

SISTEM INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA



BAHAN PENGAJARAN

**Pusat Antar Universitas bidang Mikroelektronika
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
1988/1989**

**PROF.DR. SAMAUN SAMADIKUN
IR. S. REKA RIO DR.IR.
TATI MENGKO**

KATA PENGANTAR

Diktat Sistem Instrumentasi Elektronika ini merupakan buku pegangan bagi mereka yang ingin mendalami masalah Instrumentasi Elektronika.

Diktat ini mencakup pengetahuan dasar mengenai Instrumentasi Elektronika, sampai dengan contoh-contoh penggunaan instrumentasi Elektronika pada berbagai bidang.

Dengan tersusunnya diktat ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada PAU Mikroelektronika yang telah memberikan dana hingga terselesaikannya penulisan ini. Juga kepada semua pihak yang telah membantu, tak lupa penulis sampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya.

Semoga diktat ini dapat dimanfaatkan bagi siapa saja yang memerlukannya.

Bandung, Februari 1989

Samaun Samadikun
Reka Rio
Tati Mengko

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
Bab I. KONSEP DASAR PENGUKURAN	1
1.1. Masalah pengukuran	1
1.2. Penggambaran Sistem	1
1.3. Analisa Soal	2
1.4. Karakteristik dasar alat ukur	4
1.4.1. Ketelitian (Accuracy)	4
1.4.2. Ketepatan	4
1.4.3. Kesalahan	5
1.4.4. Linieritas	7
1.4.5. Histerisis	8
1.4.6. Resolusi dan kemudahan pembacaan skala	9
1.4.7. Ambang (threshold)	9
1.4.8. Kemampuan ulang (repeatability)	10
1.4.10. Bentangan (Span)	10
1.4.11. Ketelitian dinamis	10
1.5. Kalibrasi	11
Bab II. KLASIFIKASI TRANSDUSER	13
2.1. Pengenalan transduser	13
2.2. Transduser listrik	13
2.3. Klasifikasi	14
2.4. Keperluan dasar transduser	15
Bab III. SIMPANGAN (DISPLACEMENT)	18
3.1. Pendahuluan	18
3.2. Prinsip transduksi	18
3.2.1. Devais resistansi variable	19
3.2.2. Transduser induktansi variabel	21
3.2.3. Potensiometer induksi	25
3.2.4. Sinkro dan Resolver	26
3.2.5. Transduser kapasitansi variabel	27
3.2.6. Devais Efek Hall	29
3.2.7. Devais proksimiti (proximity)	30
3.3. Transduser digital	30
3.4. Pengukuran permukaan (level)	32
Bab IV AKUISISI DATA	34
4.1. Pendahuluan	34
4.2. Teori Dasar	35
4.2.1. Sistem Akuisisi Data	35
4.2.2. Manfaat Sistem Akuisisi	36
4.2.3. Penggunaan Sistem Akuisisi	37

Bab V. BEBERAPA CONTOH PENGGUNAAN SISTEM	
AKUISISI DATA	39
5.1. Pendahuluan	39
5.2. Akuisisi Data pada industri : Mesin Tenun	39
5.2.1. Limit Switch dan Sensor	40
5.2.2. Signal Conditioner	41
5.2.3. Konsentrator	42
5.2.4. Komputer Pusat	43
5.3. Akuisisi Data untuk Sistem Kendali	44
5.3.1. Pusat Kendali tanpa DAS (Rendundansi)	45
5.3.2. Pusat Kendali"dilengkapi (Rendundansi)	46
5.3.2.1.Cara Kerja	46
5.3.2.2.Interface	47
5.3.2.3.DMA (Direct Memory Acces) pada IBM PC/XT	50
5.3.2.4.Switchover Otomatispp	53
5.4. Akuisisi Data pada bidang Kedokteran	
5.4.1. Jantung dan Aktivitasnya	
5.4.2. Transduser Penghitung Pulsa Denyut Jantung	
5.4.2.1.Transducer Piezzoelektrik	
5.4.2.2.Transducer Perubahan Reluktansi	
5.4.3. Heart Rate Counter Integrated Circuit	
5.4.4. Keuntungan	
5.5. Akuisisi Data dalam bidang Musik : MIDI	
5.5.1. Instrumen musik elektonika.	54
5.5.2. Synthesizer analog	54
5.5.3. Sampler	56
5.5.4. Masalah pada Sistem Instrumen Musik Elektronika	57
5.5.5. MIDI.sebagai DAS dan Alternatif Pemecahan	57
5.5.6. Komputer Pribadi sebagai Suplemen MIDI	64
5.5.7. Peranan MIDI dalam memperbaiki kinerja sistem	64
Rangkuman	66
 Bab VI. AKUISISI DATA AKURASI TINGGI :	
Timbangan elektronika dengan Load Cell	68
6.1. Pendahuluan	68
6.2. Load Cell	68
6.2.1. Load Cell Tipe Kalom	68
6.2.2. Load Cell Tipe Ring	69
6.2.3. Load Cell tipe Batang	69
6.2.4. Perssductor	70
6.2.5. Efek Perubahan Suhu	70
6.3. Avery L-105	70
6.3.1. Panel Muka	71
6.3.2. Mode Seting	72
6.3.3. Komunikasi	78
6.4. Rangkaian Pembantu	80
6.4.1. Address Decoder	80
6.4.2. Penggerak Katup Mekanis	82

6.5. Perangkat Lunak	83
6.5.1. Program Simulasi	83
6.5.2. Inisialisasi Baud Rate	84
6.5.3. Membaca Data Serial	85
6.6. Uji Coba	86
6.6.1. Uji Pemakaian Perangkat Lunak	87
6.6.2. Pengujian Sistem Keseluruhan	88
6.7. Rangkuman	89
LAMPIRAN	90
DAFTAR PUSTAKA	98
PENUTUP	99

DAFTAR GAMBAR/TABEL

	Halaman
Gambar 1.1. Sistem Pengukuran Umum	2
Gambar 1.2. (a) Linieritas terminal (b) Linieritas Independen (c) Linieritas Kwadrat terkecil	8
Gambar 1.3. Histerisis	9
Tabel 2.1. Classification of Electrical Transducers	15
Tabel 2.2. Dimensional Relationship Between Parameters	15
Tabel 2.3. Spesifikasi transduser Tekanan	17
Gambar 3.1. Transduser Simpangan Potensiometer (a) Gerakan linier (b) Gerakan sudut (c) Rangkaian	19
Tabel 3.1 Characteristics of Linear Displacement Transducers	20
Gambar 3.2. Transformator diferensial variabel linier (a) Konstruksi dasar (b) Penyambungan kumparan sekunder (c) Karakteristik transfer	22
Gambar 3.3. Rotary Variable differential transformer	23
Gambar 3.4. Transduser simpangan reluktansi variabel (a) Susunan kumparan (b) Rangkaian detektor	25
Gambar 3.5. (a) Potensiometer Induksi (b) Synchro Transmitter (c) Resolver	26
Gambar 3.6. Transduser Kapasitansi variabel	27
Gambar 3.7. Operational amplifier Circuit Configuration for Capacitance type displacement transducers	28
Gambar 3.8. Rangkaian Jembatan servo AC untuk kapasitansi variabel	28
Gambar 3.9. (a) Hall effect principe (b) Hall effect angular displacement transducer	29
Gambar 3.10. Detail encoder digital untuk pengukuran simpangan linier dan sudut	31
Gambar 4.1. Diagram Sistem Akuisisi Data secara Umum	35
Gambar 4.2. Sistem Akuisisi Modern	36
Gambar 5.1. Sistem Akuisisi Data 77	40
Gambar 5.2. Prinsip Kerja Sensor	40
Gambar 5.3. Rangkaian Photo Transistor	41
Gambar 5.4. Diagram blok Signal Conditional	41
Gambar 5.5. Rangkaian Wave Shaper	42
Gambar 5.6. Rangkaian Noise Eliminator	42
Gambar 5.7. Kendali Sistem Terbuka	44
Gambar 5.8. Sistem Kendali Tertutup	44
Gambar 5.9. Pusat Kendali tanpa DAS	45
Gambar 5.10. Pusat Kendali dengan DAS	46
Gambar 5.11. Diagram waktu sinyal jabatan tangan.	48
Gambar 5.12. Rangkaian Pengubah simpul ke EIA .	49
Gambar 5.13. Hubungan simpul balik otomatis	49
Gambar 5.14. Operasi Pengendali DMA	51
Gambar 5.15. Bagan Diagram alir operasi DMA	52
Gambar 5.16. (a) Ruang-ruangan jantung (disederhanakan) (b) jantung sebenarnya .	
Gambar 5.17. Diagram blok	

Gambar 5.18. Diagram rinci	
Gambar 5.19. Diagram blok PPI	
Gambar 5.20. Diagram blok PPI lengkap	
Gambar 5.21. Voltage Control Oscillator	55
Gambar 5.22. Konfigurasi Sampler	56
Gambar 5.23. Rangkaian Implementasi MIDI	58
Gambar 5.24. (a) Konfigurasi Daisy Chain dan (b) Star Network	59
Gambar 5.25. Data MIDI	60
Gambar 5.26. Transmisi Serial (a) dan Paralel (b)	62
Gambar 5.27. Konverter level arus ke level tagangan	62
Gambar 6.1. Load Cell tipe kolom	68
Gambar 6.2. Load Cell tipe ring	69
Gambar 6.3. Load Cell tipe batang	69
Gambar 6.4. Pressductor	70
Gambar 6.5. Panel Muka Avery L-105	71
Gambar 6.6. Konektor Komunikasi L-105	78
Gambar 6.7. Konektor D-25 pada RS-232	79
Tabel 6.1.	79
Gambar 6.8. Rangkaian Konverter level Arys ke Level Tegangan	80
Gambar 6.9. DIP Switch untuk Alamat	81
Gambar 6.10. Adress Decoder	81
Gambar 6.11. Penggerak Katup AC	82
Gambar 6.12. Penggerak Katup DC	83
Gambar 6.13. Implementasi Rangkaian	83
Gambar 6.14. Flow Chart Program Simulasi	84
Gambar 6.15. Flow Chart Pengaturan Baud Serial	84
Tabel 6.2. Alamat Internal Chip 8250	85
Tabel 6.3. Daftar Nilai Divisor	85
Gambar 6.16. Flow Chart Pembacaan Data Serial	86
Gambar 6.17. Rangkaian Uji Coba	86
Gambar 6.18. Menu Utama	87

BAB 1

KONSEP DASAR PENGUKURAN

1.1. Masalah pengukuran

Cara pengukuran merupakan bidang yang sangat luas dipandang dari ilmu pengetahuan dan teknik, meliputi masalah deteksi, pengolahan, pengaturan dan analisa data. Besaran yang diukur atau dicatat oleh suatu instrumen termasuk besaran-besaran fisika, kimia, mekanik, listrik, magnetik, optik dan akustik. Parameter besaran-besaran tadi merupakan bahan kegiatan yang penting dalam tiap cabang penelitian ilmu dan proses industri yang berhubungan dengan sistem pengaturan proses, instrumentasi proses dan pula reduksi data.

Kemajuan-kemajuan elektronika, fisika dan ilmu bahan telah menghasilkan kemajuan banyak alat pengukur presisi dan canggih yang digunakan dalam berbagai bidang seperti kedirgantaraan, ilmu dan teknologi, kelautan dan industri.

Pengukuran memberikan arti pada kita untuk menjelaskan gejala alam dalam besaran kuantitatif. Mengukur berarti mendapatkan sesuatu yang dinyatakan dengan bilangan. Informasi yang bersifat kuantitatif dari sebuah pekerjaan penelitian merupakan alat pengukur dan pengatur suatu sifat dengan tepat. Keandalan sebuah pengaturan sangat bergantung pada keandalan pengukuran.

