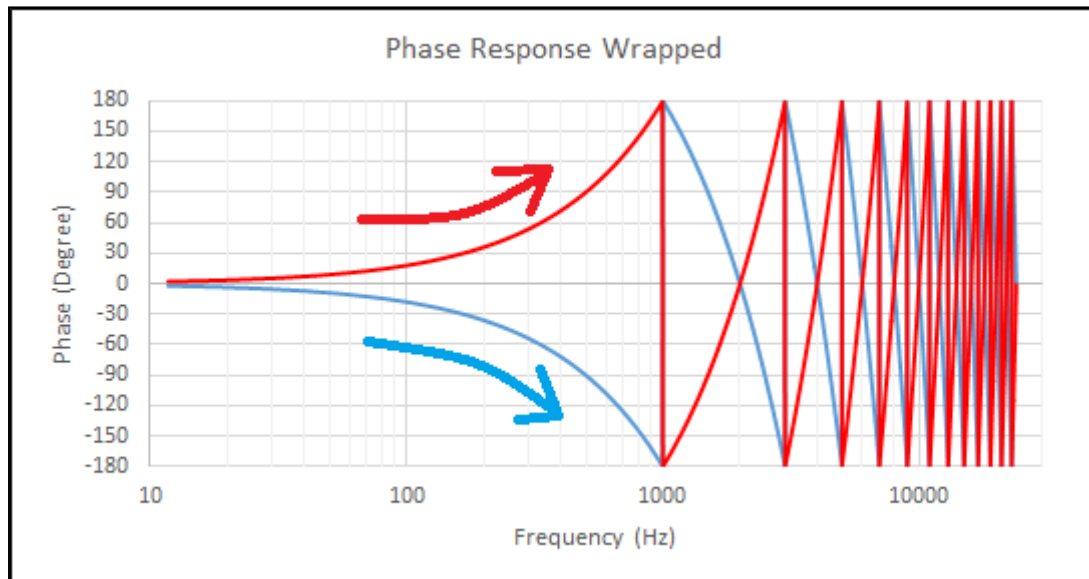
Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com



Gambar 9



Gambar 10

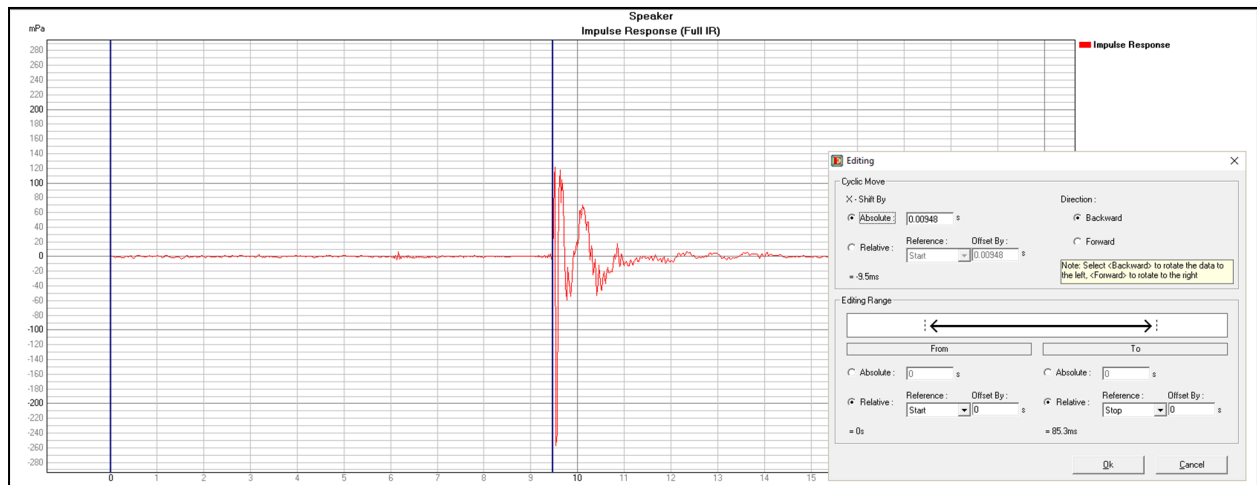
Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

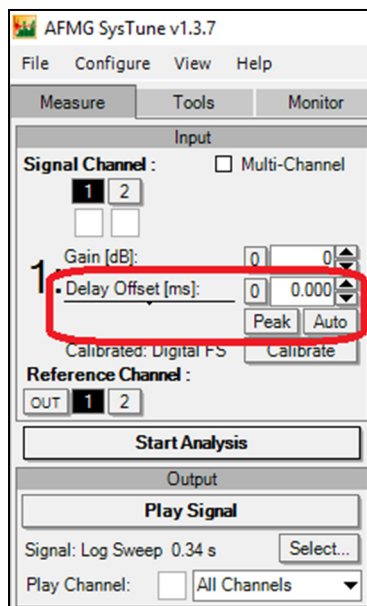
Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Menghilangkan *Propagation Delay*

Karena *propagation delay* mengakibatkan pergeseran fase secara *linear*, maka hal ini dapat dengan mudah diprediksi atau dihitung. Cara yang biasa digunakan untuk menghilangkan *propagation delay* adalah dengan menggeser puncak *impulse* ke 0 milidetik. Fitur ini banyak di jumpai pada *software* pengukuran sebagai *auto delay finder*, *auto peak finder*, *normalize max to zero*, dll. Sayangnya fitur ini dapat memperumit pembacaan respon fase jika terdapat intensitas yang lemah pada frekuensi diatas 1.000Hz, seperti adanya penggunaan *low pass filter*.



