

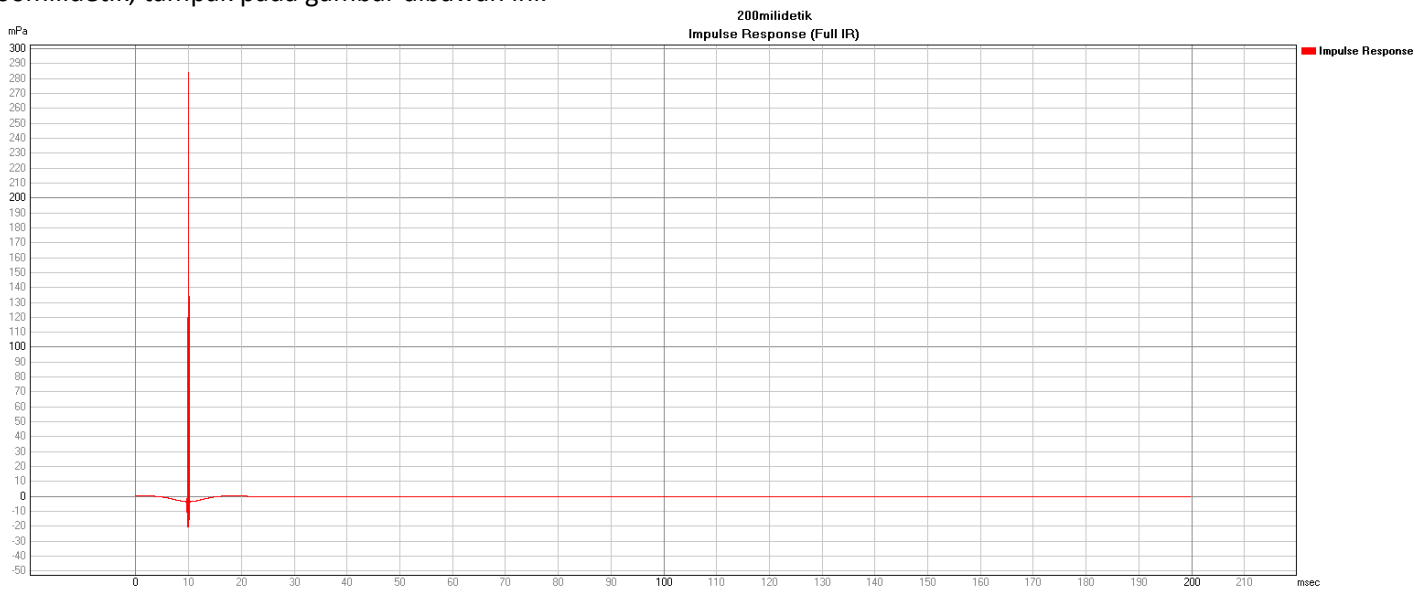
Info: Artikel ini adalah suplemen dari buku Pengambilan dan Pemahaman Data Teknis Loudspeaker yang Praktis. Sangat disarankan untuk membaca selesai bab 2 sebelum membaca artikel ini.

Resolusi frekuensi adalah salah satu hal yang penting untuk diperhatikan, yang menunjukkan interval antara frekuensi yang dianalisa. Semuanya berasal dari matematika Fourier. Lihat dibawah ini, rumus dari DFT (Discrete Fourier Transform, yang merupakan perhitungan matematika yang identik dengan FFT):