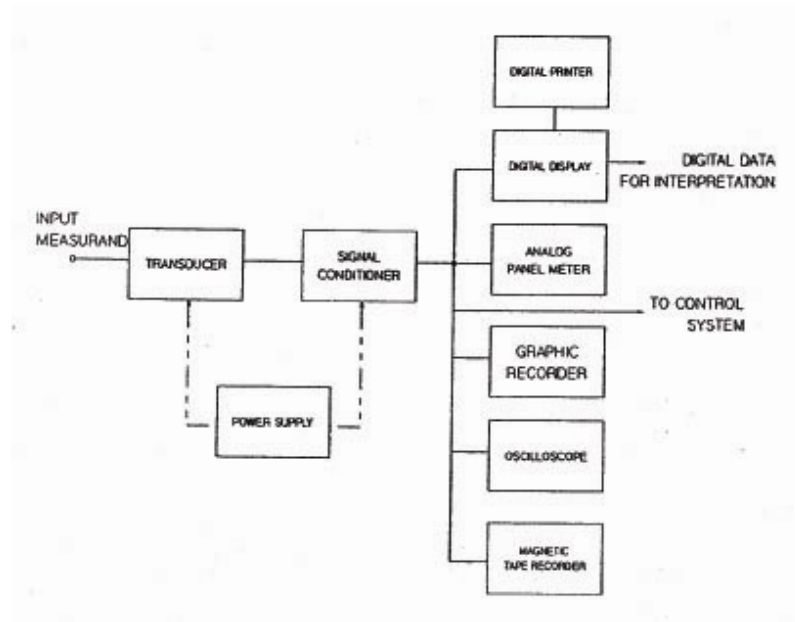
Berbagai macam instrumen telah mulai dikembangkan sejak tahun 1930 karena masuknya elektronika dan fisika terdapat instrumen listrik yang dapat diandalkan untuk pengukuran yang kontinu dan dapat merekam banyak parameter.

Berbagai variabel yang perlu dalam pengukuran telah diperluas, teknik dan metoda lama didasarkan pada gejala fisika dan kimia yang baru ditemukan juga dikembangkan. Dalam empat dekade ini teknik pengukuran telah disempurnakan untuk memenuhi keperluan yang tepat bagi para ahli dan ilmuwan.

1.2. Penggambaran sistem

Sistem pengukuran umum terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut ditunjukkan pada gambar 1.

- a. Transduser yang mengubah besaran yang diukur (kuantitas yang diukur, sifat atau keadaan) menjadi output listrik yang berguna.
- b. Pengkondisi sinyal yang mengubah output transduser menjadi besaran listrik yang cocok untuk mengatur perekaman atau pemrograman.
- c. Pemraga atau alat yang dapat dibaca, memeragaan informasi tentang besaran yang diukur menggunakan satuan yang dikenal dalam bidang teknik.
- d. Catu daya listrik memberikan tenaga kepada transduser dan bagian pengkondisi sinyal dan pula untuk alat pemraga.



Gambar 1.1. Sistem Pengukuran Umum

Transduser didefinisikan sebagai sebuah alat yang bila terkena suatu bentuk energi dapat mengubahnya menjadi bentuk energi yang lain. Sifat transduksi dapat dari mekanik listrik, atau optika menjadi bentuk yang lain. Pengkondisi sinyal mempunyai variasi ke kompleksan mulai dari rangkaian resistor sederhana atau rangkaian matching impedansi hingga yang terdiri dari mulai tingkat penguat, detektor, demodulator dan filter. Istilah lain dari pengkondisi sinyal adalah pemodifikasi sinyal atau pemroses sinyal. Sinyal output dapat berbentuk analog atau besaran digital.

Pemraga (read out/display) dapat memberikan pula format analog atau digital yang dapat dibaca atau diinterpretasikan. Sebuah alat pemraga yang sederhana dalam instrumen listrik ialah meterpanil (panelmeter) yang mempunyai skala dan jarum penunjuk. Pemraga yang baru seiring dengan perkembangan komputer tidak menggunakan sinyal analog tetapi diubah menjadi sinyal digital memakai sebuah konverter analog ke digital dan seterusnya diperagakan pada panel digital.

Dapat dihasilkan pencetakan (print out) numerik (dengan angka) menggunakan alat pengetik bila diperlukan pencatatan permanen. Sinyal analog juga dapat direkam dengan menggunakan rekorder dengan kertas bergulung dan sinyal diproses memakai sistem potensiometer dengan penyeimbangan sendiri (self-balancing potentiometer) atau pada osilograf tipe galvanometer memakai sinar ultraviolet pada kertas film.

Cara ini dapat digunakan pula bila sinyal sangat lambat perubahannya, jarum galvanometer kuat dengan pena penulis memakai tinta atau filamen panas pada kertas termal. Sinyal digital dapat direkam dengan berbagai cara misalnya pada teleprinter memakai pita kertas berlubang, printer-garis, printer-mosaik (dot-matrix), kertas proses, pita magnetik dan floppy-disk. Keuntungannya dengan cara-cara ini ialah lebih akurat dan mengurangi kesalahan oleh manusia.

1.3. Analisa soal

Pada tiap soal pengukuran, jelas harus dimengerti lebih dahulu tentang transduser listrik, pengkoreksi sinyal dan pemraga atau alat perekam sebelum melaksanakan percobaan.

Untuk membuat perancangan yang lebih mendetail perlu dibuat spesifikasi dari alat dan sistem pengukur itu. Untuk itu ada 8 aturan pokok yang harus diikuti pada tiap soal pengukuran.

- (1) Buatlah unjuk kerja (performance) minimum pada instrumen yang diperlukan, dengan memperhatikan :
 - Soal pengukuran dinyatakan secara pasti
 - Tujuan primer dan tujuan sekunder
 - Ketelitian yang diperlukan
 - Kemungkinan terdapat kerusakan pada komponen
 - Ukuran fisik alat
 - Cara pengetesan dan jadwalnya.
- (2) Kumpulkan, sistimatisasikan dan analisislah seluruh data dan fakta yang membantu untuk menentukan soal dan cara pemecahannya. Susunlah daftar pernyataan sebagai berikut :
 - Apakah instrumentasi yang konvensional telah cukup? Bila tidak dalam hal apa?
 - Apakah teknik instrumen sarna yang telah ada dapat diterapkan untuk memecahkan soal ini?
 - Apakah pengembangan alat yang terakhir dapat digunakan dalam soal pengukuran ini?
 - Apakah diperlukan penelitian dasar dipandang dari sudut teori
 - Apakah soal harus dipecahkan dengan memakai instrumen spesial
- (3) Carilah fakta yang tidak ada atau informasi yang tertinggal, dan lakukan pengetesan komponen untuk menambah kriteria perancangan instrumen. semua data teknis dan semua komponen harus bisa didapatkan. Harus dilakukan pengetesan penting pada parameter-parameter yang mempengaruhi sifat keseluruhan sistem.
- (4) Pilih pendekatan yang logis dan tentukan spesifikasi perancangan. Masalah rekayasa/engineering harus diuji, kemudian pilihan pendekatan/pemecahan yang mempunyai kemungkinan berhasil terbesar.
- (5) Fabrikasikan/produksi komponen dan sistem instrumen yang telah dirancang itu, dengan jumlah minimal pada perubahan yang bersifat kurang menyenangkan. Lakukan: pengukuran pengaturan kualitas (quality control) dan perbaiki kemampuan pekerja lebih baik dan standar tapi menggunakan biaya yang masih dapat diterima.
- (6) Lakukan semua kalibrasi dan pengetesan pada saat produksi agar dapat dicapai ketelitian yang diperlukan pada kondisi lingkungan tertentu sediakan grafik atau data kesalahan diduga akan terjadi. Tekankan pada ketepatan (precision) (berdasarkan data reproduksibilitas) dan ketelitian (accuracy)
- (7) Berikan secara profesional pada detail teknis pengetesan. Kadang-kadang sistem yang baik ternyata ditolak sedangkan sistem yang masih ragu diterima bahkan kemudian gagal.

- (8) Bantuan dalam evaluasi data. Data harus dipresentasikan dalam sebuah daftar yang berguna agar dapat menyelesaikan soal yang seharusnya. Data kalibrasi harus diberikan dengan ketelitian yang diharapkan.

1.4. Karakteristik dasar alat ukur

Fungsi alat ukur adalah untuk meraba atau mendeteksi parameter yang terdapat dalam proses industri atau penelitian ilmu pengetahuan seperti : tekanan temperatur aliran, gerakan, tegangan, arus listrik, dan daya. Alat ukur harus mampu mendeteksi tiap perubahan dengan teliti dan dapat membangkitkan sinyal peringatan yang menunjukkan perlunya dilakukan pengaturan secara manual atau mengaktifkan peralatan otomatis. Untuk mendapatkan sifat unjuk kerja yang optimum maka perlu diperhatikan sejumlah karakteristik dasar. Akan dijelaskan masing-masing karakteristik yang sesuai untuk pengukuran.

1.4.1. Ketelitian (accuracy)

Ketelitian pengukuran atau pembacaan merupakan hal yang sifatnya relatif pada pengukuran, ketelitian dipengaruhi kesalahan statis, kesalahan dinamis, drift/sifat berubah, reproduksibilitas dan non Ketelitian didefinisikan sebagai kedekatan (closeness) pembacaan terhadap harga standar yang diterima atau harga benar.

Ketelitian yang absolut tidak punya arti dalam pengukuran besaran fisika. Dari hasil percobaan, ketelitian dipengaruhi oleh batas-batas kesalahan intrinsik, batas variasi pada indikasi, ketidak stabilan listrik nol (electrical zero) dan lingkungan. Harga kesalahan ini sama dengan derajat kesalahan pada hasil akhir. Ketelitian ditentukan dengan mengkalibrasi pada kondisi kerja tertentu dan dinyatakan diantara plus dan minus suatu prosentasi harga pada harga skala yang ditentukan. Semua instrumen ditentukan dalam klasifikasi yang disebut kelas atau tingkat (grade) yang tergantung dari ketelitian produk itu.

Ketelitian dari sistem yang lengkap tergantung pada ketelitian individual dari elemen peraba (sensing element) primer dan elemen sekunder, dan menentukan ketelitian. Bila A adalah ketelitian seluruh sistem, maka $A = \pm (a_1 + a_2 + a_3 + \dots)$ dimana $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ adalah ketelitian dari tiap elemen pada sistem instrumen itu. A tersebut merupakan ketelitian terendah. Dalam praktek dipakai harga rms (root mean square) dari ketelitian masing-masing dapat dituliskan:

$$A = \pm \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + \dots + a_n^2}$$

Hal ini dapat dipakai mengingat tidak mungkin semua bagian dari sistem berada dalam kesalahan statis terbesar pada tempat sarna dan waktu yang sarna.

1.4.2. Ketepatan

Karakteristik lain pada instrumen adalah ketepatan divais/alat. Ketepatan adalah merupakan kedekatan pengukuran masing-masing yang didistribusikan terhadap harga rata-ratanya. Maksudnya merupakan ukuran kesamaan terhadap angka yang diukur sendiri dengan alat yang sama, jadi tidak dibandingkan dengan harga standar/baku.

Ketepatan ini, berlainan dengan ketelitian, dan ketepatan yang tinggi tidak menjamin ketelitian yang tinggi (ketelitian dibandingkan dengan harga baku).

1.4.3. Kesalahan

Terdapat hubungan antara yang diukur (measurand) dengan output teoritis atau ideal dari sebuah transduser. Pada transduser ideal outputnya memberikan harga yang benar, Pada kenyataannya tidak demikian, dalam batas jangkauan tertentu dari sebuah transduser terdapat hubungan antara output transduser dengan kurva teoritis. Hubungan ini dapat dinyatakan dengan persamaan matematika, grafik atau harga tabel. Harga output ideal tidak memperhatikan keadaan lingkungan (ambient environmental) seperti kondisi instrumen sebenarnya.

