

SISTEM AKUISISI DATA



SISTEM KOMPUTER
DARMAJAYA



Pengantar
Sistem Akuisisi Data

TAHUN 2026

Created by : danang@darmajaya.ac.id

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
BAGIAN 1: MATERI TEORI	3
1. Blok Diagram Arsitektur DAQ	3
2. Sistem Terpisah vs. Sistem Terintegrasi	4
3. Urgensi DAQ dalam Dunia Industri Modern (Industri 4.0)	5
4. Resolusi (Resolution) / Kuantisasi Amplitudo	5
5. Sampling Rate (Kecepatan Cuplik)	7
BAGIAN 2: MATERI PRAKTIKUM	9

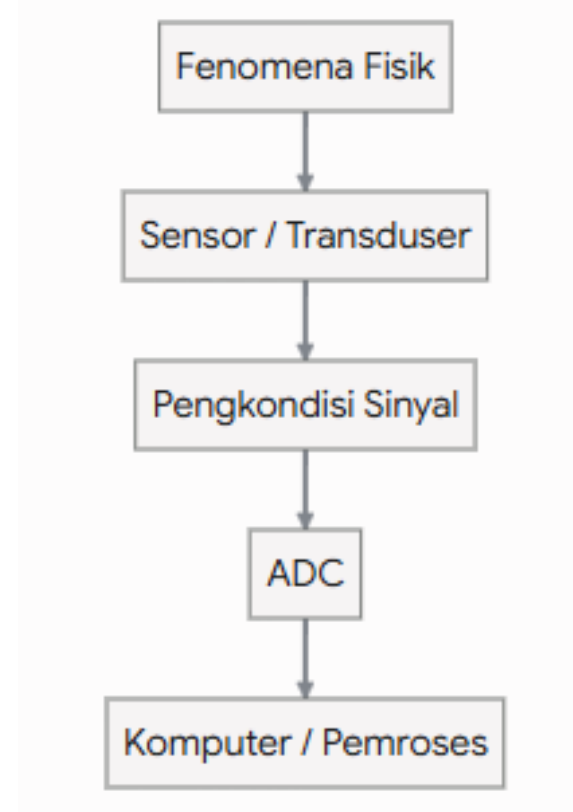
BAGIAN 1: MATERI TEORI

Sistem Akuisisi Data (Data Acquisition System / DAQ) adalah proses pengukuran fenomena fisik atau listrik di dunia nyata (seperti tegangan, arus, suhu, tekanan, atau suara) dan mengubahnya menjadi nilai digital yang dapat dimanipulasi, diproses, dan disimpan oleh komputer.

1. Blok Diagram Arsitektur DAQ

Sebuah sistem DAQ yang lengkap terdiri dari beberapa komponen yang bekerja secara berurutan. Alur sinyal bergerak dari dunia fisik nyata hingga menjadi data digital di dalam komputer.

Data Acquisition System (DAQ) Architecture



Keterangan:

1. Fenomena Fisik (Physical Phenomenon):

Merupakan variabel atau kondisi lingkungan nyata yang ingin diukur, seperti suhu, tekanan, gaya, getaran, atau intensitas cahaya.

2. Sensor / Transduser (Sensor / Transducer):

Mengukur fenomena fisik dan mengonversinya menjadi sinyal listrik analog (seperti besaran voltase, arus listrik, atau resistansi).

3. Pengkondisi Sinyal (Signal Conditioning):

Merupakan tahap penguatan (amplification), penyaringan noise (filtering), dan pengisolasian sinyal listrik agar aman dan sesuai dengan rentang masukan ADC.

4. ADC (Analog-to-Digital Converter):

Mengonversi sinyal listrik analog kontinu dari pengkondisi sinyal menjadi data digital diskrit (rangkaiian bit 0 dan 1) yang dapat diproses komputer.

5. Komputer / Pemroses (Computer / Processor):

Menerima data digital untuk diproses, dianalisis, ditampilkan dalam bentuk grafik/dashboard, disimpan dalam memori, atau memicu tindakan kontrol otomatis.

Secara konseptual, arsitekturnya terdiri dari:

1. Fenomena Fisik: Variabel yang ingin diukur (suhu, cahaya, getaran).
2. Sensor/Transduser: Mengubah fenomena fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur (tegangan atau arus).
3. Pengkondisi Sinyal (Signal Conditioning): Memanipulasi sinyal analog dari sensor agar sesuai untuk konversi digital (misalnya: amplifikasi, filtrasi, atenuasi).
4. Analog-to-Digital Converter (ADC): Jantung dari DAQ. Mengubah sinyal listrik analog yang kontinu menjadi angka diskrit (digital).
5. Komputer/Perangkat Lunak: Memproses, menganalisis, menyimpan, dan menampilkan data yang telah didigitalkan.

