



Pencuplikan dan Kuantisasi

(Sampling and Quantization)



Landasan pemikiran

- Sebagian besar sinyal alami adalah sinyal analog
- Dalam banyak aspek, pengolahan sinyal digital lebih baik dari pengolahan sinyal analog
- Untuk mengolah sinyal analog secara digital, yang harus dilakukan pengubahan sinyal analog ke sinyal digital

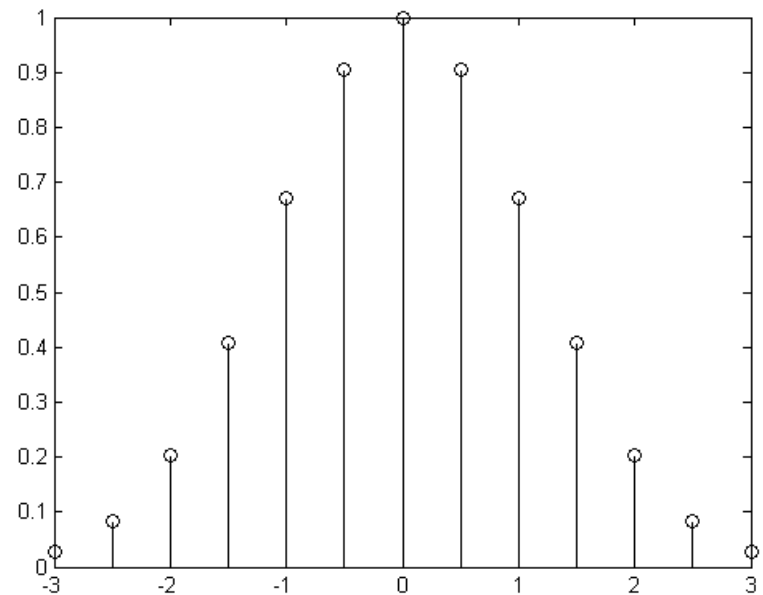
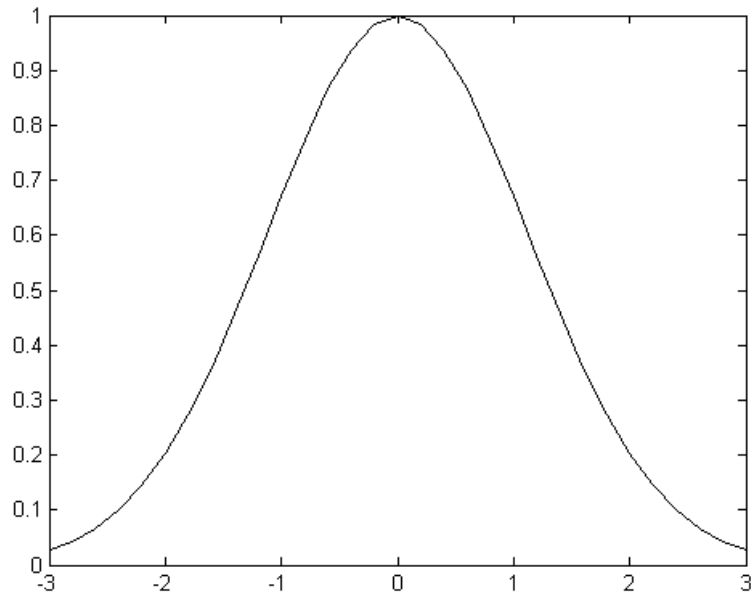
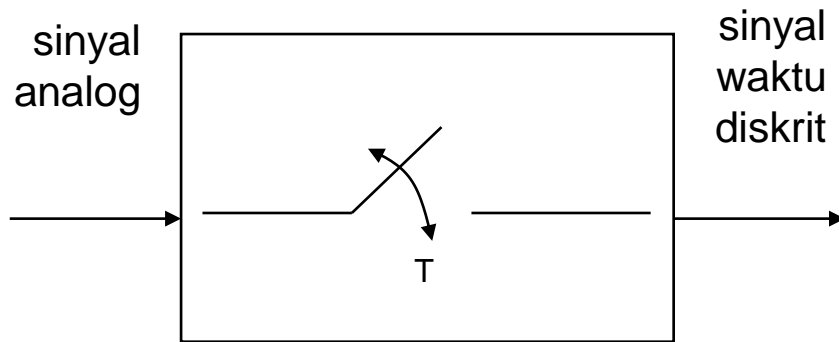


Pengubahan dari analog ke digital

Ada dua tahapan:

- Tahap **sampling**, yaitu dengan mengambil sinyal secara periodik, dengan periode sampling T .
- Tahap **kuantisasi**, yaitu tahap pembulatan nilai sinyal ke nilai “paket” terdekat

Pencuplikan (*Sampling*)

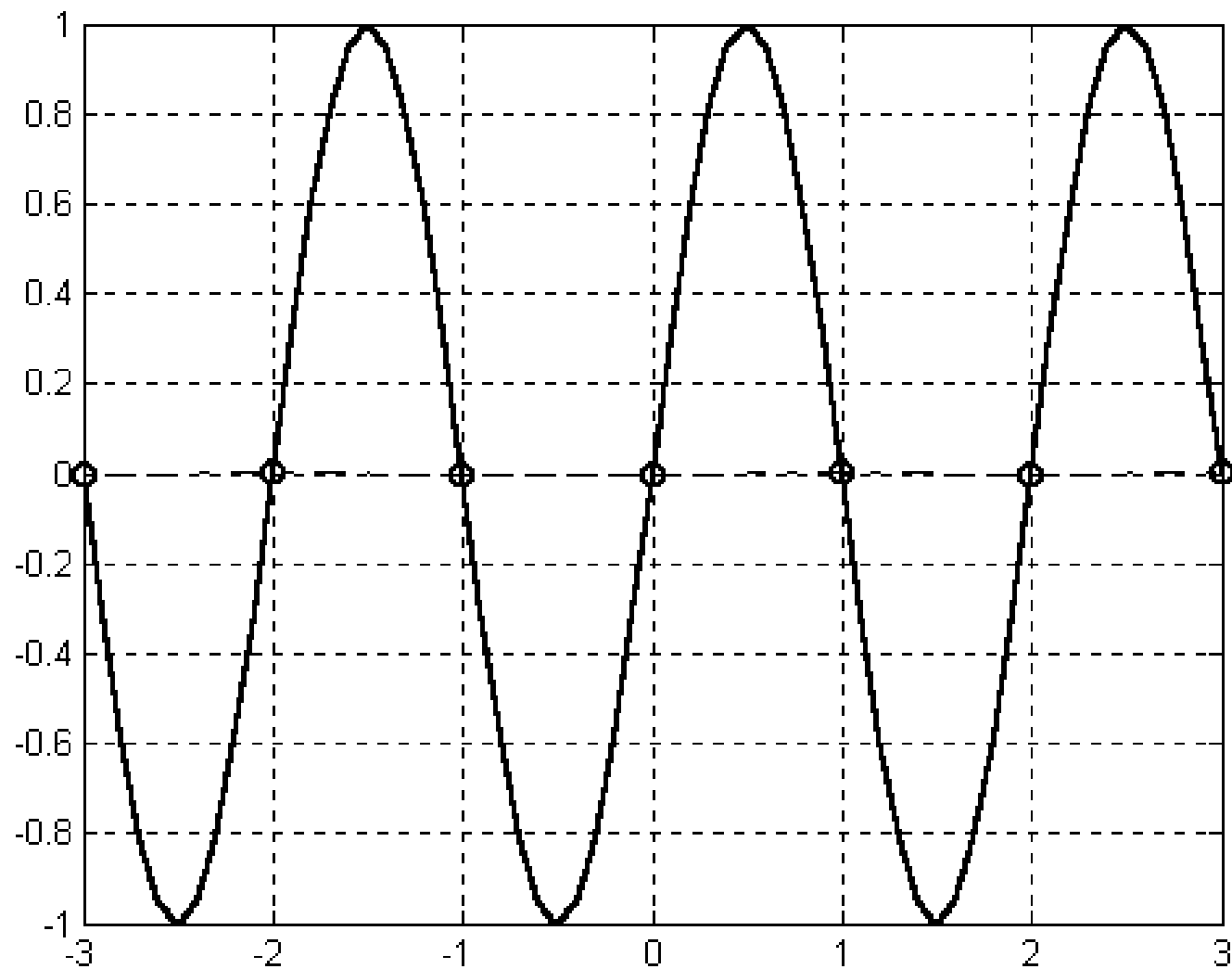




Frekuensi *sampling*

- Perlu batasan tentang frekuensi *sampling*, agar sinyal hasil *sampling* dapat dikembalikan ke sinyal analog tanpa ada perubahan frekuensi
- Kriteria **Nyquist**: $F_s \geq 2 F_{\max}$
- Lebih aman, $F_s > 2 F_{\max}$

Kasus





Contoh Soal

Perhatikan sinyal analog berikut:

$$x(t) = 3 \cos 200 \pi t + 5 \sin 600 \pi t + 7 \cos 1200 \pi t$$

1. Berapa frekuensi Nyquist untuk sinyal analog di atas ?
2. Bila dipakai frekuensi pencuplikan 500 Hz, bagaimana sinyal waktu diskrit yang diperoleh?