Pada kenyataannya output transduser memiliki sifat non ideal, maka terdapat deviasi yang diukur dengan harga yang benar, perbedaan dari harga yang dibaca dengan harga yang benar disebut kesalahan (error). Biasanya kesalahan dinyatakan dalam persen terhadap output skala penuh (full scale output/FS). Perbandingan kesalahan ini terhadap skala penuh output adalah merupakan ketelitian alat.

Kesalahan tersebut di atas terdiri dari kumpulan kesalahan individual. Pada pengukuran sesungguhnya kesalahan transduser telah diketahui secara pasti. Dengan mengetahui kesalahan individual yang akan dijelaskan lebih lanjut dapat digunakan untuk koreksi dari data akhir maka akan menaikkan ketelitian pengukuran.

(a) Kesalahan-kesalahan intrinsik, absolut dan relatif.

Kesalahan yang terdapat ke tika instrumen dalam kondisi referensi disebut kesalahan intrinsik, Kesalahan absolut adalah perbedaan yang didapat dari pengukuran harga yang diukur dengan harga yang benar. Sedangkan kesalahan relatif yaitu perbandingan kesalahan absolut dengan harga yang benar. Dalam hal tertentu diperlukan kesalahan kelinieran relatif K yang dinyatakan dengan hubungan :

$$K = \frac{K_a - K_b}{K_a}$$

dimana K_a = kemiringan rata-rata yang diukur pada pertengahan 80% dari skala penuh, dan K_b = kemiringan rata-rata yang diukur pada ekstrim bawah 10% dari skala penuh.

(b) Kesalahan acak dan tidak menentu

Kesalahan tidak menentu dan acak terlihat bila pengukuran-pengukuran berulang pada besaran sama menghasilkan harga-harga yang berbeda. Besar dan arah dari kesalahan tidak diketahui dan tidak dapat ditentukan. Hal ini dapat disebabkan karena adanya gesekan atau histeresis pegas, noise/derau, atau gejala lain. Faktor yang menyebabkan ialah perubahan sinyal input yang acak (random), bersama noise dan drift yang ada dalam pengkondisi sinyal. Kesalahan tersebut timbul banyak dalam analisa data dinamis. Ketidakmenentuan dinyatakan sebagai deviasi rata-rata, kemungkinan kesalahan, atau deviasi statistik. Harga kesalahan diperkirakan sebagai harga dari penyimpangan nilai yang diamati atau dihitung terhadap nilai yang sebenarnya.

(c) Kesalahan Sistematik atau Instrumental

Kesalahan yang disebabkan karena karakteristik bahan yang digunakan untuk pembuatan alat pengukur atau sistem disebut kesalahan instrumental atau sistematik.

Kesalahan sistematik relatif konstan, kesalahan disebabkan karena sensitivitas, drift, zero effect. Gejalanya biasanya tersembunyi tidak mudah terlihat. Harga kesalahan ini didapatkan secara statistik berdasarkan observasi berulang dalam kondisi yang berbeda-beda atau dengan alat yang berbeda (tipe sama).

Biasanya kesalahan ini dapat dihilangkan menggunakan faktor koreksi, Kesalahan instrumental adalah pengukuran ketetapan pada pembacaan instrumen. Kesalahan ini dapat direduksi oleh pengamat pada waktu membaca. (membacanya lebih cermat).

(d) Kesalahan interferensi

Gangguan yang tidak diinginkan termodulasi pada sinyal input yang rendah misalnya karena noise (derau), hum (dengung), induksi, riak (ripple), atau dari transien karena saklar dihidupkan, ini semua mengakibatkan kesalahan interferensi. Noise timbul dari mesin listrik lain, medan magnet, sumber panas, gangguan cuaca, pembusuran kontak pada saklar dan relay, elektrostatis dan lainnya. Kesalahan ini dapat dikurangi memakai isolasi pada alat, diskriminasi frekuensi. Isolasi (shielding) terhadap listrik, elektromagnetik dan listrik statis.

(e) Kesalahan instalasi (kesalahan pakai)

Kesalahan timbul karena pemakaian tidak sesuai dan salah instalasi. Kesalahan ini nyata besarnya bila alat bekerja di luar jangkauannya seperti : panas yang berlebihan, getaran dan tidak match. Semua alat harus bekerja sesuai dengan batas-batas yang dinyatakan dalam spesifikasi alat oleh pembuatnya.

(f) Kesalahan operasi (kesalahan manusia)

Kesalahan ini terjadi bila teknik penggunaan alat sangat buruk, walaupun alat sebetulnya akurat dan terpilih baik. Misalnya kesalahan timbul karena penyetelan yang tidak sesuai, standar rusak, skala yang kanan tidak sesuai, pembacaan paralaks, dan operator kurang terlatih. Pada pemakaian jembatan pengukur strain gauge mungkin terlupakan untuk mengatur ke nol terlebih dahulu sebelum pengukuran dilakukan dan dibuat seimbang pada posisi skala penuh. Harus diyakini bahwa alat-alat sebagai standar untuk mengukur resistansi, tegangan, tekanan dan temperatur harus dikalibrasi dengan tepat sebelumnya.

Pembacaan berulang oleh pengamat yang terlatih dan pengecekan yang bebas (independent) perlu dilakukan bilamana mungkin. Kesalahan lain sebagai kesalahan orang yang disebabkan karena ceroboh, karena kurang pengalaman dan keterbatasan pribadi, masih mungkin timbul. Kesalahan ini dapat diatasi dengan pembacaan instrumen yang dilakukan oleh lebih dari satu orang saja.

(g) Drift nol (zero drift)

Drift nol adalah deviasi yang terlihat pada output instrumen terhadap waktu dari harga permulaan, bila kondisi instrumen semua konstan. Ini dapat disebabkan oleh variasi kondisi lingkungan atau karena umur.

(h) Kesalahan karena perubahan-perubahan sensitif

Kadang-kadang, kesalahan karena drift pada skala nol atau skala penuh adalah besar dan sifatnya sangat acak. Koreksi sangat sukar dihilangkan. Kesalahan maksimum timbul sesaat setelah alat dihidupkan dan mengecil setelah waktu pemanasan. Kesalahan ini timbul karena perubahan sensitivitas alat akibat perubahan temperatur atau fluktuasi

tegangan jala-jala. Kesalahan ini dapat dikurangi memakai kompensasi temperatur dan regulator tegangan atau dengan pemakaian penguat diferensial yang seimbang atau penguat dengan stabilisasi chopper (Chopper stabilized). Kesalahan ini dapat dikurangi dengan pengamatan yang berulang dan kalibrasi statis yang banyak pada input yang konstan. Sifat dari kesalahan acak mengikuti distribusi Gauss.

(i) Kesalahan statistik

Kesalahan statistik dalam pengukuran dapat dinyatakan dalam harga rata-rata statistik (statistical mean) dan deviasi standar. Bila $x_1, x_2, \dots, x_n$ menyatakan sekumpulan harga besaran yang diukur, harga rata-rata statistik $\bar{x}$ dari pembacaan-pembacaan diberikan sebagai :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Deviasi standar merupakan derajat dispersi dari pembacaan sekitar harga rata-rata, dituliskan sebagai :

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2$$

r adalah deviasi standar, d_i adalah deviasi masing-masing titik dari harga rata-rata, $|x_i - \bar{x}|$ dan n adalah jumlah pengamatan.

(j) Pembobotan kesalahan

Dalam sebuah percobaan, kesalahan tidak dapat langsung dihitung misalnya : kesalahan pengamatan pengukuran angka Mach sangat bergantung pada kesalahan ukur pada dua harga tekanan. Kesalahan tergantung pada harga-harga yang berhubungan dengan masing-masing pengukuran dan pula dengan interaksi kesalahan pada perhitungan akhir. Tiap kesalahan tidak mempengaruhi hasil akhir.

1.4.4 Linieritas

Kebanyakan transduser dirancang untuk mendapatkan output terhadap input yang diukur dengan hubungan linier, pertama karena ini cenderung dapat lebih teliti. Linieritas didefinisikan sebagai kemampuan untuk mereproduksi karakteristik input secara simetris, dan ini dapat dirumuskan sebagai $y = mx + c$, dengan y output, x input m kemiringan dan c titik potong. Kedekatan kurva kalibrasi dengan sebuah garis lurus adalah kelinieran transduser.

Ketidaklinieran mungkin disebabkan oleh sifat : bahan yang tidak linier pada komponen, penguat elektronika, histeresis mekanik, aliran kental atau merayap, bagian yang lewat elastis pada bahan mekanik. Linieritas dinyatakan sebagai prosentase penyimpangan dari harga linier, yaitu deviasi maksimum kurva output dari best-fit garis lurus selama kalibrasi.

Linieritas absolut berhubungan dengan kesalahan maksimum pada tiap titik pada skala terhadap pengukuran absolut atau garis lurus teoritis. Nilainya diberikan sebagai $\%$ dari skala penuh. Linieritas diklasifikasikan sebagai berikut : "Linieritas kemiringan teoritis" adalah garis lurus yang menghubungkan titik-titik ujung teoritis. Garis ini digambar tanpa harga-harga yang diukur.

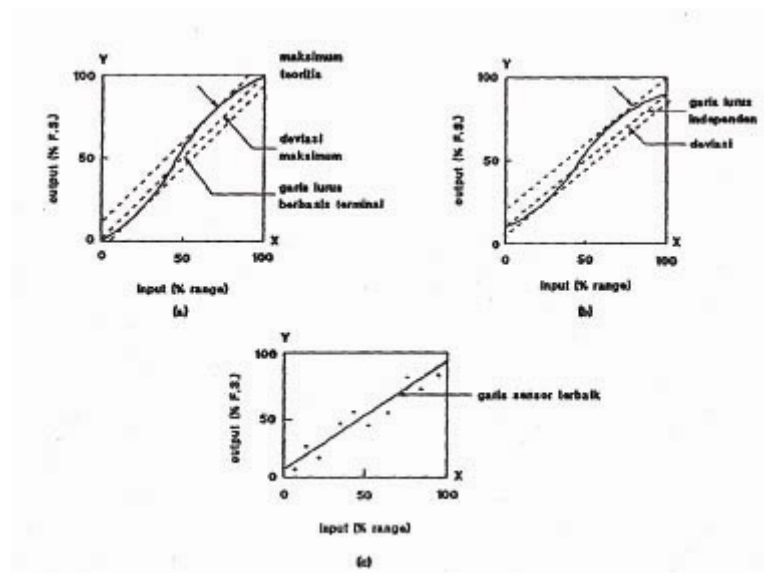
"Linieritas terminal" (terminal linearity) adalah linieritas kemiringan teoritis dalam hal spesial, yaitu dengan titik-titik ujung teoritis tepat pada output $a\%$ dan 100% dari skala

penuh. "Linieritas titik ujung" (end point linearity) adalah sebagai garis lurus yang menghubungkan titik-titik ujung eksperimental.

Titik-titik ujung itu dapat ditentukan seperti yang didapat selama kalibrasi atau seperti pembacaan rata-rata selama dua atau lebih kalibrasi yang berturut-turut, "Linieritas tidak bergantung" (independent linearity) adalah garis lurus yang terbaik, sebuah garis yang berada ditengah antara dua garis lurus paralel dengan kemungkinan jarak terdekat yang menghubungkan semua arah output yang didapatkan selama kalibrasi.

Ini dapat digambar hanya bila kurva tergambar dengan semua output pembacaan termasuk titik-titik ujungnya. "Linieritas kuadrat terkecil" (Least square linearity) ialah garis lurus yang mempunyai jumlah kuadrat-kuadrat dari residu minimum. Residu adalah deviasi pembacaan-pembacaan output terhadap titik-titik yang bersangkutan pada garis lurus best-fit (kecocokan terbaik).