Gambar 11



Gambar 12

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Gambar 11 adalah tangkapan layar dari EASERA dimana pengguna dapat menghilangkan *propagation delay* secara manual dengan mengetik waktu *delay* yang diinginkan pada fungsi edit dengan sub menu *cyclic move*.

Gambar 12 adalah tangkapan layar dari Systune dimana pengguna dapat menghilangkan *propagation delay* secara manual dengan memasukkan jumlah selisih *delay* atau dengan cara menekan tombol *peak* untuk menggeser puncak *impulse* ke 0 milidetik.

Gambar 13 adalah tangkapan layar dari ARTA dimana pengguna dapat menentukan titik awal *impulse* dengan menempatkan kursor kuning, dengan begitu secara otomatis akan menghilangkan *propagation delay*.



Gambar 13

Masing-masing program memiliki cara yang berbeda untuk menghilangkan *propagation delay*. Beberapa di antaranya memiliki fungsi yang secara langsung menggeser puncak *impulse* ke 0 milidetik, dan yang lainnya mungkin membutuhkan penggeseran secara manual dengan menempatkan kursor/penanda. Penempatan kursor/penanda juga dapat menandakan penggunaan *rectangular window* pada bagian kiri atau lokasi pemotongan *impulse*.

Satu hal yang harus di ingat adalah *impulse response* sebuah loudspeaker mulai saat *direct sound* mencapai mikrofon. Sangatlah penting untuk memahami bahwa puncak *impulse* tidak selalu berkorelasi dengan energi awal kedatangan suara. Penggunaan puncak *impulse* sebagai referensi dapat menghasilkan kurva respon fase yang tidak berarti atau bahkan menyesatkan.

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

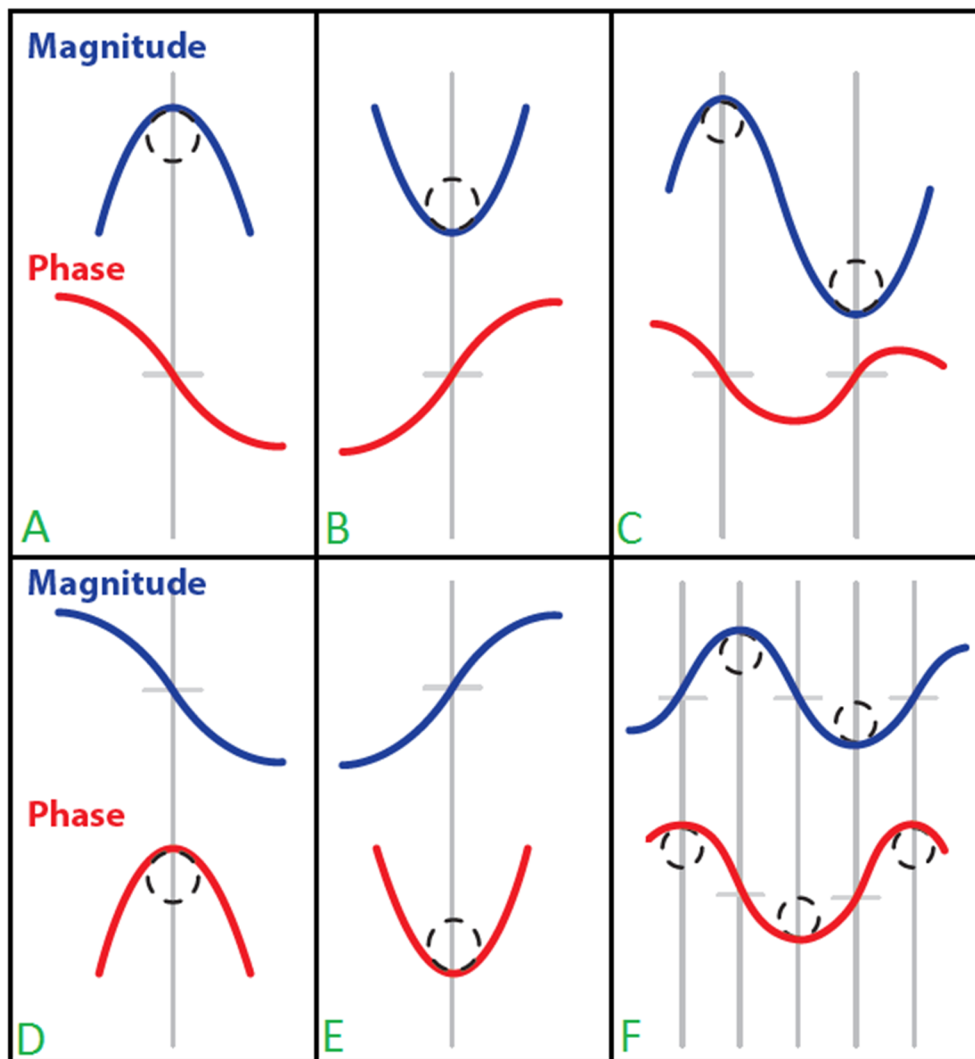
Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Sekilas Mengenai *Minimum Phase*

Minimum phase adalah kondisi dimana respon magnituda dan fase memiliki keterkaitan yang dapat di prediksi. Perubahan pada respon magnituda akan selalu di ikuti perubahan pada respon fase, sesuai dengan perhitungan *Hilbert transform*. Pada umumnya sistem *loudspeaker* tidak bersifat *minimum phase*, sedangkan *transducer* (*woofer* atau *tweeter*) bersifat *minimum phase*. Contoh lain dari sistem yang bersifat *minimum phase* adalah filter IIR (*infinite impulse response*) dengan pengecualian pada *all-pass filters*.

