

Hubungan 1/1 filter oktaf

$$f_1 = 2^{-1/2}f_c \quad f_2 = 2^{1/2}f_c$$

$f_1 = 2f_{c1}$ = frekuensi tengah penyaring
 f_1 = Frekuensi aliran rendah (s/d -3dB), Hz
 f_2 = Frekuensi aliran tinggi (s/d -3dB), Hz

Analisis oktaf sepertiga, sepersepuluh - kadang-kadang diperlukan untuk mendapatkan frekuensi yang cukup resolusi, maka kebutuhan untuk bandwidth lebih halus dari satu oktaf. Pilihan bandwidth saringan tergantung pada sifat dari kebisingan diukur. Dekat jarak murni nada tidak akan ditemukan oleh analisis bandwidth yang lebar.

1/3 oktaf - Setiap oktaf penuh direntang oleh tiga 1/3 oktaf band

Hubungan 1/1 filter oktaf

$$f_1 = 2^{-1/6}f_c \quad f_2 = 2^{1/6}f_c$$

$f_{c_{i+1}} = 2^{1/3}f_{c_i} = 1.26f_{c_i}$ = frekuensi tengah

1/10 oktaf - Setiap oktaf penuh direntang oleh sepuluh 1/10 oktaf band

Hubungan 1/1 filter oktaf, secara umum:

$$f_1 = 2^{-\left(\frac{1}{2n}\right)f_c} \quad f_u = 2^{\left(\frac{1}{2n}\right)f_c}$$
$$f_1 = 2^{1/n}f_{c1}$$

Frekuensi tengah dan di atas pada batas bawah dari oktaf dan 1/3 oktaf penyaring band ditunjukkan pada Tabel 7.3 di bawah ini.

Tabel 6. Frekuensi tengah (Hz) untuk oktaf standar penuh dan 1/3 oktaf filter

Octave			1/3 Octave		
Lower limit	Center Freq	Upper limit	Lower limit	Center Freq	Upper limit
11 Hz	16 Hz	22 Hz	14.1 Hz	16 Hz	17.8 Hz
			17.8	20	22.4
			22.4	25	28.2
22	31.5	44	28.2	31.5	35.5
			35.5	40	44.7
			44.7	50	56.2
44	63	88	56.2	63	70.8
			70.8	80	89.1
			89.1	100	112
88	125	177	112	125	141
			141	160	178
			178	200	224
177	250	355	224	250	282
			282	315	355
			355	400	447
355	500	710	447	500	562
			562	630	708
			708	800	891
710	1000	1420	891	1000	1122
			1122	1250	1413
			1413	1600	1778
1420	2000	2840	1778	2000	2239
			2239	2500	2818
			2818	3150	3548
2840	4000	5680	3548	4000	4467
			4467	5000	5623
			5623	6300	7079
5680	8000	11360	7079	8000	8913
			8913	10000	11220
			11220	12500	14130
11360	16000	22720	14130	16000	17780
			17780	20000	22390

7.6. FFT ANALISIS

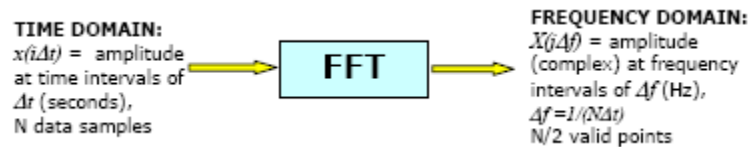
FFT = *Fast Fourier Transform*, adalah sebuah bandwidth sempit yang analisis konstan analisis dan yang resolusi frekuensi tidak berubah selama rentang frekuensi.

FFT mengacu pada algoritma numerik yang digunakan untuk menghitung Transformasi Fourier dalam waktu yang kurang dari waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh data sebenarnya.