"Scatter" adalah sejenisnya, didefinisikan sebagai deviasi dari nilai rata-rata dari pengukuran berulang terhadap garis best-fit. Grafik berikut ini menggambarkan linieritas, gambar 1.2 a, b dan c.



Gambar 1.2.

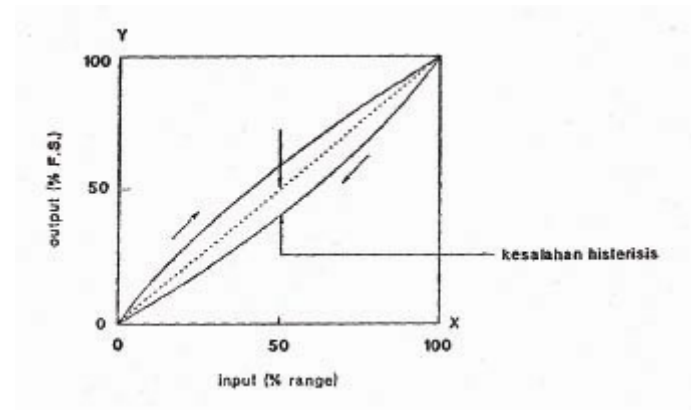
(a) Linieritas terminal (b) Linieritas Independen (c) Linieritas Kesesuaian kwadrat terkecil

1.4.5. Histerisis

Bila alat digunakan untuk mengukur parameter, pengukuran dengan arah naik dan kemudian dengan arah turun, output dari kedua pembacaan umumnya berbeda, hal ini disebabkan karena adanya gesekan di dalam atau di luar pada saat elemen sensor menerima input parameter yang diukur.

Perbedaan maksimum pada output pembacaan selama kalibrasi adalah histerisis dari alat itu. Gambar 1.3. menunjukkan lengkung histerisis tersebut. Histerisis terjadi pada maknit dan pula pada alat mekanik umumnya, hal ini tergantung pada histeri (kejadian) yang lalu pada pembalikan input, waktu yang dihabiskan pada langkah sebelumnya backlash (longgar) pada roda-roda gigi, gesekan coulumb, kemacetan, tumpuan yang seret, dan bahan yang elastis.

Kesalahan terjadi pada detektor pertama, indikator analog dan alat perekam. Kesalahan direduksi dengan perencanaan alat yang lebih sesuai, pemilihan komponen mekanik, sifat fleksibel besar, dan memakai bahan yang menggunakan pengerjaan panas (heat treatment) yang tepat. Harga histerisis biasanya dinyatakan sebagai prosentase output skala penuh yang diukur pada daerah 50 % dan skala penuh itu, Lihatlah pada gambar 1.3. Histerisis yang didapat bila jangkauan (range) lebih kecil dari skala penuh biasanya lebih kecil daripada skala histerisis total (dalam skala penuh).



Gambar 1.3. Histerisis

1.4.6. Resolusi dan kemudahan pembacaan skala

Resolusi adalah kemampuan sistem pengukur termasuk pengamatannya, untuk membedakan harga-harga yang hampir sama. Dapat didefinisikan sebagai perbedaan antara dua besaran input yang menghasilkan perubahan terkecil informasi output, perubahan input dilakukan secara searah. Bila input diubah perlahan-lahan dari sembarang harga yang bukan nol, maka pada output terlihat tidak berubah sampai harga perubahan input tertentu dilampaui. Perubahan ini disebut resolusi.

Maka resolusi dapat didefinisikan sebagai perubahan input yang dapat memberikan perubahan output terkecil yang dapat diukur. Kedua hal tersebut dapat dinyatakan dalam satuan absolut atau juga dengan prosentase terhadap skala penuh (F.S). Instrumen yang mempunyai histerisis besar belum tentu mempunyai solusi rendah. Kemudian pembacaan skala adalah sifat yang tergantung pada instrumen dan pengamatannya. Ini menyatakan angka yang signifikan (mudah diamati) dan dapat direkam/dicatat sebagai data. Pada meter analog, ini tergantung pada ketebalan tanda skala dan jarum penunjuknya. Pada meter digital, digit terakhir (least significant) dapat dipakai sebagai ukuran kemudahan pembacaan skala,

1.4.7. Ambang (threshold)

Bila input instrumen dinaikkan secara bertahap dari nol, terdapat harga minimum di bawah harga ini. Pada output tidak ada perubahan yang dapat terbaca. Harga minimum ini didefinisikan sebagai ambang instrumen. Gejala pada saat besaran ambang dapat diamati yaitu bila output mulai menunjukkan perubahan. Sering diperlukan harga yang kuantitatif yaitu untuk menentukan ambang data yang reproduktif.

Maka definisi yang lebih sesuai, ambang adalah besaran numerik pada output yang berhubungan dengan perubahan input. "Dead band", "dead space" dan "dead zone"

merupakan pernyataan lain dari ambang/treshold instrumen. Ambang dapat memberikan pengaruh pada kisterisis total.

1.4.8. Kemampuan ulang (repeatability)

Kemampuan ulang didefinsikan sebagai ukuran deviasi dari hasil-hasil test terhadap harga rata-ratanya (mean value).

1.4.10. Bentangan (Span)

Jangkauan (range) variabel pengukuran pada instrumen yang direncanakan dapat mengukur secara linier, disebut bentangan (span). Kadang-kadang ini menyatakan yang kanan operasi linier pada skala total. Istilah yang berhubungan dengan mutu (fidelity) dinamis dari peralatan disebut "jangkauan dinamis" Ini merupakan perbandingan input dinamis terbesar terhadap yang terkecil di mana instrumen mengukur dengan yakin. Harga biasanya dinyatakan dalam desibel.

1.4.11. Ketelitian dinamis

Bila sistem pengukuran mendapat input yang berubah dengan cepat, hubungan antara input dengan output menjadi berbeda dengan keadaan statik atau muasistatik (Quasistatic). Tanggapan (response) dinarnis sistem dapat dinyatakan dengan persamaan diferensial.

Bila ini berbentuk persamaan diferensial linier, maka sistem disebut linier dinamis. Karakteristik dinamik dasar tergantung pada orde dari persamaan diferensial sistem itu. Instrumen orde pertama (misalnya sensor temperatur) dapat dikarakteristikan dengan satu parameter yang dikenal sebagai konstanta waktu t (thau) (dalam detik) sistem itu. Persamaan diferensialnya sebagai berikut :

$$ty + y = x(t)$$

dimana $x(t)$ merupakan fungsi waktu dan y adalah output sistem.

Dua parameter yang mengkarakterisasi orde kedua sebuah transduser adalah frekuensi natural w_n dan ratio peredaman dari sistem. Dengan parameter itu persamaan diferensial dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{1}{w_n^2} y'' + \frac{2}{w_n} y' + y = x(t)$$

Dimana w_n dinyatakan dalam rad/detik, dan merupakan besaran tanpa dimensi. Sistem dengan orde yang lebih tinggi dapat dihasilkan Bila lebih dari satu sistem orde rendah diberikan, seperti misalnya bila output transduser orde kedua diberikan ke filter orde kedua lagi, maka sistem seluruhnya menjadi sistem orde keempat.

Parameter yang disebutkan di atas untuk arde kesatu dan sistem orde kedua, sangat berguna untuk menganalisa tanggapan output fungsi input-waktu sederhana dan juga untuk evaluasi kesalahan dinamis yang timbul.

Dalam hal system orde pertama/kesatu, harga konstanta waktu yang rendah berarti ketanggapannya cepat (fast response) maka menghasilkan kesalahan dinamis yang rendah. Dalam hal system orde kedua, frekuensi natural adalah index dari tanggapan

cepat.. Rasio redaman (damping ratio) menunjukkan stabilitas relatif dari sistem orde kedua. Sistem dengan redaman rendah menghasilkan osilasi pada outputnya bila diberi input transien, sedangkan sistem dengan redaman tinggi menunjukkan tanggapan lamban (sluggish), maka memerlukan waktu panjang untuk menuju ke harga seimbang (steady state).

1.5. Kalibrasi

Kalibrasi merupakan hal yang penting pada pengukuran industri dan pengaturan/kontrol. Dapat didefinisikan sebagai pembandingan harga spesifik input dan output instrumen terhadap standar referensi yang bersangkutan. Kalibrasi ini memberikan garansi pada alat atau instrumen bahwa ia akan bekerja dengan ketelitian yang dibutuhkan dan jangkauan yang dispesifikasikan dalam lingkungan yang tertentu pula. Dengan alat yang telah dikalibrasi pembuat atau pemroses dapat memproduksi barang dengan kualitas sesuai dengan spesifikasi.

Dengan proses kalibrasi maka kesalahan dan koreksi maka kesalahan dan koreksi dapat ditentukan/dijelaskan, Kalibrasi harus dilakukan secara periodik untuk menguji kebenaran unjuk kerja alat atau sistem, untuk itu diperlukan standar sebagai pembanding kerja. Pembanding ini memerlukan operator yang telah ahli/ terlatih, dan perlu adanya referensi standar yang baik, dan juga lingkungan yang standar (standard)/baku pula.

Kalibrasi tidak menjamin unjuk kerja instrumen tetapi sebagai indikator baik apakah unjuk kerja instrumen memenuhi ketelitian dan spesifikasi jangkauan (range) pada pemakaian alat itu. Kalibrasi kembali selalu diperlukan karena instrumen telah diubah penyetelannya, karena berubah dengan waktu/tua, baru direparasi, pemakaian berlebihan. Sertifikat kalibrasi yang telah didapatkan dapat digunakan sebagai tanda verifikasi oleh pembuatnya dan memberikan kepercayaan kepada pemakai alat sebagai jaminan. Standar yang diterima dapat dikategorikan sebagai standar primer, sekunder dan standar kerja.

Standar primer sangat teliti dan harga satuan absolutnya telah diberi sertifikat oleh National Standard Institution yang harus berada dalam toleransi yang diizinkan. Standar ini sangat mahal untuk membeli dan memeliharanya. Absolut memberi arti tidak bergantung/bebas, tidak relatif tetapi pasti.

Standar referensi terkalibrasi yang diturunkan dari standar absolut disebut standar sekunder. Standar ini dapat dimiliki oleh banyak instansi yang dapat ditera dengan standar primer kembali. Jarak waktu kalibrasi standar sekunder bergantung pada ketelitian dan tipe standar yang dipelihara. Standar normal yang diperlukan di industri dan laboratorium, mempunyai ketelitian setingkat lebih rendah dari standar sekunder, disebut standar kerja (working standard). Pada fasilitas kalibrasi industri yang dilengkapi baik harus memiliki standar primer/sekunder, beserta alat kalibrasi untuk simpangan (displacement) kecepatan, percepatan, gaya, tekanan, aliran, temperature, tegangan listrik, arus listrik, waktu dan frekuensi yang banyak dibutuhkan industri.

Tabel 1.1. menunjukkan beberapa standar yang dipelihara dengan ketelitian yang dapat dihasilkan. Standar sedikitnya mempunyai ketelitian setingkat lebih tinggi daripada instrumen yang akan dikalibrasi.

Dalam semua prosedur kalibrasi dianjurkan untuk melakukan pembacaan naik dan menurun. Pada transduser mekanik atau elektro-mekanik, prosedur ini memperlihatkan adanya kerugian karena gesekan, histerisis atau semacamnya, sedangkan dalam alat listrik murni menunjukkan nonlinier dan relaktansi maknit.