Visualisasi hubungan antara respon magnituda dan fase dapat di lihat pada gambar 14.



Gambar 14

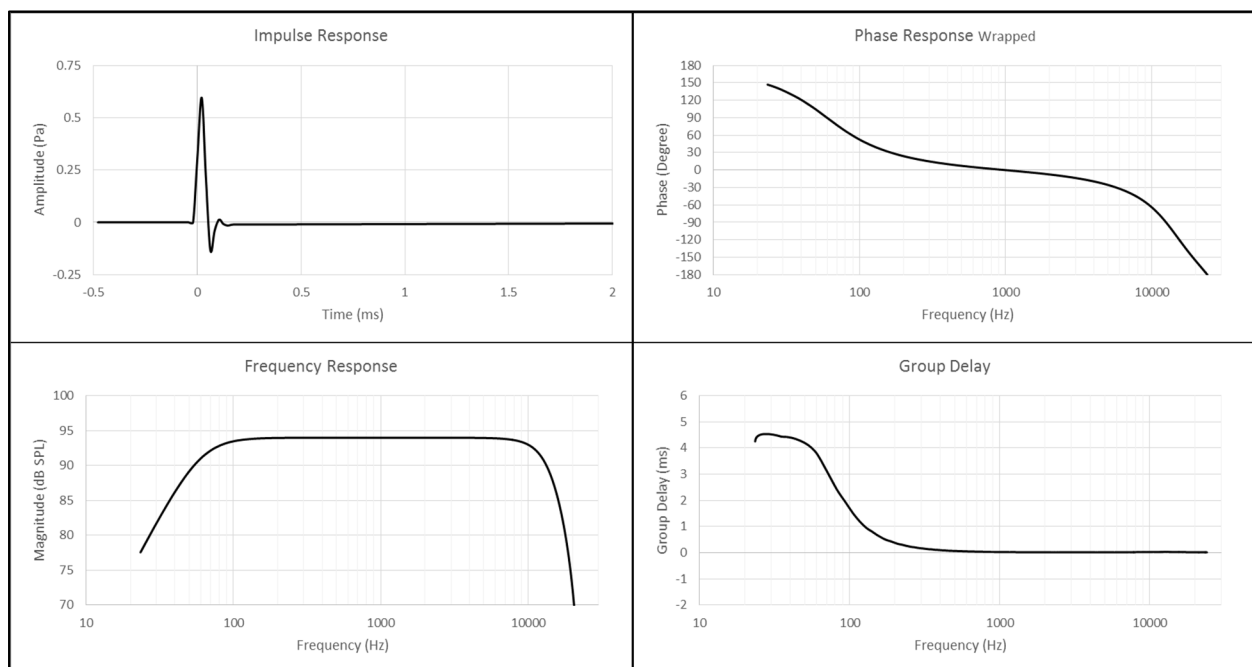
Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Nilai positif pada fase menunjukkan suatu kondisi di mana fase pada frekuensi tersebut berada pada posisi mendahului. Pada sistem *minimum phase*, fase dapat memiliki nilai positif jika respons frekuensi menaik (dari frekuensi rendah ke frekuensi tinggi) seperti pada kondisi *high pass*. Hal ini lumrah terjadi pada respon frekuensi terendah dari sebuah *transducer*. Poin penting lainnya adalah kondisi *low pass* dimana respon frekuensi menurun. Di dalam *minimum phase system*, hal ini akan menghasilkan nilai negatif pada fase (tertinggal).

Mari kita observasi respon dari *one-way loudspeaker* yang disimulasikan menggunakan IIR filter, dengan *high pass* pada 60Hz dan *low pass* pada 12.500Hz pada gambar 15 di bawah ini.



Gambar 11

Beberapa poin observasi :