Dalam istilah sebelumnya, FFT menentukan konten frekuensi sinyal waktu. Definisi matematika dari suatu Transformasi Fourier adalah:

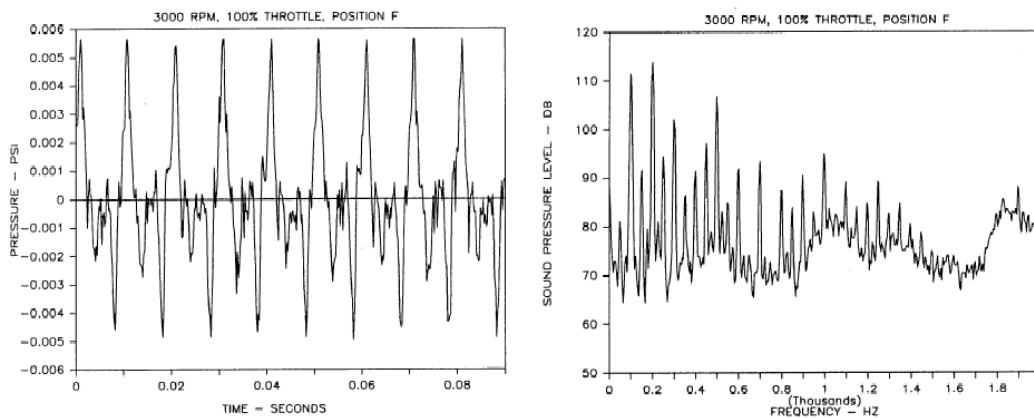
$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

ini perhitungan algoritma FFT *discretizes*. Hal ini membutuhkan jumlah data terbatas dan biasanya berkekuatan 2, seperti 512 (29) atau 1024. Ini adalah transformasi dari waktu untuk frekuensi.



Gambar 46. *Fast Fourier Transform*

Beberapa sampel data waktu induksi kebisingan dari mesin 4 silinder 2.5L, dan yang terkait spektrum frekuensi yang diperoleh FFT ditunjukkan pada Gambar 7.7



Gambar 47. Induksi data suara dari mesin 4-silinder yang berjalan pada 3000 rpm

Kegunaan analisis FFT :

- analisis jalur ganda (fungsi transfer)
- sinyal rata-rata (dalam waktu atau frekuensi)
- modal analisis (menentukan bentuk mode)
- tampilan sinyal waktu (seperti osiloskop digital)
- Agar pelacakan (untuk memutar peralatan)

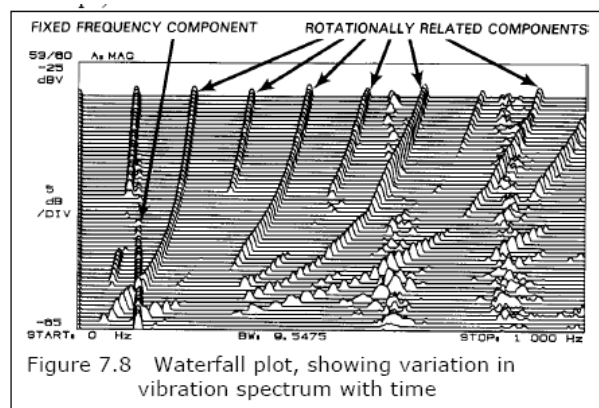


Figure 7.8 Waterfall plot, showing variation in vibration spectrum with time

- analisis korelasi
- operasi matematika (* / + -, integrasi, derivatif)
- frekuensi pembesaran
- air terjun plot (peta spektral)
- menyimpan data ke disk untuk analisis nanti dan merencanakan
- Data antarmuka untuk MATLAB untuk tambahan perhitungan dan tampilan

Hal yang harus diperhatikan:

- data buruk, transduser yang rusak, sinyal lemah/ rasio suara
- pilihan sumber data menggunakan *Hanning* atau datar atas untuk stabil serta data kontinu; Persegi (kadang-kadang disebut "Boxcar") untuk data sementara atau dampak data
- tingkat sinyal yang memadai (> 10 dB lebih sekitar, tidak overload)
- rentang frekuensi yang cukup untuk melihat segala sesuatu yang menarik
- frekuensi resolusi yang cukup (hanya akurat untuk $\pm \Delta f / 2$) - bisa sulit untuk memisahkan puncak berjarak dekat