Jawab Soal

Sinyal analog tersebut dapat dinyatakan dengan:

$$x(t) = 3 \cos 2\pi(100)t + 5 \sin 2\pi(300)t \\ + 7 \cos 2\pi(600)t$$

- frekuensi maksimum untuk sinyal analog di atas adalah 600 Hz, dan frekuensi Nyquist adalah $2 \times 600 \text{ Hz} = 1200 \text{ Hz}$.



Jawab soal (lanjutan)

- Bila dipakai frekuensi pencuplikan 500 Hz, maka sinyal waktu diskrit yang diperoleh adalah:

$$x(n) = x(nT) = x(n/F_s)$$

$$x(n) = 3 \cos 2\pi(100/500)n + 5 \sin 2\pi(300/500)n \\ + 7 \cos 2\pi(600/500)n$$

$$x(n) = 3 \cos 2\pi(1/5)n + 5 \sin 2\pi(3/5)n \\ + 7 \cos 2\pi(6/5)n$$

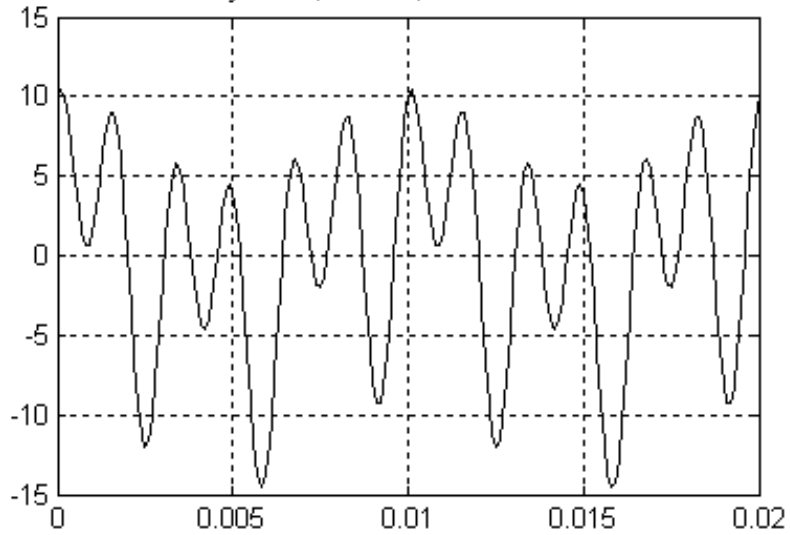
- Sinyal yang melanggar Kriteria Nyquist, harus direvisi



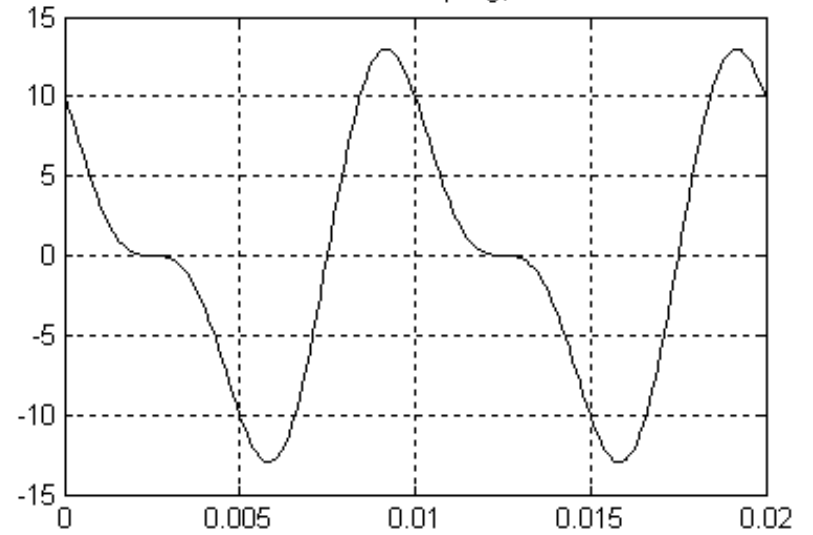
Jawab soal (lanjutan)