Parameter	Standar primer	Standar sekunder dan kerja
Simpangan/kecepatan/ percepatan	Panjang distandarkan memakai lampu Krypton 88 (1×10^{-4}) pengukuran gerakan memakai alat standar; gerakan dan simulasi meja putar	Mikrometer presisi dan alat ukur (1×10^{-5}); giroskop; meter percepatan standar (2×10^{-4})
Tekanan	Tester bobot mati udara (air dead weight tester); nanometer presisi (3×10^{-5} sampai 1×10^{-8})	Tester bobot mati minyak, pipa bourdon kuarsa; transduser kesetimbangan gaya (force balance); nanometer air dan air raksa (1×10^{-5} sampai 3×10^{-4})
Gaya/kopel	Bobot mati standar (1×10^{-7} sampai 1×10^{-8})	Sel-sel beban standar; mesin testing universal; meter kopel presisi (1×10^{-4} sampai 1×10^{-5})
Aliran	Pengukuran volume massa dan waktu (1×10^{-5})	Pipa pitot, roda meter turbin, meter aliran (1×10^{-4} sampai 1×10^{-3})
Temperatur	Potensiometer presisi; titik didih dan titik leleh metal (2×10^{-3} K)	Termokopel standar, termometer resistansi; potensiometer standar; pirometer radiasi (20×10^{-3}); standar berkas rubidium
Waktu/frekuensi	Standar berkas Cesium (waktu 0,2) frekuensi 1×10^{-12} mikro detik perhari	Osilator kristal kuarsa (waktu 20 mikro detik perhari)
Tegangan/ arus	Potensial efek Josephson berhubungan dengan frekuensi (1×10^{-4})	Voltmeter standar; potensiometer standar (1×10^{-5})

BAB 2

KLASIFIKASI TRANSDUSER

2.1. Pengenalan transduser

Transduser adalah alat yang dapat diberi input penggerak dari sebuah atau lebih media transmisi, dan selanjutnya dapat membangkitkan sinyal yang sesuai dan diteruskan ke sistem transmisi atau media. Transduser ini memberikan output yang berguna pada waktu menangkap sinyal input yang diukur, mungkin berupa besaran fisika, mekanik, juga dapat berupa sifat tertentu atau sarat tertentu.

Sebenarnya, energi adalah salah satu bentuk informasi, sistem transmisi atau keadaan fisik diteruskan ke keadaan atau sistem lain. Alat yang bersangkutan mungkin termasuk mekanik, listrik, optik, kimia, akustik, panas, nuklir atau kombinasi dari itu. Sebagai contoh transduser mekanik misalnya barometer dengan jarum penunjuk sebagai pemeraganya, alat ini telah lama dipakai.

Umumnya transduser mekanik mempunyai ketelitian tinggi, kokoh, harga lebih murah dan tidak memerlukan catu daya, tetapi alat itu mungkin tidak menguntungkan bila dipakai pada pengukuran ilmiah modern dan untuk pengaturan proses karena bekerjanya lambat, perlu gaya besar untuk mengatasi gesekan, tidak cocok untuk pengukuran jarak jauh. Kelemahan-kelemahan itu banyak dapat diatasi memakai transduser listrik.

2.2. Transduser listrik

Dengan transduser listrik, besaran fisika, mekanik atau optik ditransformasikan langsung menjadi besaran listrik yang berupa tegangan atau arus sebanding dengan besaran yang diukur. Hubungan antara input dan output merupakan fungsi tertentu yang reproduktif. Sifat input-output dan output dengan waktu dapat diperkirakan derajat ketelitiannya, kepekaan dan ketanggapannya dalam keadaan lingkungan tertentu. Parameter penting untuk menilai kemampuan transduser yaitu: linieritas, sifat pengulangan, resolusi (ketajaman) dan keandalan.

Keuntungan transduser listrik ialah :

- a. Output listrik dapat diperkuat menurut keperluan.
- b. Output dapat dilihat dan direkam secara jarak jauh, kecuali dapat dibaca/dilihat juga beberapa transduser dapat diproses bersama-sama.
- c. Output dapat diubah tergantung keperluan pemeragaan atau mengontrol alat lain. Besarnya sinyal dapat dinyatakan dengan tegangan atau arus. Informasi frekuensi atau pulsa. Output yang sama dapat diubah menjadi format digital pemeragaan, pencetakan (print out) atau penghitungan dalam proses (on-line computation). Karena output dapat dimodifikasikan, dimodifikasi atau diperkuat maka sinyal output tersebut dapat direkam pada osilograf perekam multi channel misalnya, yaitu yang berasal dari banyak transduser listrik secara bersamaan.

- d. Sinyal dapat dikondisikan atau dicampur untuk mendapatkan kombinasi output dan transduser sejenis, seperti contohnya pada komputer data udara, atau pada sistem kontrol adaptif. Contoh khusus seperti pada pengukuran angka Mach memakai dua besaran yang diukur.
- e. Ukuran dan bentuk transduser dapat disesuaikan dengan rancangan alat untuk mendapatkan berat serta volume optimum.
- f. Dimensi dan bentuk desain dapat dipilih agar tidak mengganggu sifat yang diukur seperti misalnya pada pengukuran turbulensi arus, ukuran transduser dapat dibuat kecil sekali, ini akan menaikkan frekuensi natural dan menjadi lebih baik. Contohnya pada transduser piezo elektrik miniatur. Yang digunakan untuk mengukur getaran.

Walaupun adanya keuntungan-keuntungan tersebut di atas, terdapat pula. kerugian yang didapat pada sensor/peraba listrik, yaitu menimbulkan soal pada pengukuran presisi.

Umumnya alat kurang andal dibanding dengan jenis mekanik karena umur dan drift komponen aktif yang digunakan dapat mempengaruhi besaran listrik. Elemen sensor dan pengkondisi sinyal-sinyal relative mahal, beberapa hal ketelitian dan resolusi tidak setinggi alat mekanik yang dapat mempunyai ketelitian hingga 0,01%. Tetapi sekarang dengan peningkatan teknologi dan rangkaian maka ketelitian dan stabilitasnya naik pula.

Teknik spesial, seperti dengan feedback pada sistem dimana indikasi nol diterapkan dalam pemrosesan, maka terdapat perbaikan ketelitian tetapi menambah kekomplekan sehingga lebih besar ukurannya, menurunkan frekuensi naturalnya dan lebih mahal.

2.3. Klasifikasi

Semua transduser listrik dapat dibagi dalam dua katagori yaitu transduser aktif dan pasif. Transduser aktif adalah devais yang dapat membangkitkan sendiri, bekerja menurut hukum kekekalan energi.

Mereka dapat membangkitkan sinyal output listrik yang ekuivalen tanpa adanya sumber energi luar. Transduser pasif bekerja berdasarkan prinsip pengontrolan energi, Mereka bekerja tergantung pada perubahan parameter listrik (resistansi, induktansi dan kapasitansi), untuk dapat bekerja diperlukan penggerak atau sumber dari luar diperlukan untuk mengerjakan yang berbentuk energi listrik sekunder. Contoh yang khas antara lain pemakaian strain gauge yang digerakkan sumber listrik arus searah, contoh lain pada transformator diferensial yang digerakkan dengan sinyal gelombang pembawa.

Macam-macam prinsip transduksi dimana transduser listrik bekerja, ditunjukkan pada tabel 2.1. Besaran input dasar serta parameter yang dapat diukur oleh transduser listrik diberikan dalam tabel 2.2.

Tiap besaran dalam tabel 2.2 itu dapat diukur memakai berbagai dasar transduksi yang diberikan dalam table 2.1, bentuk yang sebenarnya tergantung pada kebutuhan, spesifikasi, unjuk kerja/performance dan kondisi lingkungan.

Active Transducers	Passive Transducers
Thermoelectric	Resistive
Piezoelectric	Inductive
Photovoltaic	Capacitive
	Photoconductive
	Piezoresistive
Magnetostrictive	Magnetoresistive
Electrokinetic	Thermoresistive
Electrodynamic	Elestoresistive
Electromagnetic	Hall Effect
Pyroelectric	Synchro
Galvanic	Gyro
	Radio-active absorption
	Ionic conduction

Tabel 2.1. Classification of Electrical Transducers

Basic Quantity	Measured Parameter (Derived Quantity)
Linear displacement	Length, width, thickness, position, level, wear, surface quality, strain, velocity, acceleration
Angular displacement	Altitude, angle of incidence, angle of flow, angular vibration
Linear velocity	Speed, rate of flow, momentum, vibration
Angular velocity	Angular speed, rate of turn (roll, pitch and yaw), angular momentum, vibration
Linear acceleration	Vibration, impact (jerk), motion
Angular acceleration	Torque, angular vibration, angular impact, moment of inertia
Force	Weight, density, thrust, stress, torque, vibration, acceleration, pressure (absolute, gauge and differential)
Temperature	flow, fluid velocity, sound intensity
pressure,	Gas and liquid expansion, heat flow, heat conductivity, fluid flow, surface temperature, radiation
	gas velocity, turbulence, velocity of sound
Light	Light flux and density, temperature, spectral distribution, strain, length, force, torque, frequency
Time	Frequency, number of events, statistical distribution
Electromagnetic radiation	Wavelength, power, field strength

Tabel 2.2. Dimensional Relationship Between Parameters

2.4. Keperluan dasar transduser

Biasanya transduser dirancang untuk meraba besaran ukur yang spesifik atau hanya tanggap terhadap besaran ukur tertentu saja. Pengetahuan yang lengkap pada karakteristik transduser listrik dan mekanik sangat penting dalam pemilihan pemakaian transduser tertentu, misalnya dalam instrumen suatu penelitian, dasar keperluan-keperluan itu ialah :

- Kokoh (ruggedness) kemampuan untuk bertahan pada beban lebih, dengan pengaman yang dapat menghentikan memakai proteksi beban lebih.
- Linieritas, Kemampuan menghasilkan karakteristik input-output yang simetris dan linier, Linieritas menyeluruh mempunyai faktor yang diperhatikan.
- Kemampuan ulang. Kemampuan menghasilkan sinyal output yang tepat sama bila mengukur besaran ukur sama secara berulang dalam kondisi lingkungan sama pula.
- Instrumentasi memuaskan: Memberikan sinyal output analog yang tinggi dengang perbandingan sinyal ke noise yang besar pula; dalam banyak hal lebih disukai besaran digital.

- e. Stabilitas dan keandalan tinggi: Kesalahan pengukuran minimum, tidak terpengaruh temperatur, getaran dan variasi keadaan lingkungan.
- f. Tanggapan dinamis (dynamic response) baik: Output dapat dipercaya terhadap input bila diambil sebagai fungsi waktu. Efek ini dianalisa sebagai tanggapan frekuensi.
- g. Karakteristik mekanik yang baik dapat mempengaruhi unjuk kerja statis kuasistatis dan keadaan dinamis. Efek utamanya adalah :
 - 1. Histerisis mekanik: Mengakibatkan ketanggapan elemen sensor yang tidak sempurna, yang terjadi pada dimensi transduser strain. Sifat ini bergantung pada bahan yang dipakai serta umumnya.
 - 2. Aliran kental atau merayap (creep): disebabkan karena adanya aliran kental bahan elemen sensor. Besarnya semakin naik bila beban naik dan temperatur naik. Bahan yang mempunyai titik leleh rendah memperlihatkan harga sifat merayap/mengalir yang lebih besar,
 - 3. Sifat elastis yang tertinggal (after effect): Perubahan bentuk yang masih berlanjut bila beban diberikan dengan konstan dan kalau beban dilepas maka bentuk secara perlahan-lahan akan kembali keasalnya, dan hilang sisa perubahan bentuknya.
- h. Minimumkan noise yang bersatu dengan devais integrated, minimumkan asimetri dan kerusakan lain.

Spesifikasi teknis yang diperlukan pada transduser tekanan diberikan pada tabel 2.3. berikut pula aspek kebutuhan pemakai.