7.7. KOMBINASI DUA ATAU LEBIH FREKUENSI BAND

Sebuah masalah adalah untuk menentukan tingkat pita oktaf dari 1/3 pengukuran pita oktaf, atau untuk menghitung tingkat keseluruhan dari individu oktaf atau 1/3 oktaf band. Ini hanya seperti penjumlahan itu dB dari beberapa sumber seperti dalam Bagian 6.1. Secara umum untuk tekanan total selama interval bunga adalah:

$$P_T^2 = \sum_{i=1}^n P_1^2 + \sum P_1^2 + P_2^2 + \dots P_n^2$$

and in dB's:
$$10 \log_{10} \left(\frac{P_T}{P_{ref}} \right)^2 = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{P_{ref}} \right)^2 = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^n 10^{L_{P_i}/10}$$

$$P_{octave}^2 = P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 \quad (\text{because we are adding energy, which is proportional to } P^2)$$

$$L_P = 10 \log_{10} \frac{P_{octave}^2}{P_{ref}^2} = 10 \log_{10} \left[10^{L_{P1}/10} + 10^{L_{P2}/10} + 10^{L_{P3}/10} \right] dB$$

Contoh 1:

Tingkat dalam ukuran Hz 400, 500 dan 630 band, 1/3 oktaf 72, 74, 68 dB. Berapa tingkat oktaf band untuk band 500 Hz?

$$10\log_{10}(10^{7.2} + 10^{7.4} + 10^{6.8}) = 76\text{dB}$$

Contoh 2:

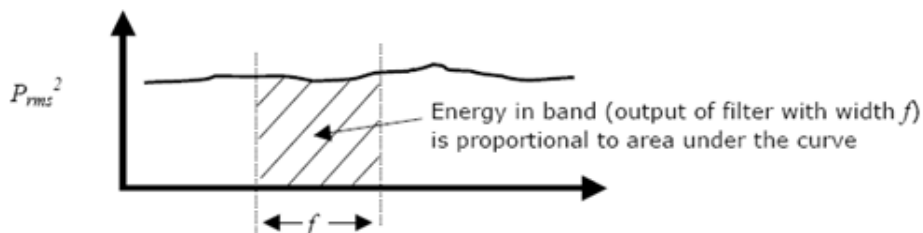
Hitung tingkat keseluruhan untuk pengukuran pita oktaf berikut:

(Jawaban: 102,6 dB)

<u>Frekuensi tengah</u>	<u>dB</u>
125	79
250	80
500	94
1000	100
2000	94
4000	94
8000	88

7.8. KONVERSI DARI SATU BANDWIDTH KE LAIN

Energi secara seragam didistribusikan ke seluruh band dan tidak ada nada murni, maka dapat membuat perkiraan:



Gambar 49. Filter keluar dengan menentukan amplitude dan *bandwidth*

Pertama, didefinisikan:

Tingkat spektrum = Tingkat suara (dB) yang dibaca dengan sebuah analisa yang ideal dengan 1 Hz bandwidth.

Kita dapat menghubungkan spektrum tingkat ke tingkat yang diambil dengan bandwidth yaitu:

$$P^2 = P_{st}^2 f$$

Dimana:

P = tekanan rms keluar dari filter dengan bandwidth f_1

P_{SL} = tekanan rms dalam 1 Hz band

Hal ini secara implisit mengasumsikan bahwa energi total di band diberikan sebanding p^2 dan lebar band yaitu daerah di bawah kurva p^2 . Untuk mengkonversi tekanan pengukuran dari satu bandwidth untuk bandwidth yang berbeda:

$$P_2^2 = P_1^2 \frac{f_2}{f_1}$$

Dimana:

P_1 = tekanan keluar rms lebih dari f_1

P_2 = tekanan keluar rms selama f_2

dan dalam hal ini tingkat tekanan suara:

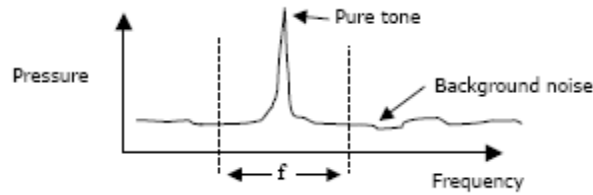
$$L_2 = L_1 + 10 \log_{10} \frac{f_2}{f_1}$$

Contoh: Keluaran 100 Hz 1/3 oktaf band adalah 58 dB, berapa banyak yang akan diukur dengan menggunakan pita 125 Hz oktaf penuh?

$$L_2 = L_1 + 10 \log_{10} \frac{f_2}{f_1} = 58 + 10 \log_{10} \frac{3}{1} = 58 + 4.8 = 63dB$$

7.9 PENGUKURAN NADA MURNI DENGAN ATAU 1/3 OKTAF FILTER

Jika kita memiliki nada murni pada keadaan suatu kebisingan:



Gambar 50. Kombinasi nada murni dengan pengaruh suara

Daya total di band sebanding dengan:

$$P_{band}^2 = \sum P^2 \text{ over the band}$$

$$= P_{pure\ tone}^2 + \text{background noise } (\sum P^2)$$

Contoh:

1. Nada murni sebesar 80 dB pada 120 Hz dikombinasikan dengan kebisingan broadband dengan pengukuran 75 dB pada pita 125 Hz. Berapakah SPL total di band 125 Hz? (Jawaban: 81,2 ≈ 81 dB)

2. Nada murni yang mengukur 93 dB dikombinasikan dengan kebisingan broadband dengan pengukuran 80 dB. Berapa tingkat kebisingan gabungan? (Jawaban: 93,2 ≈ 93 dB)

Hasil penting: Nada murni akan mengukur tingkat dB pada bandwidth yang sama setiap analisis, asalkan itu secara signifikan lebih tinggi (paling sedikit 10 dB) dari tingkat sebelumnya.

7.10 OKTAF SINTESIS ATAU 1/3 BAND DARI OKTAF DISKRIT FFT DATA

Kita dapat menggunakan sebuah analisa FFT untuk mengukur dan merekam spektrum kebisingan tekanan suara amplitudo pada diskrit, interval merata spasi frekuensi (Δf). Dalam beberapa situasi, mungkin nyaman untuk tidak perlu mengangkat sekitar meter pita suara tingkat oktaf juga, jadi apakah ada cara yang bisa kita gunakan data FFT untuk membangun atau "mensintesis" band oktaf data? Jawabannya adalah berkualitas "ya". Setiap titik FFT data yang merupakan suatu output

dari filter yang Δf Hz lebar. Keseluruhan energi selama pita frekuensi lebih besar dari Δf sebanding dengan luas area di bawah P_{rms}^2 kurva:

$$P_{BAND}^2 = \sum_{i=1}^n P_i^2$$

Dimana:

- P_i^2 = berarti tekanan akustik kuadrat dari titik data FFT
- n = jumlah titik data FFT yang termasuk dalam bandwidth dari disintesis filter (lihat Tabel 7.2 untuk oktaf dan 1/3 batas oktaf)
- Δf = FFT frekuensi kenaikan atau ukuran "bin" (Hz)

dan dalam itu dB:
$$dB_{BAND} = 10 \log \sum_{i=1}^n P_i^2$$

Contoh:

Suara dari gergaji melingkar portabel diukur dengan mikrofon dan analisis FFT. Untuk tujuan perbandingan, tingkat suara 1/3 oktaf tekanan tersebut dapat secara bersamaan diukur dengan menggunakan Tipe I sehingga terdengar meteran tingkat. FFT spektrum mikrofon keluaran antara 0-5000 Hz ditunjukkan pada Gambar 11. Hitung 1/3 oktaf tingkat dalam 100 - 200 Hz band. Keluaran mikrofon untuk 250 Hz dengan kalibrasi pistonphone adalah -15,2 DBV. Dengan asumsi analisis FFT: $N = 800$ poin, $F_s = 12800$ Hz, $\Delta f = 6,25$ Hz

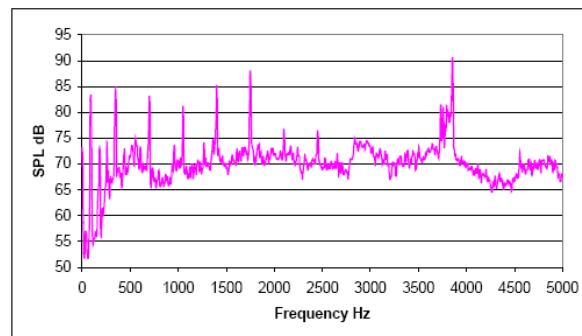


Figure 7.11 Noise spectrum for circular saw

Gambar 51. Spektrum Kebisingan pada Gergaji Mesin

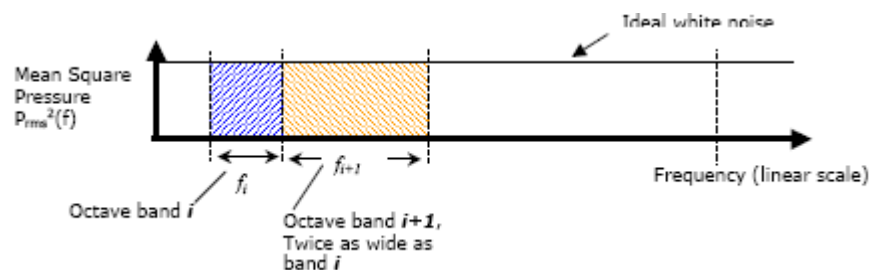
Table 7.4 Partial FFT data for Circular Saw