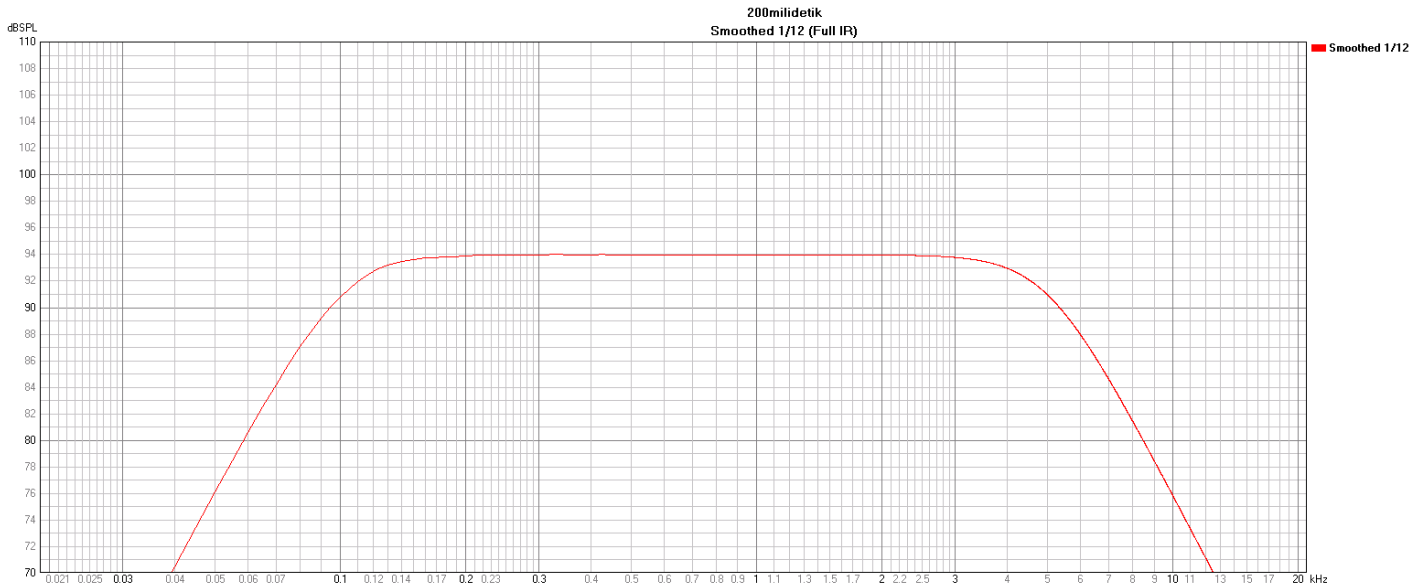
$$X(m) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j2\pi nm / N}$$

Mari kita bedah sedikit rumus diatas menggunakan contoh. Pada halaman 42 buku saya, tampak pada grafik 31 sebuah sinyal yang terekam sebuah mic. Ini adalah sebuah hal yang lumrah. Microphone akan merekam berdasarkan panjang waktu rekaman, dimana sumbu X adalah waktu (dari kiri ke kanan berarti waktunya bertambah), dan sumbu Y adalah amplituda tekanan suara. Ini adalah hal dasar penangkapan sebuah sinyal, yaitu dalam dimensi waktu. Pada rumus diatas, sumbu X mempunyai angka misalnya 0detik, 0,5detik, 1detik, 1,5detik dan selanjutnya. Pada tiap detik, ada satu buah data amplituda. Inilah $x(n)$, dimana fungsi ini menunjukkan deretan waktu yang mempunyai data amplituda. $X(m)$ adalah fungsi deretan frekuensi (sumbu X), dengan amplitudanya. Satu hal penting dalam rumus diatas: N. Inilah yang sering pembaca/praktisi jumpai di alat ukur dengan nomer seperti 1024, 2048, 4096, 8192, dan sebagainya.