2. Sistem Terpisah vs. Sistem Terintegrasi

Dalam merancang DAQ untuk komputer sistem, insinyur dihadapkan pada dua pilihan arsitektur perangkat keras:

KRITERIA	SISTEM TERPISAH (Discrete DAQ)	SISTEM TERINTEGRASI (Integrated DAQ / SoC)
Definisi	Komponen (sensor, ADC, prosesor) berdiri sendiri dan dihubungkan melalui kabel atau bus eksternal (PCIe, USB, Ethernet).	Semua modul (ADC, pengkondisi sinyal, mikrokontroler) digabung dalam satu chip atau modul tunggal (contoh: mikrokontroler dengan ADC internal).

Kelebihan	Sangat fleksibel, modular, resolusi dan kecepatan (sampling rate) bisa sangat tinggi, mudah di-upgrade.	Ukuran sangat ringkas, konsumsi daya rendah, latensi komunikasi antar blok sangat rendah, biaya lebih murah.
Kekurangan	Ukuran besar, biaya mahal, rawan terhadap noise elektromagnetik pada kabel penghubung.	Sulit dimodifikasi, jika satu komponen rusak maka seluruh chip/modul harus diganti, resolusi ADC seringkali terbatas.
Contoh Penggunaan	Laboratorium riset tingkat tinggi, pengujian mesin pesawat, instrumentasi medis kompleks.	Perangkat Internet of Things (IoT), wearable devices, sistem otomasi pintar di rumah.

3. Urgensi DAQ dalam Dunia Industri Modern (Industri 4.0)

Di era Industri 4.0, data adalah aset paling berharga. Urgensi DAQ sangat tinggi karena:

- Predictive Maintenance:** Membaca data getaran dan suhu mesin secara real-time untuk memprediksi kerusakan sebelum mesin mogok, menghemat miliaran rupiah akibat downtime.
- Kendali Kualitas (Quality Control):** Sensor akuisisi gambar dan ketebalan secara otomatis membuang produk cacat dari lini perakitan dengan kecepatan tinggi yang tidak mungkin dilakukan manusia.
- Efisiensi Energi:** Sistem DAQ memantau konsumsi daya pabrik detik demi detik dan menggunakan algoritma untuk mengoptimalkan penggunaan energi.
- Pondasi Digital Twin:** Untuk membuat replika digital dari pabrik fisik, diperlukan aliran data berkelanjutan (DAQ) yang akurat dari pabrik fisik tersebut.

Untuk mengubah fenomena fisik (analog) yang kontinu menjadi data digital di komputer, ADC melakukan dua proses utama: memotong sinyal berdasarkan waktu (Sampling) dan membulatkan nilai amplitudonya ke angka terdekat (Kuantisasi/Resolusi).

4. Resolusi (Resolution) / Kuantisasi Amplitudo

Resolusi menentukan seberapa presisi ADC dapat membaca perubahan amplitudo (tegangan) dari sinyal analog. Karena komputer hanya memahami angka biner (0 dan 1), tegangan analog yang mulus harus "dibulatkan" ke dalam anak tangga diskrit.

Konsep Dasar

Resolusi diukur dalam satuan bit. Jumlah bit ini menentukan berapa banyak "anak tangga" (tingkat kuantisasi) yang tersedia untuk membagi rentang tegangan.

Rumus Tingkat Kuantisasi:

Tingkat (Levels) = 2^n (di mana **n** adalah jumlah bit).

Contoh:

ADC 8-bit memiliki $2^8 = 256$ anak tangga.

ADC 16-bit memiliki $2^{16} = 65.536$ anak tangga.