Frequency (Hz)	Microphone Output- dBV	Calibrated DB SPL	Synthesized dB	Measured dB
81.25	-61.64	67.68		
87.50	-47.08	82.24		
93.75	-46.08	83.24		
100.00	-58.03	71.29	83.5	83.2
106.25	-72.53	56.79		
112.50	-74.97	54.35		
118.75	-73.90	55.42		
125.00	-73.78	55.54	62.6	61.3
131.25	73.78	55.54		

Masalah utama pada pendekatan ini adalah untuk band frekuensi yang lebih rendah. Sejak itu FFT memberikan data pada interval frekuensi yang sama, band oktaf terendah hanya bisa mencakup FFT beberapa poin. Ini akan menurunkan akurasi perhitungan "disintesis" band.

7.11. WHITE NOISE DAN PINK NOISE

White noise didefinisikan sebagai sinyal bising yang memiliki amplitude sama pada semua spectrum frekuensinya. Suara desis radio, semburan jet udara tekan adalah contoh yang baik untuk menggambarkan fenomena white noise. White noise sering dipakai sebagai input sinyal ke system untuk mengetahui respons frekuensi system. Apa yang terjadi jika white noise diukur menggunakan system filter band 1 oktaf ? Lihat gambar 52.



Gambar 52. Suara tidak stabil dengan amplitudo konstan pada semua frekuensi

Energi dan SPL adalah sebanding dengan luas kurva di bawah: $P_{rms}^2 f_1$

Setiap oktaf band berhasil menggandakan lebar, sehingga energi total dua kali lipat untuk setiap berhasil band. Hal ini menghasilkan peningkatan SPL dari 3dB ($10\log 2$) untuk setiap pita oktaf berurutan sesuai dengan yang ditampilkan pada Gambar 53.

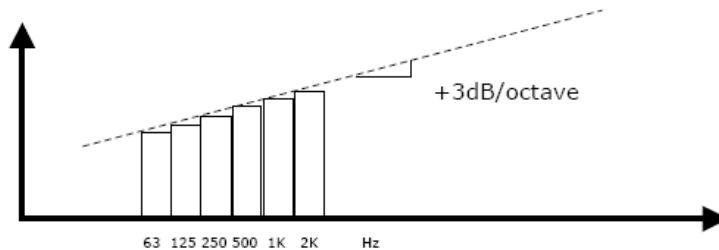


Figure 7.13 Output of octave band filters to white noise input - each successive octave band increases by 3dB

Gambar 53. Keluaran Filter 1 Oktaf untuk input white noise

Pink noise dirancang khusus untuk menghasilkan amplitudo konstan di semua band oktaf. Pada skala linier itu berkurang pada amplitudo dan meningkatnya frekuensi hanya dalam jumlah yang tepat yaitu -3 DB / oktaf) untuk mengkompensasi lebar meningkat dari filter oktaf.

7.12. SUARA TINGKAT METER ANALYZER ATAU FFT?

Jadi mana yang Anda gunakan? Hal ini tergantung pada aplikasi, dan anggaran Anda. Berikut adalah kualitatif perbandingan:

Table 7.5 Comparison of Sound Level Meter to FFT Analyzer

Sound Level Meter (with octave band filters)	FFT Analyzer
minimal data (less to write down)	Produces lots of data (need to plot or record on disk)
crude frequency analysis	detailed frequency analysis, identification of noise sources
good for assessing compliance with regulations	can separate closely spaced sources
compact, portable, weather resistant	bulky, heavy, fussy
easy to learn, and use, limited features	complex, lots of features, storage, data manipulation
adequate for material selection	useful for many other purposes (vibration, transfer function analysis, etc)
relatively inexpensive \$500 to \$3000	\$5K-15K