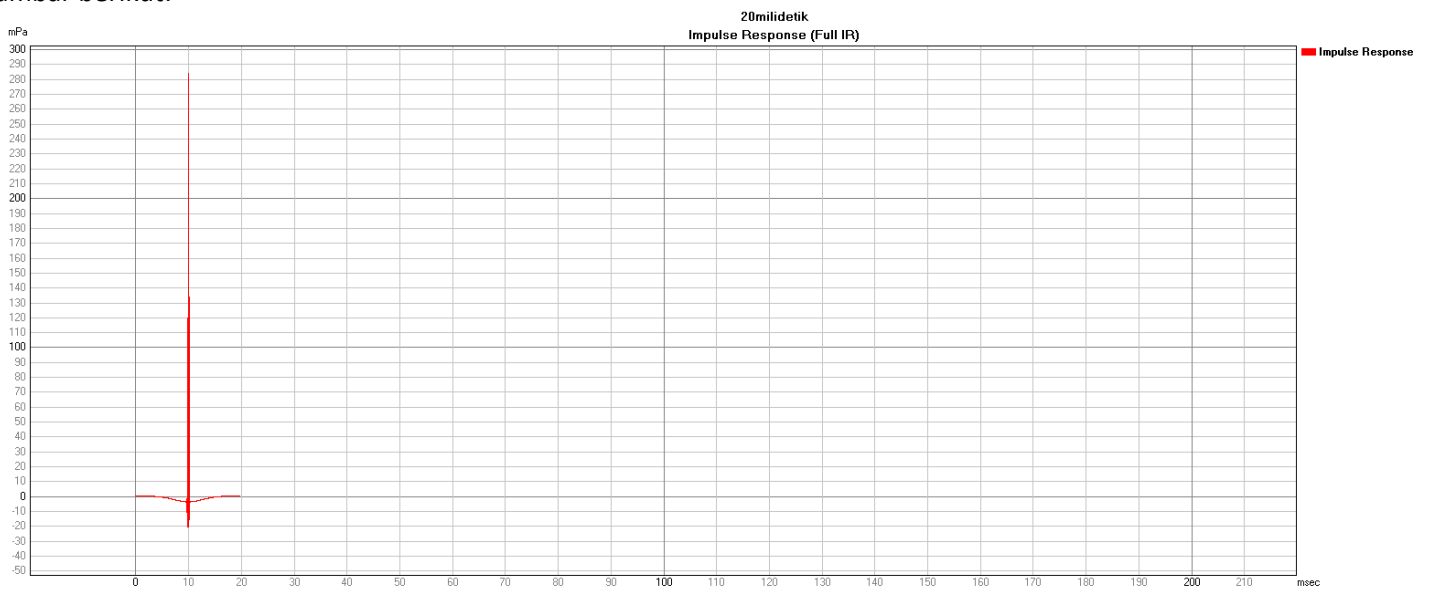
Grafik 32 menunjukkan sebuah daerah yang sedang dianalisa untuk dilihat isi frekuensinya. Panjangnya waktu analisa itu akan mempengaruhi hasil FFT, yaitu resolusi frekuensinya. Mari kita ambil sebuah impulse yang panjang totalnya 200milidetik, tampak pada gambar dibawah ini.