Parameter	Characteristics
<i>General</i>	
Manufacturer	As specified
Model/series	As specified
Identification	As specified
Measurand	Static/dynamic/absolute/gauge/differential pressure
Measurand media	Liquid/gas
Measurand range	Full-scale range; kg/cm ²
Limitations	Case pressure, temperature, special radiation
Applications	Industrial, aerospace, biomedical, geophysics, laboratory
<i>Electrical Characteristics</i>	
Operating principle-transduction	Resistive, capacitive, inductive, piezoelectric, piezoresistive
Sensitive element	Diaphragm, bellows, capsules, bourdon tube
Sensitivity	m V/V/F.S.
Transfer function	Linear, logarithmic, error function
Excitation	Working level voltage – ac/dc V
Resolution	Smallest change recognizable (% E.S.)
<i>Output Characteristics</i>	
ac or dc	Nature, range, output voltage, output impedance
Voltage range (V)	dc/ac
Power range (W)	W
Impedance (Ω)	ohms
Frequency range	Range of operating frequency (Hz)
Non-linearity	% F.S.
Hysteresis and creep	% F.S.
Static error band	Deviation from transfer function (includes all errors)
Zero shift and sensitivity variation with temperature	% F.S. per °C
Repeatability	% F.S.
Threshold	% F.S.
Over range/over load	% F.S.
Natural frequencies	Hz
Dynamic response	Response characteristics indicated through its bandwidth in Hz
Acceleration response	% F.S. per g (where g is the acceleration due to gravity)
Rise time	Seconds
Stability	% F.S. over a period of time
Temperature range	Range of operation within specification
Calibration and zero adjustment	Facility provided in instrumentation
<i>Mechanical</i>	
Dimensions (size)	l x b x h, in cm
Weight	W in g
Mounting	Drawing specifications
Material of construction	Material used for fabrication
Life expectancy	Number of cycles/operations, within specifications
<i>Connections</i>	
Pressure inlet	Types and dimensions
Electrical output	Types and dimensions
Accessories	Ancillary parts needed for installation
Operational limitations	Environmental and range conditions
Others	To be specified
<i>Others</i>	
Environmental characteristics	Effects of temperature, humidity, acceleration, shock, vibration, and magnetic field
Operating life	Hours of operation, within specification
Storage life	Hours/days, without determination

Tabel 2.3. Spesifikasi transduser tekanan

BAB 3

SIMPANGAN (DISPLACEMENT)

3.1. Pendahuluan

Simpangan adalah vektor yang menyatakan perubahan posisi dari sebuah benda atau titik terhadap referensi. Dapat berupa gerakan linier atau putar dinyatakan dalam besaran absolut maupun relative. Banyak pengamatan dalam dunia industri atau ilmu pengetahuan yang membutuhkan pengukuran parameter ini secara sangat teliti/akurat.

Sebagai besaran fundamental, devais pengukur simpangan merupakan sensor yang banyak dipakai pada pengukuran besaran yang dapat diturunkan dari simpangan, seperti gaya, tegangan tarik (stress), kecepatan dan percepatan, besarnya simpangan yang diukur dari orde beberapa mikrometer hingga beberapa sentimeter dalam pengukuran linier, dan pada pengukuran simpangan putar dari beberapa detik sudut sampai 360°.

Kebanyakan transduser simpangan statis mengukur simpangan statis atau dinamis memakai poros peraba atau dengan menghubungkan secara mekanik dengan titik atau benda yang diukur. Pemasangan transduser linier tu putaran biasanya menggunakan mekanik sederhana tetapi pada kopling harus didesain untuk menghindarkan selip setelah dihubungkan, hal ini untuk meminimumkan gejala back-lash (kendur).

Pada pengukuran simpangan linier biasanya menggunakan ujung yang berulir, tarikan atau kopling memakai bantalan. Poros dengan pegas dipakai pada suatu keperluan.

Beberapa transduser pengukur simpangan tidak menggunakan hubungan mekanik antara transduser dengan obyek yang diukur, misalnya pada transduser elektromagnetik, kapasitansi atau optik.

3.2. Prinsip transduksi

Transduser simpangan dapat diklasifikasikan bekerja berdasarkan prinsip transduksi untuk pengukuran. Akan dibahas hanya transduser elektromekanik yang mengubah besaran simpangan menjadi tegangan/arus listrik.

Prinsip transduksi listrik yang lazim dipakai ialah :

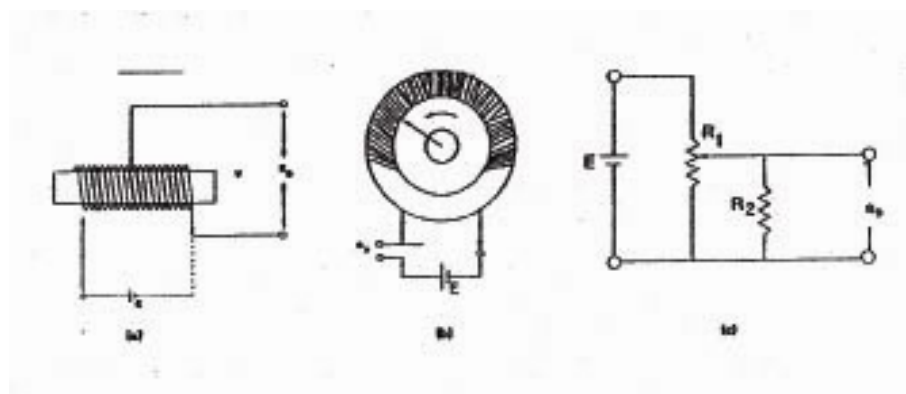
1. Resistansi variabel : potensiometrik/strain gauge.
2. Induktansi variabel / transformator diferensial variabel linier/ reluktansi variabel.
3. Kapasitansi variabel.
4. Synchros dan resolver.

Beberapa tipe juga telah didesain, tergantung kebutuhan untuk memberikan kepuasan atau memberi ketelitian pengukuran, misalnya pada transduser dengan output digital, devais elektro-optik dan devais radio aktif. Dalam praktek tipe devais potensiometrik dan induktif paling banyak dipakai. Pada tabel 3.1. ditunjukkan beberapa karakteristik unjuk kerja transduser pengukur simpangan yang dipilih.

3.2.1. Devais resistansi variabel

Transduser simpangan yang memakai elemen transduksi resistansi variabel potensiometrik umumnya sebagai devais hubung poros (shaft coupled). Elemen sensor terdiri dari potensiometer resistor yang memakai kontak penggesek (wiper) yang dapat digerakkan dan dihubungkan memakai poras bahan isolator dengan titik yang diukur.

Gerakan kontak penggesek dapat translasi atau rotasi atau kombinasi dengan demikian dapat mengukur simpangan translasi dan putar/rotary. Konstuksi relatif sederhana bila dilihat dari kontak gesek (wiper) bergerak pada elemen resistor linier yang berbentuk kawat atau lapisan plastik konduktif. Resistivitas dan koefisien temperatur dari elemen resistor harganya harus dipilih sesuai dengan resistivitas yang diperlukan dan dapat bekerja dalam batas temperatur yang luas. Konstruksi dari potensiometer linier dan putar dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Transduser simpangan potensiometer.
(a). Gerakan linier (b). Gerakan sudut (c). Rangkaian

Tiga bagian penting pada komponen potensiometer ialah lilitan kawat, pembentuk lilitan dan penggerak. Lilitan kawat terdiri dari bahan resistor. presisi memakai diameter 25 hingga 50 mikron dan digulung pada silinder mandrel keramik datar, gelas atau alumunium yang dianodisasi (terlapis oksidaalumunium sebagai isolator).

Kawat dipanaskan dalam ruangan bebas oksigen agar tidak teroksidasi. Resistansi dapat berkisar antara 0,4 -1,3 mikro Ohm-meter, dan koefisien temperatur 0,002 hingga 0,01% per derajat Celcius. Kawat harus kuat, mudah dikerjakan (ductile) dan terlindung dari korosi, permukaan memakai lapisan email atau oksida, Toleransi dimensi harus kurang dari 1% dan stabilitas resistansi harus tinggi. Kawat yang biasa dipakai antara lain tembaga-nikel, nikel-khromium dan perak-paladium. Lilitan dapat linier, toroid, heliks dan mempunyai jarak uniform dan tegangan tarik yang konstan.

Bagian luar, kecuali pada jalur penggosok/wiper harus dilindungi dengan bahan isolator untuk mencegah pengaruh debu atau goresan. Penggesek terbuat dari bahan pegas yang terbuat dari perunggu-fosfor (phosphor-bronze), tembaga berelium (beryllium copper) dan paduan metal yang dapat bergerak pada elemen kawat resistor dengan faktor geseran minimum. Pegas daun dan penggesek dual dipergunakan agar dapat membuat kontak yang baik dan tahan kejut maupun getaran.

Pembentuk lilitan (winding former) harus terbuat dari bahan yang dimensinya stabil dan pengukurannya berupa isolator. Bahan yang dianjurkan ialah: keramik, steatite.

Transduction Principle	Range mm	Linearity % F.S.	Repeatability (microns)	Temperature Range (°C)	Resolution (microns)	Frequency Response (Hz)	Remarks
1. Resistive wire - wound potentiometer Conductive strip potentiometer Cantilever with strain gauges	100	0.25	50	-10 to 75	50	5	Long ranges, economical, high output, and minimum electronics
	100	0.5	5	-10 to 75	10	10	Poor resolution and high noise Versatile, small size, low range, and large reaction forces
	10	0.5	50	-10 to 70	10	100	
2. Inductive / variable reluctance Linear variable differential transformer Eddy current (proximity)	5	0.5	0.5	-20 to 75	2	100	Small size, high resolution, non-contact type, and low range
	50	0.1	0.5	-10 to 75	1	1000	Good linearity, high resolution, but interference due to magnetic field Non-contact type, and high output
	10	0.75	5	-20 to 80	2	5000	
3. Capacitive							Easy mechanical design, high temperature
(a) Variable area	50	0.1	0.5	-40 to 200	0.1	50	operation, error due to stray capacitance
(b) Variable gap	5	0.5	2	-10 to 500	0.1	2000	
4. Digital transducer	10 to 500	0.1	0.5	-0 to 55	0.5	100	Long range, digital output, high accuracy and resolution, expensive and bulky

Tabel 3.1. Characteristics of Linear Displacement Transducers

Elemen transduksi yang telah diterangkan diatas dapat digunakan pada simpangan linier maupun putar. Jangkauan kelinieran sangat tergantung pada desain keramik, Harga resistansi dan kapasitansi arus harus dipilih agar sesuai dengan keperluan, umumnya pada harga normal mempunyai jangkauan 2 hingga 10 cm (skala penuh/full scale/f.s.), resistansi 100 hingga 50.000 Ohm, dan kapasitas arus 0,5 hingga 5 mA.

Resolusi alat tergantung pada lebar penggesek, diameter kawat resistor dan jarak antar Jilitan. Pilihan optimum dicari agar mendapatkan ketelitian dan resolusi tertinggi. Dalam hal elemen lilitan kawat (wire wound) perbandingan diameter kawat penggesek dengan jarak lilitan biasanya bernilai 10, dan resolusi yang dapat dihasilkan 0,05% - 0,1%. Kelinieran sebesar 0,1% mudah didapat bila diameter kawat uniform dan juga resistansi jenisnya. Tipe transduser lapisan-plastik (plastic-film) sangat ideal untuk putaran yang tidak terbatas walaupun pada jenis ini sukar mendapatkan resolusi lebih baik dari 5 mikron.