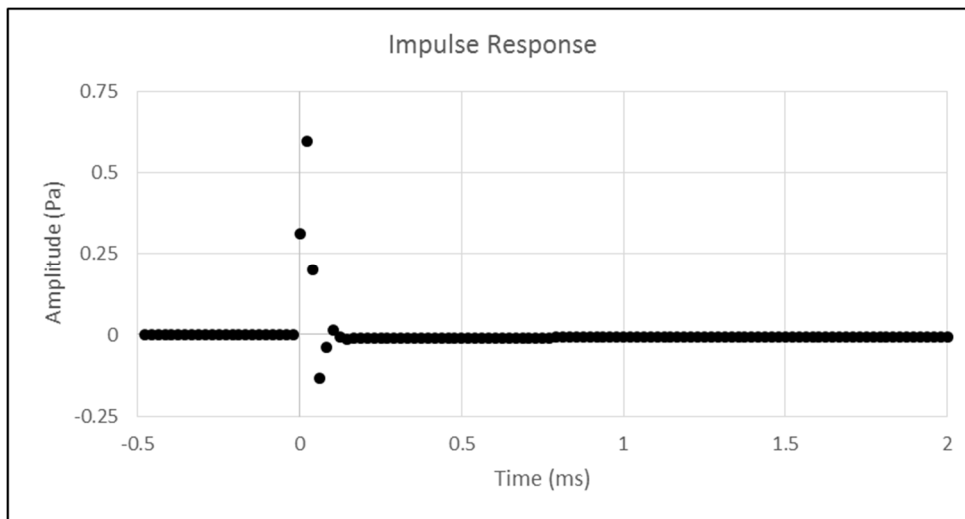
- ✓ Pada frekuensi rendah (dibawah 200Hz), fase memiliki nilai positif mengacu pada kondisi *high pass* (respon fase makin positif ke arah frekuensi lebih rendah).
- ✓ Pada frekuensi tinggi (di atas 8.000Hz), fase memiliki nilai negatif mengacu pada kondisi *low pass* (respon fase makin negatif ke arah frekuensi lebih tinggi).
- ✓ Pada frekuensi sekitar 1.000Hz nilai fase mendekati nol. Kondisi ini sesuai dengan yang di harapkan karena tidak ada perubahan respon frekuensi pada frekuensi tengah.

Hal lain yang dapat di observasi adalah puncak *impulse* yang tergeser sedikit ke kanan dari 0 milidetik. Mari observasi gambar 16 dimana grafik *impulse response* diubah menjadi grafik dot.

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

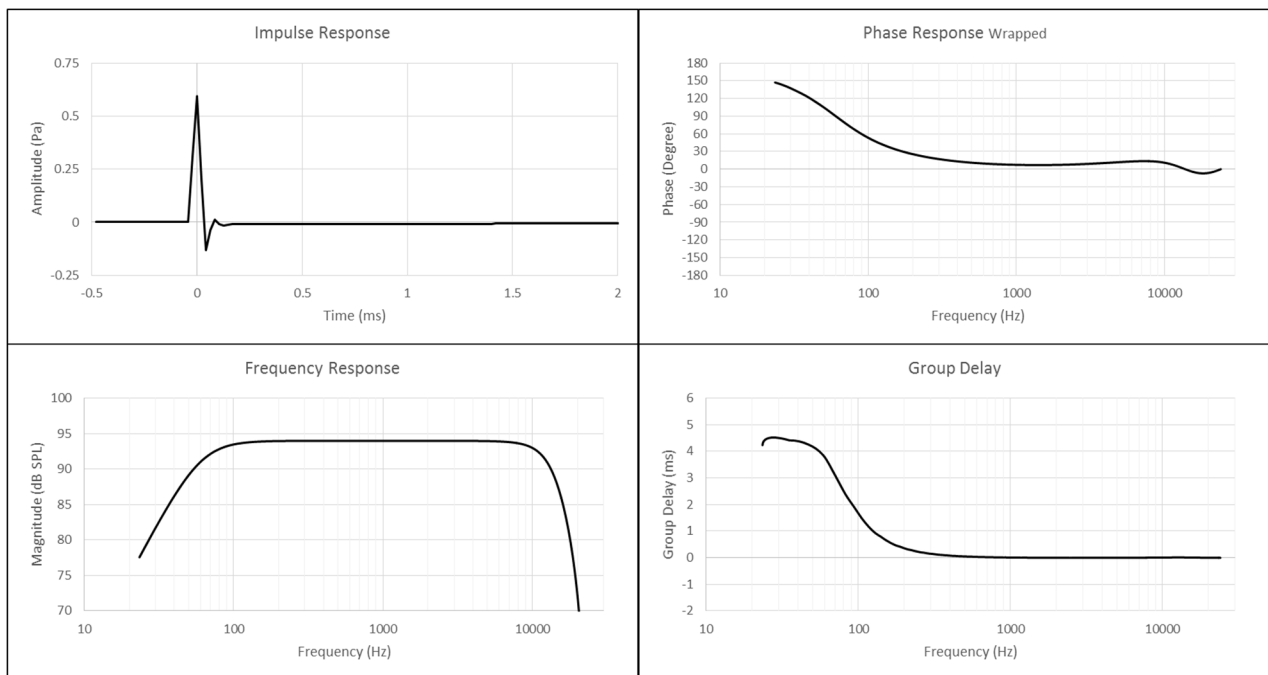
Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com



Gambar 12

Dari gambar 16, sangat jelas bahwa penempatan *impulse* tepat berada pada awal kedatangan energinya. Umumnya *analyzer* tidak memiliki kapabilitas untuk mengubah garis grafik menjadi grafik *dot*/titik, oleh karena itu sangatlah penting untuk mengamati *transfer function* (respon magnituda & fase) dan *impulse response* secara bersamaan.