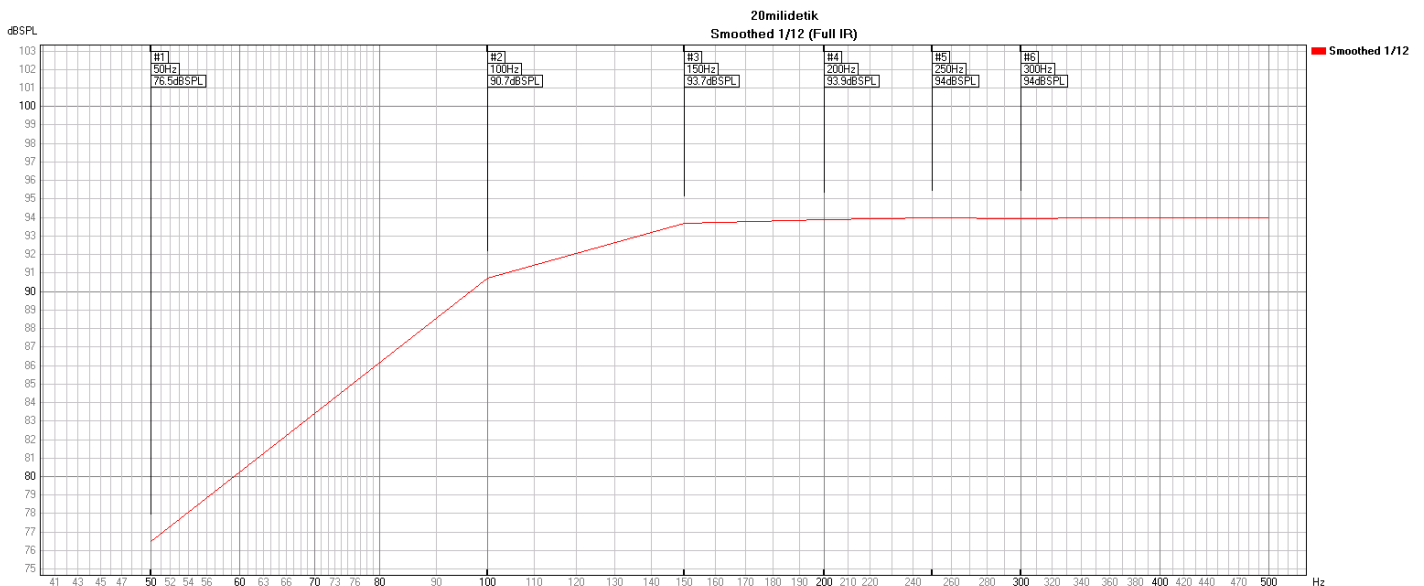
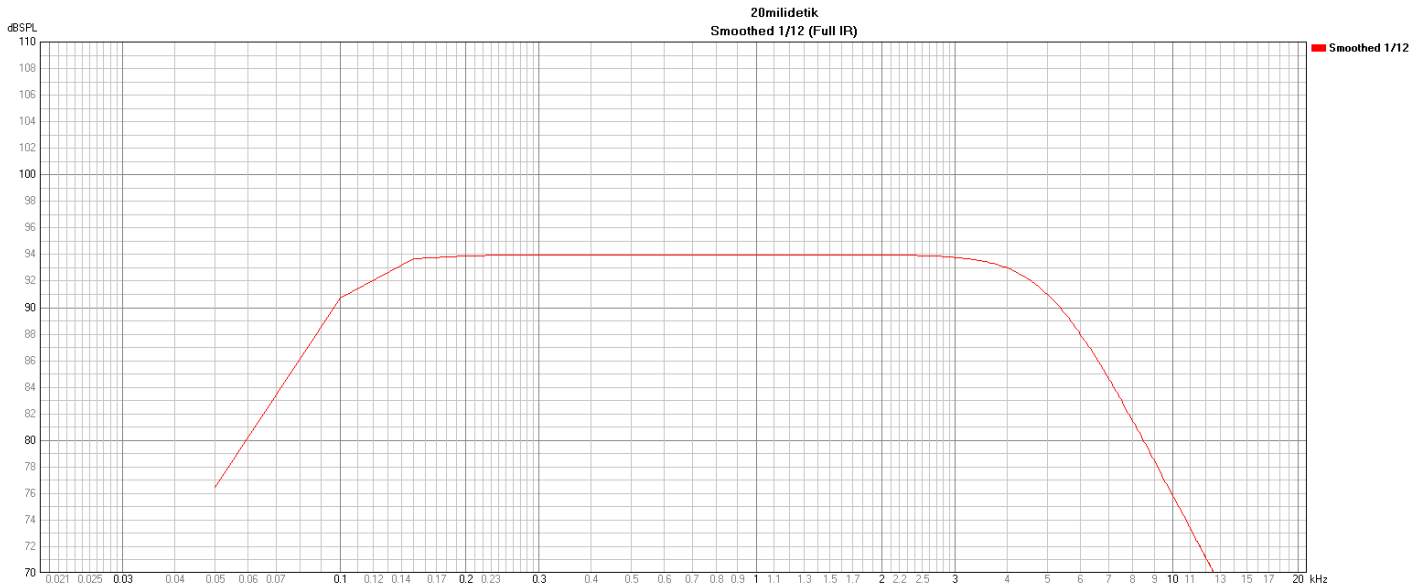
Dengan proses DFT/FFT kita mendapatkan isi frekuensinya (FR) sebagai berikut:



Terlihat mulus grafiknya. Sekarang, impulse 200milidetik ini akan saya pendekkan menjadi 20milidetik, tampak pada gambar berikut:



Apa yang terjadi dengan frekuensi response nya? Panjang totalnya hanya 20milidetik. Dengan demikian, kita bisa menghitung bahwa 20milidetik adalah perioda dari gelombang $1/0,02 = 50\text{Hz}$. Dapat kita harapkan bahwa FR-nya akan mempunyai resolusi frekuensi = 50Hz. Silahkan lihat 2 gambar dibawah, menunjukkan FR impulse 20milidetik.