- $x(n) = 3 \cos 2\pi(1/5)n + 5 \sin 2\pi(1 - 2/5)n + 7 \cos 2\pi(1 + 1/5)n$
- $x(n) = 3 \cos 2\pi(1/5)n + 5 \sin 2\pi(-2/5)n + 7 \cos 2\pi(1/5)n$
- $x(n) = 10 \cos 2\pi(1/5)n - 5 \sin 2\pi(2/5)n$

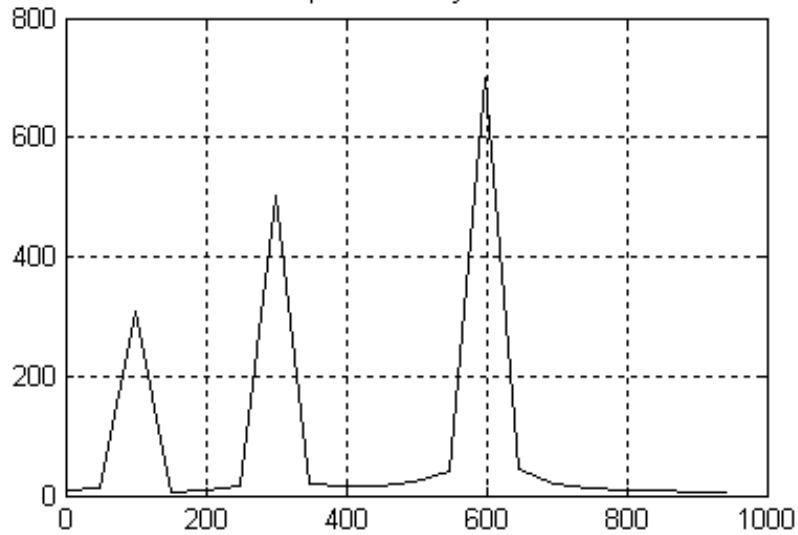
sinyal asli, $f = 100, 300$ dan 600 Hz



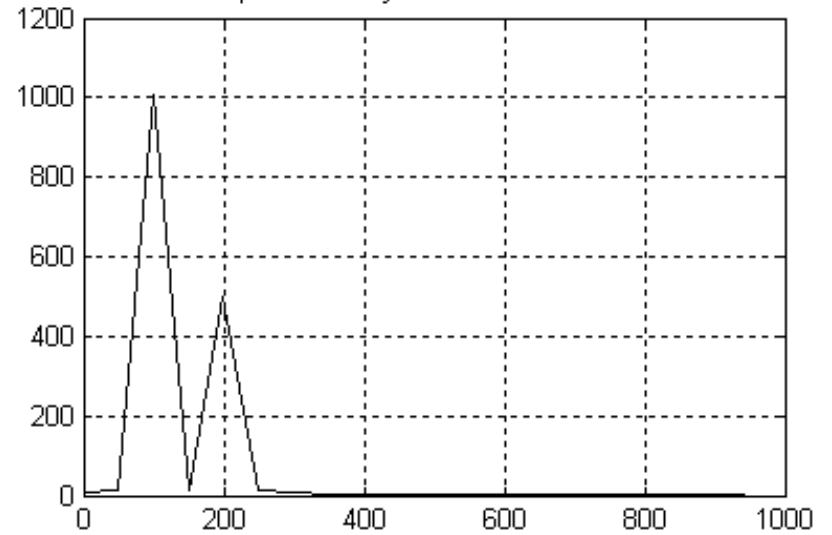
rekonstruksi hasil sampling, $f_s = 500$ Hz



spektrum sinyal asli



spektrum sinyal untuk $f_s = 500$ Hz



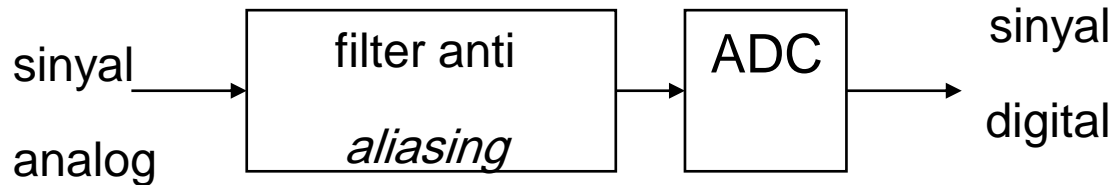


Filter anti aliasing

- Kesalahan pemilihan frekuensi sampling jarang terjadi
- Yang sering terjadi adalah aliasing akibat noise frekuensi tinggi
- Untuk mengantisipasi, diperlukan filter anti aliasing