Gambar 17

Respon Fase Loudspeaker yang Berarti

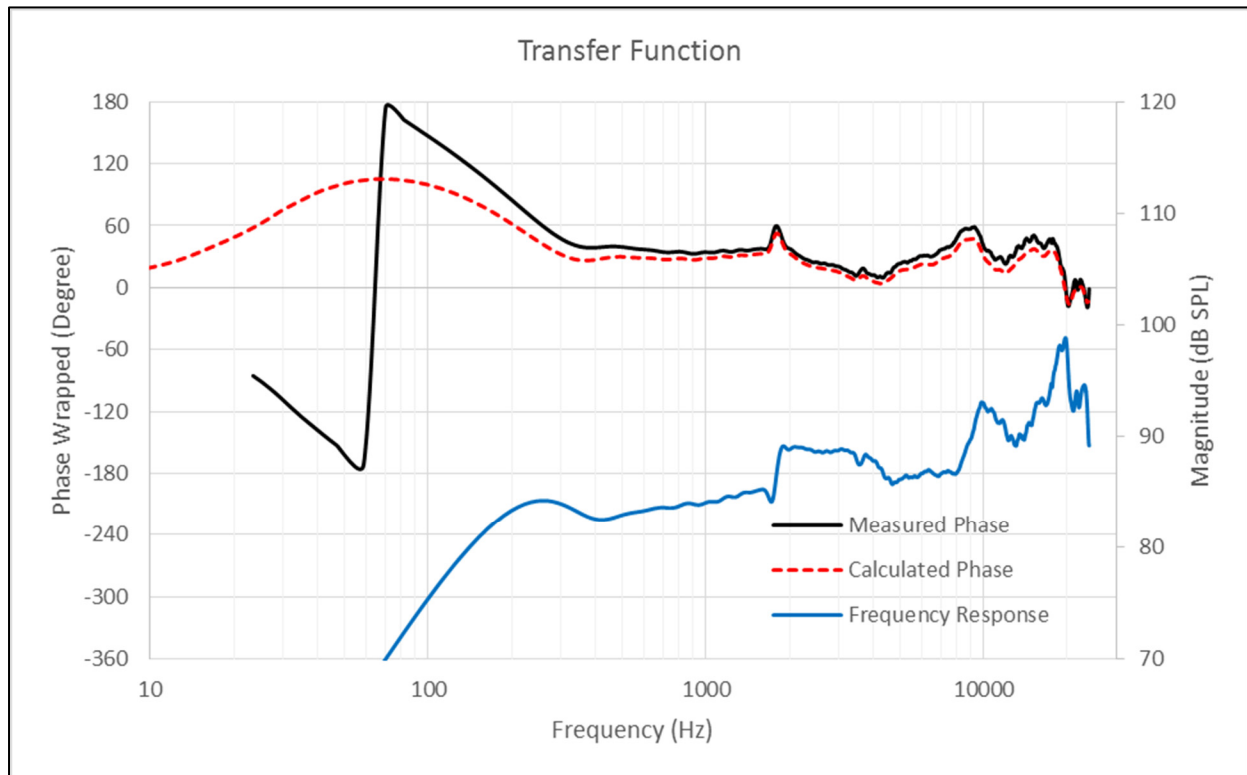
Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Apa yang terjadi jika *auto delay finder* digunakan? Mari kita observasi gambar 17.

- ✓ Respon frekuensi tidak berubah pada saat *impulse response* di geser.
- ✓ Puncak *impulse* ditempatkan pada 0 milidetik.
- ✓ Respon fase menjadi lebih *flat*, tetapi silahkan amati nilai positif / diatas 0 derajat hingga 10.000Hz. Nilai positif pada fase dapat mengindikasikan bahwa *impulse response* tergeser sedikit terlalu banyak, terutama dengan mengetahui respon frekuensi yang *flat* pada frekuensi tengah dan menurun pada frekuensi tinggi (didas 8.000Hz).

Sebuah respon fase yang memiliki nilai positif dapat di amati pada contoh berikutnya, gambar 18. Sebuah *woofer 2in* dengan *closed box* diukur pada jarak 1m. Pengukuran di lakukan tanpa filter elektronik dan bersifat *minimum phase*.