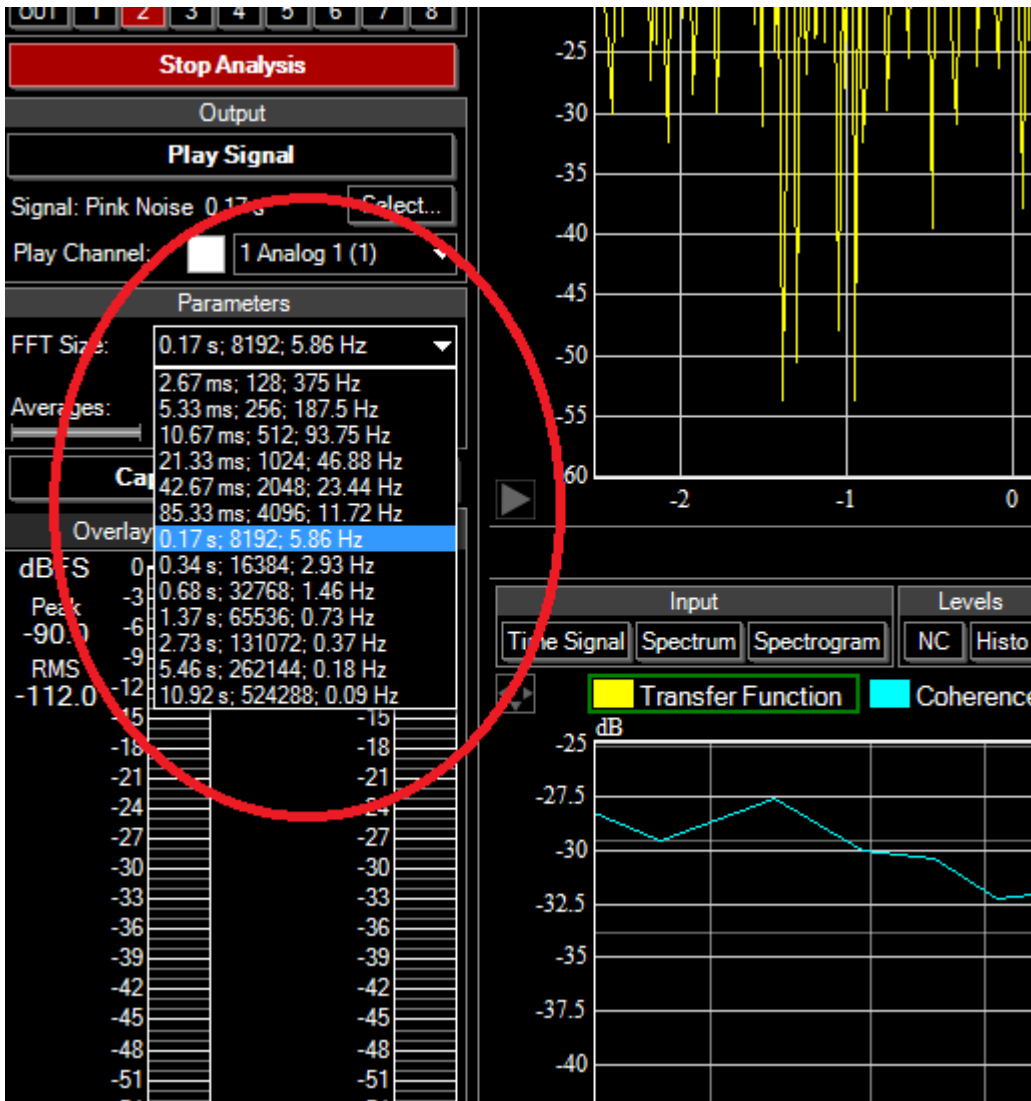
Jadi dengan demikian, kita mengerti bahwa ada hubungan dengan panjang daerah di dimensi waktu yang sedang di analisa terhadap apa yang dianalisa.

Nah ... hubungannya sama N?

N adalah yang sering kita jumpai di alat ukur sebagai FFT size. Dalam digital, ada yang namanya sample rate (fs). Dalam pengukuran loudspeaker, sering dijumpai $fs=48000\text{Hz}$. FFT size dan sample rate ini akan menunjukkan panjangnya daerah di dimensi waktu yang dianalisa. Dalam contoh diatas, mari kita anggap fs nya 48kHz dan panjang nya adalah 20milidetik. Ingat pelajaran digital sampling dasar, 48000Hz sample rate berarti ada 48000 sample per detik. Karena sample yang dianalisa adalah 20milidetik, maka FFT size nya adalah $0,02$ (20milidetik) \times 48000 = 960.

Dengan panjang 200milidetik, berarti FFT size nya adalah 9600 (didapat dari 48000 \times 0,2).

Mari kita ambil contoh software EASERA Systune yang berjalan pada sample rate 48000Hz. Lihat FFT size yang tersedia digambar dibawah ini.