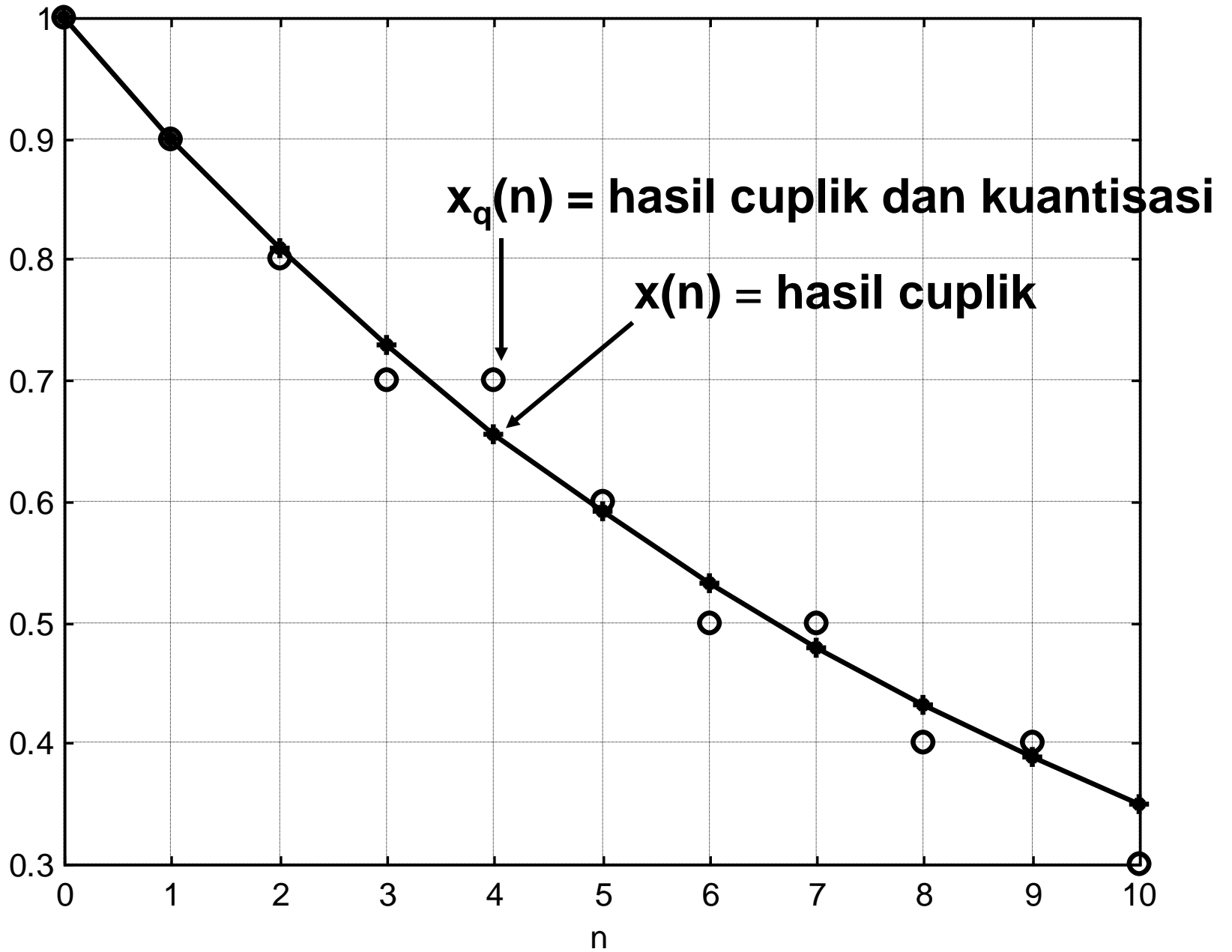
Filter anti aliasing

- Adalah filter analog tipe low pass
- Untuk memastikan bahwa sinyal dengan frekuensi terlalu tinggi tidak akan ikut di-*sampling*





Kuantisasi





Kualitas hasil kuantisasi

- Diukur dengan SQNR (*Signal-to-Quantization Noise Ratio*), yang menyatakan perbandingan antara daya sinyal dan daya derau (*noise*):

$$\text{SQNR} = \frac{P_x}{P_q} = \frac{3}{2} 2^{2b}$$

$$\begin{aligned} \text{SQNR (dB)} &= 10 \log_{10} \text{SQNR} \\ &= 1,76 + 6,02 b \end{aligned}$$