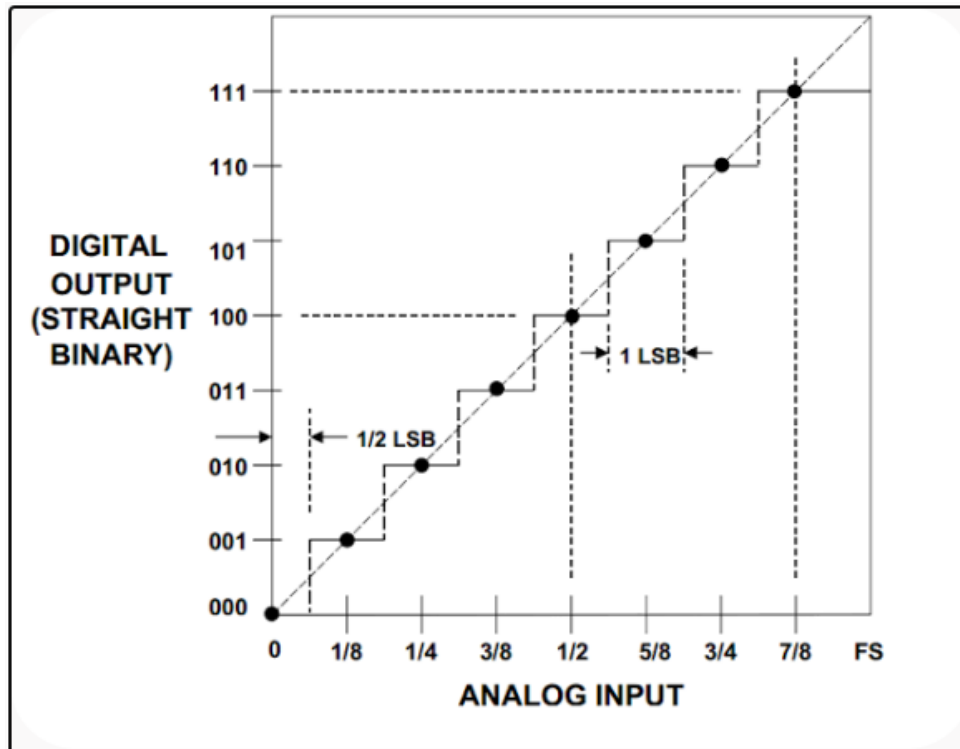
Ukuran terkecil dari tegangan yang dapat dideteksi oleh ADC disebut LSB (Least Significant Bit). Semakin kecil nilai LSB, semakin sensitif sistem DAQ Anda.

$$LSB = \frac{V_{ref}}{2^n}$$

(Jika tegangan referensi V_{ref} adalah 5 Volt dan ADC 10-bit (1024 level), maka perubahan tegangan minimum yang bisa dibaca adalah $5V / 1024 = 0,0048$ Volt atau 4,8 mV).

Dampak pada Kualitas Data

- Akurasi dan Presisi: Semakin tinggi bit resolusi, semakin halus anak tangganya, sehingga sinyal digital yang dihasilkan semakin identik dengan sinyal aslinya.
- Quantization Error (Noise): Karena ADC harus membulatkan nilai analog ke anak tangga terdekat, selalu ada selisih antara nilai asli dan nilai digital. Selisih inilah yang disebut quantization error. Resolusi rendah (misal 4-bit) akan menghasilkan error yang besar sehingga sinyal terlihat "kasar" atau berundak-undak.



5. Sampling Rate (Kecepatan Cuplik)

Jika resolusi bekerja pada sumbu-Y (amplitudo), maka Sampling Rate bekerja pada sumbu-X (waktu). Sampling rate adalah seberapa sering ADC "melihat" atau mengambil sampel dari sinyal analog dalam satu detik.

Konsep Dasar

Satuannya adalah Hertz (Hz) atau Samples per Second (S/s).

Sampling rate 1.000 Hz (1 kHz) berarti ADC mengambil 1.000 titik data setiap detiknya.

Teorema Nyquist-Shannon:

Ini adalah hukum mutlak dalam dunia akuisisi data. Teorema ini menyatakan bahwa untuk dapat merekonstruksi sinyal analog dengan benar tanpa kehilangan informasi, kecepatan cuplik (f_s) harus minimal dua kali lipat dari frekuensi tertinggi sinyal asli (f_{max})