Gambar 18

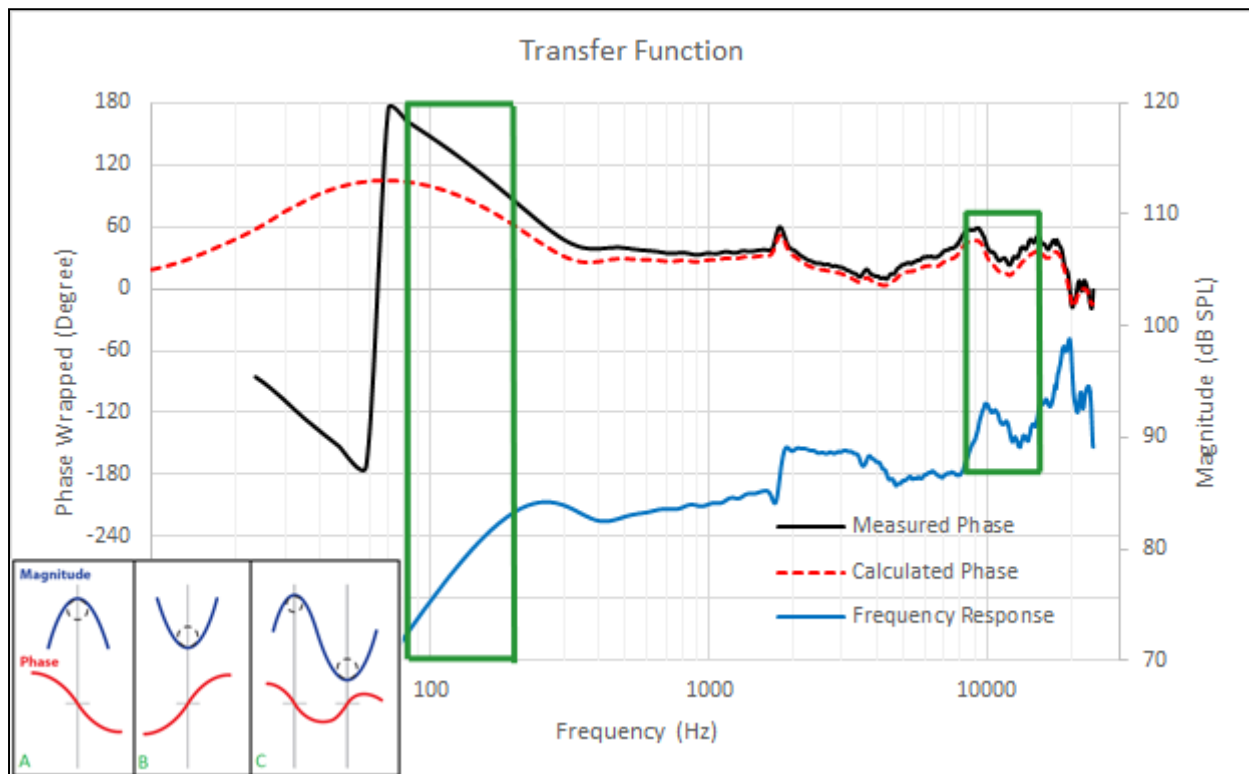
Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Beberapa observasi dari gambar 18:

- ✓ Perhitungan fase (*calculated minimum phase*) adalah respon *minimum phase* yang di hitung dari respon magnituda menggunakan *software* ARTA. Respon fase dari hasil perhitungan dan pengukuran sangat mirip, menunjukkan *propagation delay* yang dihilangkan dengan benar dari data pengukuran.
- ✓ Seluruh nilai fase adalah positif hingga 20.000Hz. Hal ini disebabkan oleh respon magnituda yang naik/menanjak ke arah frekuensi yang lebih tinggi.
- ✓ Gambar 19 menunjukkan kondisi *minimum phase* dengan membandingkan gambar 18 dan 14. Silahkan perhatikan daerah kotak hijau. Dibawah 200Hz, respon frekuensi menanjak. Karenanya, nilai fase di awali dengan nilai positif dan menurun sebagaimana terlihat di dalam gambar 14, grafik A. Pada frekuensi tinggi, sekitar 10.000Hz, respon frekuensi terukur menyerupai grafik C pada gambar 14. Pembaca dapat amati bagaimana respon fase yang identik antara pengukuran, perhitungan dan grafik C pada gambar 14.



Gambar 19

Respon Fase Loudspeaker yang Berarti

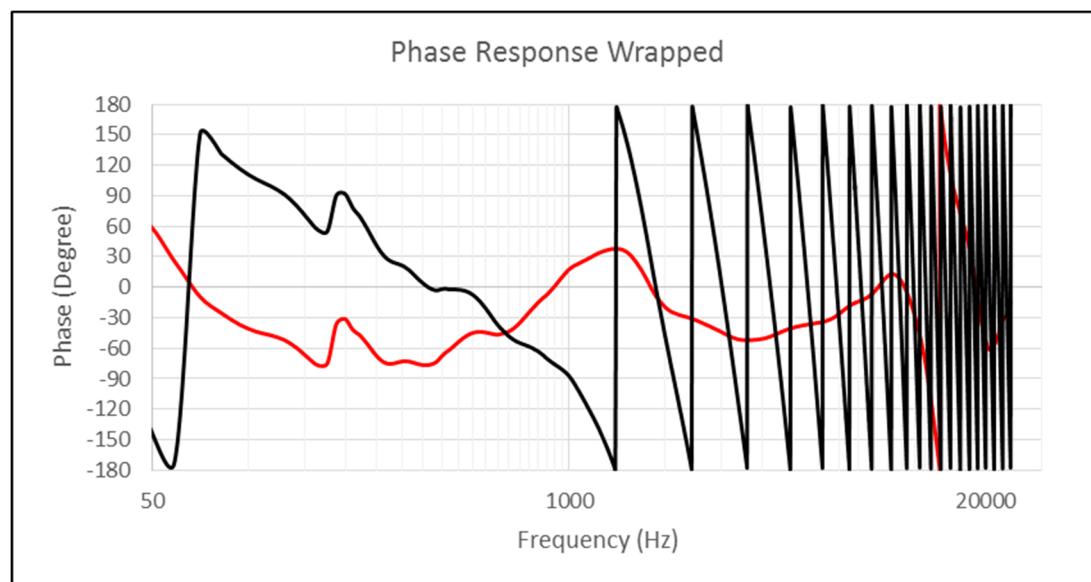
Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respon fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Sangatlah penting memahami bahwa respon fase dapat dengan mudah berubah hanya dengan menggeser *impulse response* dan mencari dimana posisi respon fase yang paling *flat*. Akan tetapi para praktisi audio harus mempertimbangkan satu pertanyaan: apakah respon fase tersebut berarti?