Noise/derau listrik biasanya terdapat pada transduser ini, sifatnya sangat acak (random), besarnya noise tergantung pada arus dan kecepatan penggesek. Pada jenis lilitan kawat, transduser ini bebas dari noise Johnson; tetapi noise akibat kontak penggesek tidak dapat diabaikan. Besarnya noise meningkatkan bila transduser telah aus atau rusak, juga bila kena kotoran atau oksidasi pada jalur kawat dan pada permukaan penggesek. Kadang-kadang, sifat termolistrik (thermoelectric) karena perbedaan bahan yang digunakan untuk penggesek dan kawat resistor akan timbul tegangan sebagai sumber noise pula, terutama bila alat digunakan pada temperatur tinggi.

Masih ada noise karena getaran (vibrational noise) atau noise kecepatan tinggi disebabkan karena loncatan serta gerakan bergetarnya penggesek. Besarnya tegangan yang masuk dibatasi oleh besarnya disipasi panas yang dinaikkan temperatur pada kawat lilitan.

Besarnya tegangan tergantung pada cara pendinginan dan karakteristik panas kawat potensiometer, dan juga pada desain wadah transduser.

Kelinieran yang dihasilkan tergantung pada resolusi minimum yang dapat dihasilkan oleh devais/alat tersebut. Bila resolusi yang didapat $n\%$ dari skala penuh maka kesalahan kelinieran tidak dapat lebih kecil dari $+ 1/2 n\%$ dari skala penuh. Kelinieran merupakan fungsi jarak ulir lilitan (pitch), variasi diameter kawat dan ketidakrataan dimensi pembentuk lilitan dan gerakan penggesek. Biasanya mempunyai harga kelinieran sekitar $0,1\%$.

Pengukuran resistansi dapat dilakukan dengan rangkaian sederhana pada gambar 3.1. (c) Kelinieran rangkaian dapat ditentukan memakai perbandingan resistansi potensiometer R_1 dengan resistansi R_2 seperti terlihat pada gambar. Memakai jembatan Wheatstone dapat mengukur lebih baik.

Kerugian pemakaian transduser simpangan potensiometer adalah lemah pada tanggapan dinaikannya, sangat mudah terkena getaran dan kejut, resolusi yang rendah, dan sinyal disertai noise. Transduser simpangan untuk langkah yang sangat pendek dapat direncanakan memakai sensor strain-gauge (bentuk bonded atau unbonded) dengan presisi tinggi. Gerakan yang diukur disalurkan memakai bahan elastis, seperti batang Kantilever, dan adanya tegangan (stress) yang menyebabkan simpangan berhubungan dengan gerak. Prinsip ini diperluas untuk transduser gaya, tekanan dan percepatan.

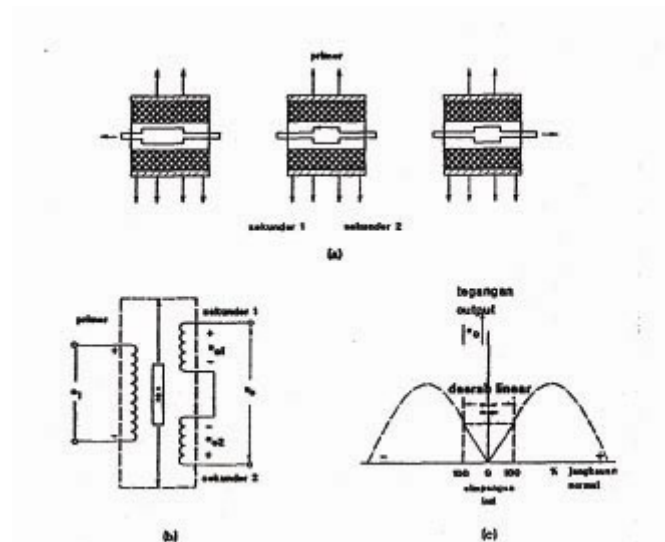
3.2.2. Transduser induktansi variabel

Sensor simpangan yang sederhana dan lebih populer ialah jenis induktansi-variabel dimana perubahan induktansi adalah fungsi simpangan, didapat dengan variasi induktansi mutual atau induktansi sendiri. Transduser yang termasuk ini masing-masing dikenal sebagai transformator diferensial variabel linier dan sensor reluktansi (reluctance) variabel.

a. Transformator diferensial variabel linier (LVDT).

Transduser transformator diferensial variabel (LVDT) linier digunakan pada sistem pengukuran dan kontrol. Karena resolusi yang sangat halus, ketelitian tinggi dan stabilitas yang baik maka transduser ini tepat dipakai pada simpangan dengan langkah-pendek, alat pengukur presisi.

Beberapa pengukur besaran fisika seperti, tekanan, beban, percepatan dapat diukur dengan defleksi/simpangan mekanik maka sudah tentu LVDT dapat digunakan sebagai sensor pada alat-alat ukur tersebut. LVDT dipakai pula untuk elemen dasar dari extensiometer, indikator, permukaan/level. Pada numerical controlled machine (mesin dikontrol numerik) dan creep-testing machine (mesin pengetes rayapan) banyak memakai LVDT pula. Konstruksi dasar transformator diferensial digambar pada gambar 3.2. (a) pada 3 posisi yang berbeda dari inti.



Gambar 3.2. Transformator diferensial variabel linier.

(a). Konstruksi dasar (b). Penyambungan kumparan sekunder (c). Karakteristik transfer.

LVDT terdiri dari sebuah kumparan primer dan dua buah kumparan sekunder yang identik, kumparan diberi jarak secara aksial dan digulung pada pembentuk kumparan berbentuk silinder, inti magnet berbentuk batang ditempatkan di tengah susunan kumparan dan dapat bergerak. Inti magnet/besi ini sebagai jalan yang dilalui fluksi medan magnet yang menghubungkan kumparan-kumparan itu. Simpangan yang akan diukur disalurkan ke inti magnet itu memakai penghubung yang sesuai.

Bila kumparan primer diberi tegangan bolak-balik (AC carrier wave signal) pada kedua kumparan terinduksi tegangan, harga yang dihasilkan tergantung pada letak inti magnet terhadap titik tengah susunan kumparan. Bila letak ini simetris (secara listrik) terhadap kedua kumparan sekunder maka tegangan yang diinduksikan sama besarnya pada kumparan sekunder itu. Bila kedua output dihubungkan berlawanan arah seperti pada gambar 3.2 (b) maka tegangan resultan menjadi nol. Titik seimbang itu disebut posisi nol.

Dalam praktek tegangan sisa kecil pada posisi nol selalu muncul, karena hadirnya harmonik dari sinyal eksitasi dan kopling kapasitansi antara kumparan primer dan sekunder. Bila sekarang inti digeser dari posisi nol maka tegangan pada sekunder yang didekati inti naik, sedangkan yang dijauhi inti menurun. Ini menimbulkan perbedaan tegangan output pada transformator. Output sinyal e_o dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut :

$$e_o = \frac{16 n^3 f I_p n_p n_s}{10^9 \ln (r_o / r_i)} \frac{2 b x}{3 w} \left(1 - \frac{x^2}{2 b^2} \right) \dots (3.1)$$

dengan f = frekuensi sinyal eksitasi, I_p = arus primer, n_p = jumlah lilitan primer, n_s = jumlah lilitan sekunder, b = lebar kumparan primer, w = lebar kumparan sekunder, x = simpangan inti, dan r_i = radius dalam kumparan,

Dengan mengatur perancangan kumparan maka besar sinyal output dapat dibuat berubah secara linier terhadap simpangan mekanik inti magnet pada kedua sisi dari posisi nol, seperti terlihat pada gambar 3.2 (c).

Tegangan output secara ideal sama pada kedua sisi dari nol untuk harga simpangan inti yang sama, perbedaan fase antara input dengan output bergeser 180° bila inti magnet melewati posisi nol. Pada pengukuran sebetulnya, pergeseran fase dapat dideteksi memakai detektor sensitif fase.

Kesensitifan sebanding dengan frekuensi dan arus primer I_p dan untuk linieritas terbalik bila $x \ll b$. Tetapi arus I_p yang terlalu besar dapat membuat inti menjadi jenuh dan menyebabkan kenaikan temperatur pada kumparan maka menyebabkan harmonik yang lebih besar pada posisi nol, membuat penyetelan menjadi sukar. Kenaikan frekuensi menyebabkan lebih besar kapasitansi bocor, maka membuat tegangan nol lebih besar. Dalam praktek, desain dioptimalkan dengan membuat tegangan nol paling rendah, linieritas paling besar dan ukuran yang cocok. Kumparan digulungkan pada pembentuk (former) dan bahan penolik (phenolic) atau keramik menjamin stabilitas.

Pembentuk harus kuat dan stabil secara mekanik agar dapat tahan pada kenaikan temperatur yang membuat kejutan panas. Kumparan memakai isolator email yang tahan bekerja pada panas yang bersangkutan. Selanjutnya seluruh transduser dilindungi terhadap medan magnet dengan kotak ferromagnet mencegah gangguan elektromagnet dan pula elektrostatik. Inti yang bergerak terbuat dari bahan ferromagnet yang mempunyai permeabilitas besar dan diberi perlakuan panas (heat treatment) untuk mendapatkan sifat magnet terbaik agar unjuk kerja yang optimal. Eksitasi normal sebesar 1 Volt pada frekuensi pembawa 2 kHz sampai 10 kHz. Frekuensi pembawa dipilih agar memberi sensitivitas optimum dan demodulasi yang cocok. Tangapan dinamis LVDT terutama dibatasi oleh frekuensi eksitasi, karakteristik yang baik didapatkan hingga 0.1 kali frekuensi pembawa.

Jangkauan normalnya antara 10 mikron hingga 10 mm, temperatur operasi dari -40°C hingga $+100^\circ\text{C}$. secara umum, jangkauan linieritas terutama bergantung pada panjang kumparan primer dan sekunder.

Instrumen yang menggunakan transduser ini dikerjakan memakai penguat pembawa yang sesuai diikuti detektor sensitif fase dan filter. Detektor fase digunakan dalam seluruh pengukuran untuk mencegah kebimbangan arah gerakan. Dengan adanya IC miniatur maka dimungkinkan dibuat osilator dan demodulator berada dalam kotak transduser maka seolah-olah bekerja sebagai sistem DC - DC (arus searah). Output bervariasi antara 0 - 5 volt dengan catu daya 15 volt DC.

Keuntungan LVDT untuk sensor simpangan ialah :

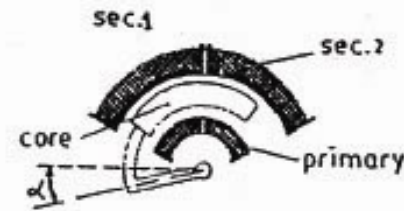
1. Mekanik: Kesederhanaan desain dan mudah dalam fabrikasi dan instalasi, jangkauan luas, gerakan bebas geseran pada inti maka resolusinya tidak terbatas, konstruksi kokoh; gaya untuk mengoperasikan dapat diabaikan (berat inti sangat kecil), kemampuan bekerja pada temperatur tinggi.
2. Listrik: Tegangan output linier dan fungsi kontinu pada simpangan mekanik (ke linieran lebih baik dari 0,25%).

Sensitivitas tinggi (2 mV /Volt/10 mikron pada eksitasi 4 KHz); output impedansi rendah (100 ohm); kemampuan bekerja pada frekuensi luas (50 Hz hingga 20

KHz); resolusi output tidak terbatas (faktor batas teoritis adalah rasio sinyal ke noise dan kondisi stabilitas input); sensitivitas saling (cross) sangat rendah.

b. Pengukuran simpangan sudut.

Transformator diferensial variabel putar sangat baik untuk mengukur sudut simpangan sudut. Devais ini cara bekerjanya sama dengan LVDT yang telah diterangkan sebelumnya, tegangan output bervariasi secara linier pada posisi putar dari poros, alat ini tergambar pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Rotary variable differential transformer

Bentuk cakram (cam/rotor) berbentuk cardioid terbuat dari bahan magnetik digunakan sebagai inti poros input dihubungkan dengan inti yang terpasang di tengah pembentuk kumparan dimana kumparan primer dan sekunder digulung secara simetris. Bentuk torot cardioid dipilih agar dihasilkan output yang sangat linier terhadap sudut putar.