Mari kita ambil satu contoh 0,17detik. Dengan mengali 0,17 dengan 48000, kita mendapat 8160. Angka ini sedikit meleset dari 8192 karena lebih tepatnya adalah 0,17066666667detik. Sebuah gelombang yang mempunyai panjang 0,17067detik adalah gelombang dengan frekuensi 5,8592Hz. Terlihat digrafik atas bahwa resolusinya adalah 5,86Hz.

FFT size dan sample rate adalah hal penting yang perlu di perhatikan. Apa yang terjadi jika kita naikan sample rate nya menjadi 96000Hz tapi kita ingin N atau FFT size 8192 (anggap misalnya computer kurang kuat melakukan proses FFT diatas 8192)? Dengan ini kita mendapatkan resolusi sebesar $8192/96000 = 0,08533$ detik, atau 11,72Hz. Lho ?? Koq menaikkan sample rate dengan N sama malah mengurangi resolusinya? Dengan f_s yang tinggi, kita butuh N yang tinggi juga, dengan ini computer akan menjadi empat kali lebih berat kerjanya. Dengan dua kali f_s , computer dua kali lebih berat, dan N juga harus di kali 2, dengan ini membebani dua kali kerja computer lagi.

Perhatikan sample rate dan FFT size/N. Hal ini adalah basis dari perhitungan DFT/FFT, sehingga tidak dapat dipisahkan dari masalah pengukuran loudspeaker.

Ada yang pernah bertanya seperti ini: “saya menyetel gelombang sinus 1000Hz, yang ditangkap di mic oleh program Smaart. Tapi ketika cursor saya aktifkan, kenapa puncak nya bukan 1000Hz?” Mari kita berhitung matematika sedikit. Dengan $f_s=48000$, ambil contoh $N = 8192$, kita tahu resolusinya adalah 5,86Hz.

$$f_{\text{analysis}}(m) = \frac{mf_s}{N}, \text{ where } m = 0, 1, 2, \dots, N - 1$$

Rumus diatas adalah rumus yang saya pakai, yaitu analisa poin-poin frekuensi dari tiap bin DFT/FFT.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	0	0		fs=48000Hz				
2	1	5.859375						
3	2	11.71875						
4	3	17.57813						
5	4	23.4375						
6	5	29.29688						
7	6	35.15625						
8	7	41.01563						
9	8	46.875						
10	9	52.73438						
11	10	58.59375						
12	11	64.45313						
13	12	70.3125						
14	13	76.17188						
15	14	82.03125						
16	15	87.89063						
17	16	93.75						
18	17	99.60938						
19	18	105.4688						
20	19	111.3281						
21	20	117.1875						
22	21	123.0469						
23	22	128.9063						
24	23	134.7656						

Kolom A adalah m, yaitu 0 – 8191 (ingat FFT size nya dipilih sebanyak 8192). Kolom B memasukkan rumus yang tersebut dihalaman ini paling atas. Dengan demikian, kita melihat frekuensi tiap bin dari DFT/FFT ini. Mari kita lompat ke daerah 1000Hz. Lihat gambar selanjutnya.

	A	B	C	D	E	F	G	H
163	162	949.2188						
164	163	955.0781						
165	164	960.9375						
166	165	966.7969						
167	166	972.6563						
168	167	978.5156						
169	168	984.375						
170	169	990.2344						
171	170	996.0938						
172	171	1001.953						
173	172	1007.813						
174	173	1013.672						
175	174	1019.531						
176	175	1025.391						
177	176	1031.25						
178	177	1037.109						
179	178	1042.969						
180	179	1048.828						
181	180	1054.688						
182	181	1060.547						
183	182	1066.406						
184	183	1072.266						
185	184	1078.125						
186	185	1083.984						

Aha ... bin 169-171 adalah daerah analisa disekitar 1000Hz. Tapi apakah ada bin 1000Hz? Tidak. Jadi analisa gelombang sinus 1000Hz ini, jika cursor pada FR alat ukur kalian diaktifkan, akan menunjukkan 996,1Hz atau 1001,9Hz.

Perhatikan sample rate dan FFT size untuk tiap pengukuran yang dilakukan entah untuk mengukur *loudspeaker* atau akustik ruangan. Mengetahui proses matematika dibelakangnya akan membantu kita lebih mengerti data yang kita lihat. Semoga bermanfaat.