Respon Fase yang Berarti

Berarti dalam konteks ini adalah kegunaan dalam bidang teknis. Silahkan amati dua respon fase pada gambar 20 di bawah.



Gambar 20

Mari kita observasi tampilan pada gambar 20:

- ✓ Kurva merah menampilkan kurva fase yang terlihat lebih baik karena lebih *flat*.
- ✓ Terlalu banyak lipatan pada kurva hitam diatas 1.000Hz.

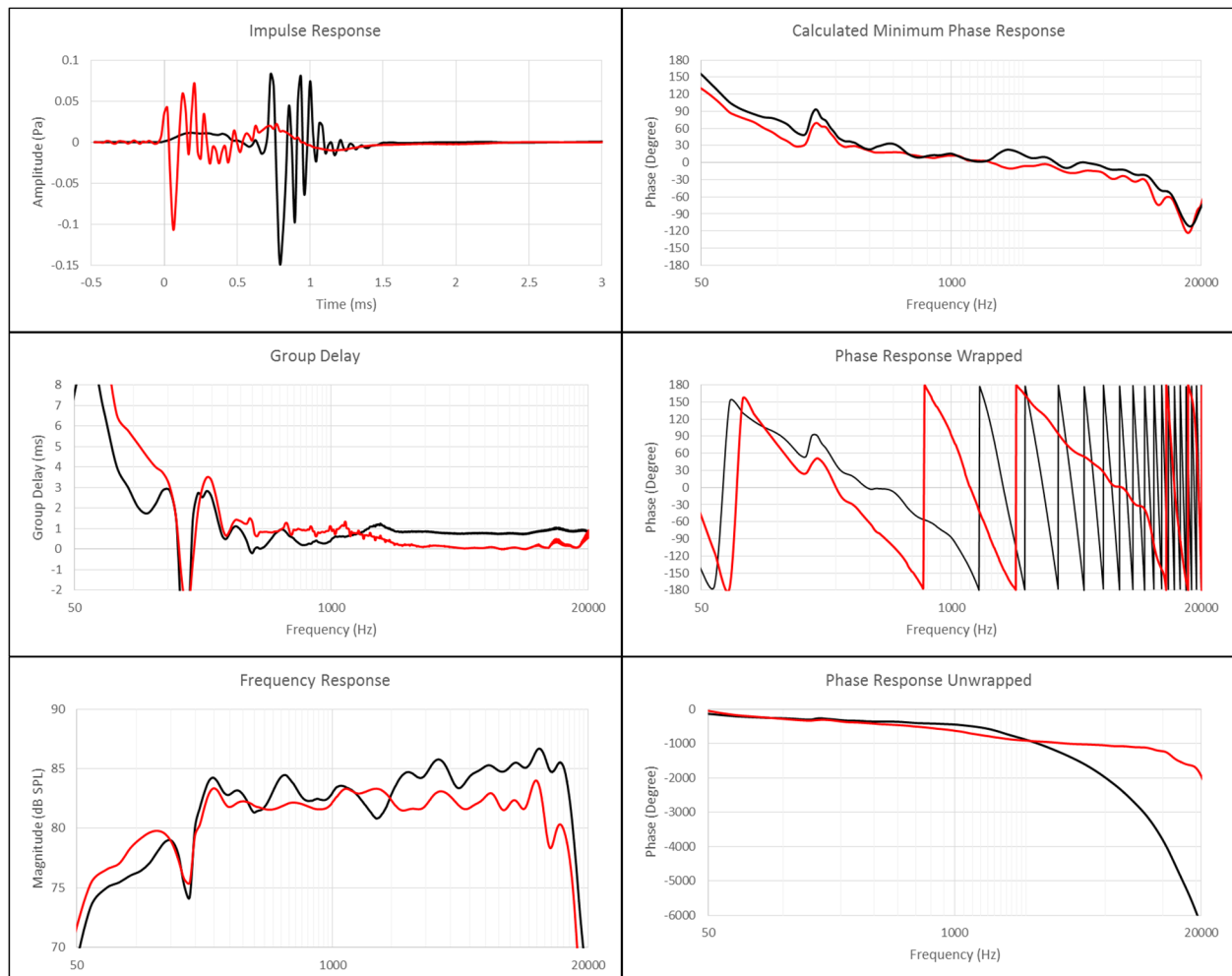
Kedua kurva pada gambar 20 mengacu pada data pengukuran yang sama. Kurva hitam memiliki *propagation delay* yang di hilangkan dengan benar, dan kurva merah menggunakan puncak *impulse* yang di letakan pada 0 milidetik (seperti menggunakan fungsi *auto delay finder*) dengan polaritas input yang dibalik.

Selalu ada cara untuk membuat respon fase terlihat lebih *flat*, tapi belum tentu berarti untuk urusan teknis. Kita akan berdiskusi mengenai kurva hitam diatas. Mari kita mendiskusikan respon fase dengan contoh perbandingan: sebuah *loudspeaker* 12in 2-way dengan *horn* di ukur secara pasif (tanpa DSP) dan secara *bi-amp* menggunakan DSP. Silahkan observasi hasil pengukuran *on-axis* pada gambar 21. Kurva merah adalah *bi-amp* dengan DSP dan kurva hitam adalah pasif tanpa DSP (pasif berarti menggunakan *crossover* rakitan yang ada didalam *box* tersebut).