$$f_s \geq 2f_{max}$$

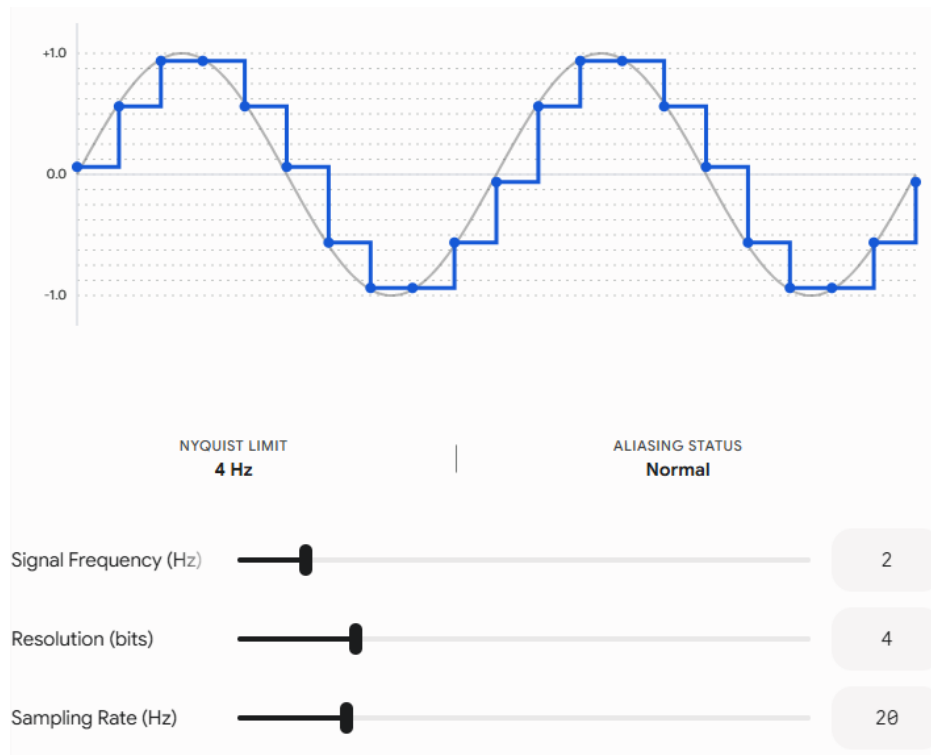
Dampak pada Kualitas Data

- Menangkap Detail Perubahan Waktu:** Untuk mengukur fenomena yang berubah perlahan (seperti suhu ruangan), sampling rate 1 Hz mungkin sudah cukup. Namun, untuk mengukur fenomena sangat cepat (seperti getaran mesin pesawat atau frekuensi suara), Anda butuh sampling rate puluhan hingga ratusan ribu Hz.
- Aliasing (Sinyal Palsu):** Jika Anda menyalahi hukum Nyquist (sampling terlalu lambat), titik-titik data digital Anda akan membentuk gelombang sinyal baru yang seolah-olah memiliki frekuensi rendah, padahal itu bukan sinyal aslinya. Ini adalah cacat fatal dalam DAQ karena data Anda sepenuhnya salah ukur.

Simulasikan Dampaknya

Anda dapat melihat langsung bagaimana perubahan parameter bit (Resolusi) dan Hertz (Sampling Rate) memengaruhi sinyal asli melalui simulator di bawah ini:

ADC Sampling Simulator



BAGIAN 2: MATERI PRAKTIKUM

Tujuan Praktikum: Mahasiswa mampu merangkai sistem DAQ dasar secara terintegrasi menggunakan mikrokontroler untuk membaca fenomena fisik (cahaya) menjadi data digital yang masuk ke komputer.

Alat dan Bahan:

- 1 unit Arduino Uno (berfungsi sebagai Pengkondisi Sinyal, ADC, dan Antarmuka)
- 1 buah Sensor LDR (Light Dependent Resistor)
- 1 buah Resistor 10k Ohm
- Kabel Jumper secukupnya
- Kabel USB
- Perangkat Lunak: Arduino IDE terinstal di Komputer

Prosedur Praktikum:

1. Merangkai Perangkat Keras (Hardware)

Pastikan kabel USB belum terpasang ke komputer saat merangkai.

- Hubungkan salah satu kaki sensor LDR ke pin 5V pada Arduino.
- Hubungkan kaki LDR yang satunya ke pin A0 (Analog 0) pada Arduino.
- Pada kaki LDR yang terhubung ke A0, hubungkan juga resistor 10k Ohm.
- Hubungkan ujung lain dari resistor 10k Ohm ke pin GND (Ground) pada Arduino. (Ini disebut rangkaian pembagi tegangan / voltage divider)

2. Pemrograman (Software)

Menulis instruksi akuisisi data.

Buka Arduino IDE dan ketikkan kode berikut. Kode ini memerintahkan ADC internal pada Arduino untuk membaca tegangan analog dan mengirimkannya secara serial ke komputer.

```
const int pinSensor = A0; // Pin ADC untuk membaca LDR
```

```
int nilaiDigital = 0; // Variabel untuk menyimpan hasil konversi ADC
```

```

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Inisiasi komunikasi serial ke komputer
}

void loop() {
  // 1. Proses Akuisisi (Konversi Analog ke Digital)
  nilaiDigital = analogRead(pinSensor);

  // 2. Mengirim data ke Komputer
  Serial.print("Nilai Cahaya (Digital): ");
  Serial.println(nilaiDigital);

  delay(500); // Sampling setiap 0.5 detik
}

```

3. Kompilasi dan Upload:

Menjalankan sistem DAQ.

Hubungkan Arduino ke komputer menggunakan kabel USB.

Pilih Board dan Port yang sesuai di menu Tools Arduino IDE.

Klik tombol Upload.

Tunggu hingga muncul tulisan Done uploading.

4. Analisis Data di Komputer:

Visualisasi hasil akuisisi.

Klik ikon kaca pembesar (Serial Monitor) di sudut kanan atas Arduino IDE.

Perhatikan nilai angka yang muncul (antara 0 hingga 1023, mewakili resolusi ADC 10-bit).

Tugas Interaktif:

Tutup sensor LDR dengan tangan Anda, lalu sorot dengan senter smartphone. Amati bagaimana perubahan fenomena fisik secara instan mengubah data digital yang masuk ke komputer.