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com



Gambar 21

Ketika seorang praktisi audio menghilangkan *propagation delay* pada *impulse response* dengan benar, maka datanya akan lebih berarti. Diskusi dibawah ini hanya terfokus tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan fase.

- ✓ Respon *minimum phase* yang terhitung (*calculated*) berbeda dengan respon *minimum phase* yang terukur.
Kondisi ini menunjukkan bahwa *loudspeaker* dalam uji coba bukan bersifat *minimum phase* baik dijalankan pasif maupun *bi-amp. Transducer* yang digunakan mungkin bersifat *minimum phase*, tapi sebagai satu kesatuan sistem *loudspeaker*, penggunaan *crossover* baik secara pasif maupun aktif tidak akan menghasilkan respons fase yang bersifat *minimum phase* seperti yang terhitung (*calculated minimum phase*).

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

- ✓ Fase yang menurun atau berlipat secara drastis pada frekuensi diatas 1.000Hz.
Kurva hitam adalah *loudspeaker* yang di jalankan secara pasif. Jika kita perhatikan pada *impulse response*, pembaca dapat amati adanya gelombang kecil sebelum puncak *impulse*. Gelombang kecil tersebut adalah *impulse* dari *woofer*. Gelombang *woofer* terlihat lebih kecil karena grafik *impulse response* didominasi oleh frekuensi tinggi. Jika *low pass filter* diimplementasikan pada *woofer*, maka ketinggian dari puncak *impulse* akan berkurang secara drastis. Puncak *impulse* yang tinggi adalah milik *tweeter*, yang sampai beberapa saat kemudian (sekitar 0,7 milidetik). Karena *loudspeaker* dijalankan dengan *crossover* pasif, kondisi ini menunjukkan bahwa posisi *voice coil* dari *tweeter* berada lebih ke belakang dari *voice coil*-nya *woofer*. Hal ini umumnya disebabkan oleh kedalaman horn *tweeter*. Jadi *direct sound* dari *woofer* mencapai mikrofon dahulu, kemudian diikuti oleh *tweeter* 0,7 milidetik setelahnya. Sebagaimana diskusi sebelumnya pada gambar 6, penambahan *propagation delay* (relatif terhadap kedatangan *woofer* yang lebih awal) mengakibatkan fase menjadi turun/terlipat dan mengakibatkan *group delay* menjadi lebih besar.
- ✓ Nilai *Group delay* yang lebih besar pada kurva hitam di frekuensi tinggi (didas 1.000Hz).
Menyambung dengan diskusi sebelumnya, berdasarkan perbedaan waktu kedatangan energi suara antara *tweeter* dan *woofer*, pembaca dapat amati nilai positif dari *group delay* mendekati 0,7 milidetik diatas 1.000Hz. Secara sederhana, waktu kedatangan *tweeter* diperkirakan 0,7 milidetik setelah *woofer*.
Group delay pada kurva merah menunjukkan kurva berada pada 0 milidetik di atas 1.000Hz. Dengan membandingkan kurva merah dan hitam pada grafik *group delay* dan *impulse response*, kita bisa mengobservasi bahwa waktu tunda (*delay*) secara elektronik diaplikasikan pada *woofer* untuk menggeser perbedaan waktu kedatangan *direct sound*.
- ✓ Nilai *group delay* yang lebih besar pada frekuensi rendah (dibawah 100Hz)
Jika kita amati respon frekuensi, magnituda kurva merah lebih tinggi dibandingkan kurva hitam. Hal ini menjelaskan *output*/keluaran pada *woofer* dinaikan pada daerah frekuensi rendah. *Boost* frekuensi rendah juga biasa diikuti dengan *high pass filter* untuk proteksi, dan mudah diimplementasi secara digital. Penambahan *output* (*boost*) dengan menggunakan *parametric EQ* dan *high pass filter* akan menambah *group delay*.

Mari kita lihat lagi gambar 20, kurva merah. Respon fase *loudspeaker* pasif dapat terlihat lebih *flat* dengan cara menempatkan puncak *impulse response* pada 0 milidetik dan membalik polaritas input *loudspeaker*. Hal ini mungkin bisa digunakan untuk tujuan promo/pamer, tetapi respon fase yang demikian adalah menyenangkan dan tidak berarti dalam dunia teknis.

Respons Fase Loudspeaker yang Berarti

Mengerti pemikiran dan perspektif dari kurva respons fase

Hadi Sumoro – www.HXAudioLab.com & www.HadiSumoro.com

Kesimpulan

Dengan menghilangkan *propagation delay* dengan benar, para praktisi audio dapat mendapatkan informasi data teknis yang berarti dari sebuah kurva respon fase.

Saya mengucapkan terima kasih kepada Pat Brown (www.ProSoundTraining.com), Riccardo Balistreri and Chris Devenney atas masukan pada artikel ini sebelum publikasi, serta mengucapkan banyak terima kasih kepada Irwan Prasetyo yang sudah menerjemahkan artikel ke dalam Bahasa Indonesia.