Poros dipasang memakai bantalan (bearing) bola yang presisi untuk meminimumkan geseran dan histerisis mekanik. Keuntungan transduser ini adalah resolusi yang tidak terbatas dan bekerja linier (lebih baik dari +0,5 % pada skala penuh). Pengkondisi sinyal untuk transduser ini sama dengan pada LVDT.

c. Transduser relaktansi variabel.

Sensor simpangan relaktansi variabel sangat berguna pada pengukuran tegangan /stress di laboratorium juga untuk ketebalan, vibrasi dan kejutan. Dalam satu bentuk digunakan dua kumparan L_1 dan L_2 yang digulung secara merata pada bobbin silinder dengan inti bahan feromagnetik yang dapat bergerak di dalamnya. Tiap perubahan-perubahan posisi inti menyebabkan perubahan induktansi-pribadi (self inductance) kumparan L_1 dan L_2 seperti terlihat pada gambar 3.4. Bentuk lain yang memakai inti magnetik bentuk E mempunyai dua lilitan pada ujung-ujung yang dilengkapi dengan jangkar (armature) yang dapat menutupi perubahan kutub dengan celah udara yang sesuai.

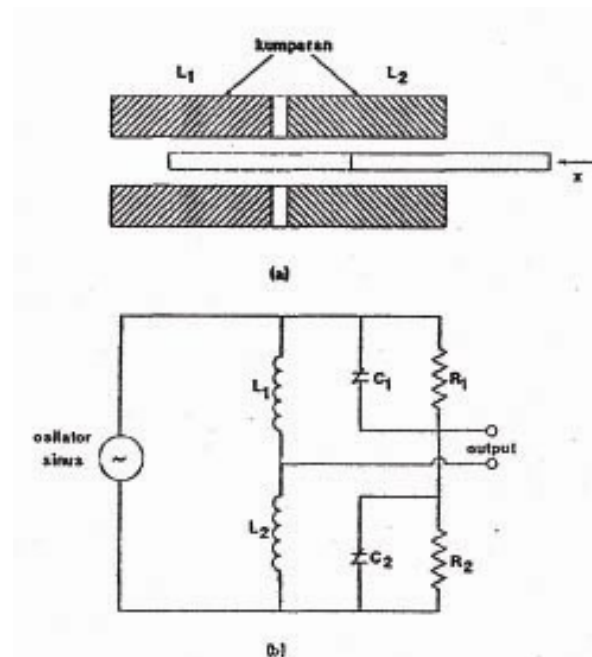
Untuk simpangan kecil pada kedua jenis di atas berlaku hubungan:

$$\frac{\Delta L}{L} = - \frac{\Delta X}{X}$$

dengan ΔL = perubahan induktansi, L = induktansi, ΔX = perubahan posisi jangkar/inti.

Untuk memproses sinyal agar dapat diukur digunakan jembatan Wheatstone seperti digambarkan pada gambar 3.4 (b) dengan L_1 dan L_2 berada pada satu lengan jembatan sedangkan pada lengan yang lain ditempati resistor R_1 dan R_2 dengan kapasitor C_1 dan C_2 yang diparalel. Agar dapat diatur supaya amplituda dan fasa dapat seimbang.

Keuntungan utama dari devais ini ialah sensitivitas dan linieritas yang tinggi 0,5 - 1 % untuk langkah inti 50 cm (ukuran total devais 2 x besar langkah). Devais dapat bekerja dalam berbagai lingkungan berbahaya yaitu dengan membungkus kumparan memakai resin epoxy dan bobbin yang tertutup kedap. Dengan sedikit modifikasi devais ini dapat dipakai mengukur kecepatan dan percepatan.



Gambar 3.4. Transduser simpangan reluktansi variabel
(a). Susunan kumparan (b). Rangkaian detektor

3.2.3. Potensiometer induksi

Potensiometer induksi adalah devais sinkro linier yang dapat memberikan ketelitian dan penunjukan linier putaran poros sekitar posisi referensi dalam bentuk tegangan dengan polaritasnya, besarnya sebanding dengan simpangan sudut dan fasanya menunjukkan arah putaran poros (terhadap posisi referensi). Devais memiliki rotor yang dipasang pada poros transmiter dimana kumparan primer digulung dan statornya dililit dengan kumparan sekunder, devais ini terlihat pada gambar 3.5 (a). Lilitan dibuat sehingga tegangan output berbanding lurus dengan posisi sudut rotor.

Kelinieran yang baik hanya dapat dicapai pada batas simpangan sudut $+ 45^\circ$ walaupun putaran poros kontinu. Kesalahan yang dapat timbul disebabkan karena impedansi output variabel, mekanik yang tidak simetris, efek panas.

Devais ini seperti potensiometer resistor tetapi karena devais itu merupakan komponen tipe induksi maka mempunyai gaya menahan pada rotor yang lebih kecil maka dapat memberikan resolusi lebih tinggi.

3.2.4. Sinkro dan Resolver

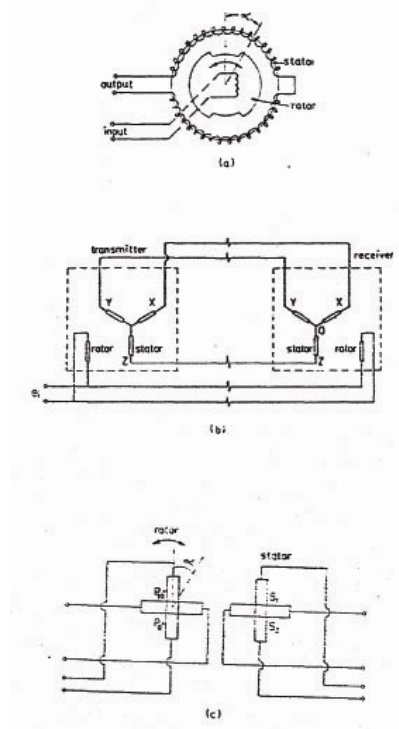
Pada dasarnya sinkro dan resolver adalah devais elektromekanik AC, devais transformator kopling variabel terutama dipakai untuk transmisi data sudut (angular) dan sistern komputasi. Data posisi poras sudut disalurkan dari satu lokasi ke yang lain melalui sinyal listrik yang dikonversi.

Struktur elektromagnetik dasar sebuah sinkro terdiri dari lilitan rotor dan lilitan stator yang diatur konsentris untuk memberikan kopling mutual yang dapat diatur kumparan-kumparan dari dua bagian. Rotor digulung dengan lilitan satu fasa yang padat sedangkan stator dililit terbagi digra fasa yang dihubungkan bentuk Y. Pada rotor diberi sinyal AC, pada rotor dan stator terjadi efek transformator maka pada stator terinduksi tegangan.

Besarnya tegangan tergantung pada posisi sudut poros rotor terhadap stator. Tegangan output bervariasi secara sinus. Dalam satu pemakaian sinkro digunakan satu sebagai transmitter dan lain sebagai receiver seperti tergambar pada gambar 3.5 (b). Sebuah resolver merupakan transformator variabel dengan kopling elektromagnetik putar antara lilitan primer dan sekunder. Resolver untuk posisi sudut terdiri dari dua lilitan yang dipasang tegak lurus satu sama lain untuk kedua rotor dan statornya. Lilitan diletakkan sedemikian rupa sehingga tegangan outputnya mempunyai amplituda yang sebanding dengan posisi poros rotor terhadap stator. Sebagai primer dapat digunakan kumparan/lilitan rotor atau stator ini tergantung pada pemakaian.

Rangkaian listrik sinkro dan resolver adalah :

1. Resolusi tak terbatas
2. Tidak ada keausan pada putaran kecuali pada slip-ringnya
3. Bekerja dengan kecepatan tinggi
4. Secara relatif tidak sensitif terhadap kapasitansi bocor kabel
5. Keandalan dan ketelitian tinggi (0,01 % dapat diselenggarakan)
6. Sudut kerja yang berguna 360° dan bekerja secara kontinu.



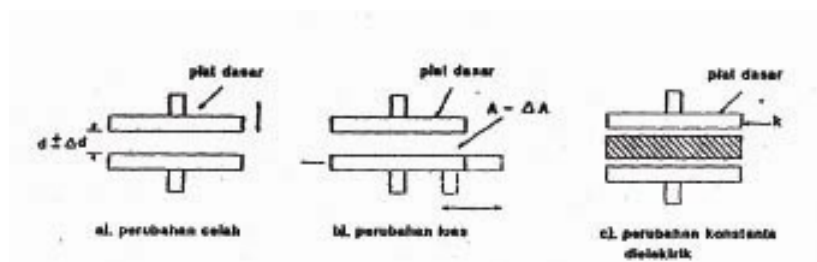
Gambar 3.5.

(a). Potensiometer Induksi (b). Synchro transmitter (c). Resolver

3.2.5. Transduser kapasitansi variabel

Transduser jenis kapasitansi variabel digunakan dalam lapangan pengukuran simpangan yang terbatas dan spesifik. Secara ideal transduser ini termasuk sensor dinamik tanpa kontak, misalnya pada pengukuran getaran struktur yang sangat ringan seperti dinding tipis dan diafragma.

Sensor tanpa kontak diperlukan agar transduser tidak membebani mekanik pada vibrasi yang diukur. Keuntungan devais ini adalah mempunyai sifat sangat stabil, linier baik kompak, dan jangkauan temperatur baik. Pada jenis yang menggunakan kontak, mempunyai keistimewaan terhadap transduser lain karena dapat dipakai untuk tegangan besar dari 0 - 25 cm. Bentuk yang lazim pada kapasitor variabel untuk mengukur simpangan adalah terdiri dari kapasitor plat sejajar dengan celah variabel. Perubahan kapasitansi dapat dilakukan dengan merubah jarak plat d , luas permukaan yang berhadapan A , atau konstanta dielektrikum k seperti pada gambar 3.6



Gambar 3.6. Transduser kapasitansi variabel

Kapasitansi c pada kapasitor plat sejajar

$$c = \frac{KA}{d} \quad (3.2)$$

Salah satu konstruksi transduser menggunakan satu plat tetap sedangkan yang lain bergerak atau defleksi tergantung pada pengukuran simpangan. Sistem dielektrik variabel dipakai pada pengukuran permukaan/level cairan seperti pada sistem pengukur bahan bakar pada pesawat terbang atau indikator permukaan cairan dalam pabrik kimia, Perubahan kapasitansi yang dihasilkan.

Untuk perubahan kecil d dari kedudukan mula, variasi kapasitansi c dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta d}{d} \quad (3.3)$$

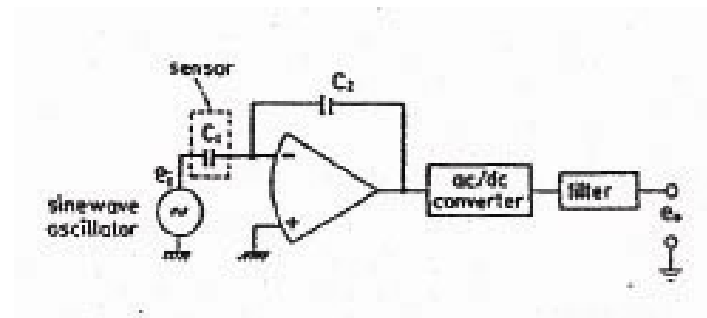
dengan faktor orde lebih tinggi diabaikan. Hal yang sama, bila A adalah perubahan luas dan Δk perubahan konstanta dielektrikum maka :

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta A}{A} \quad (3.4)$$

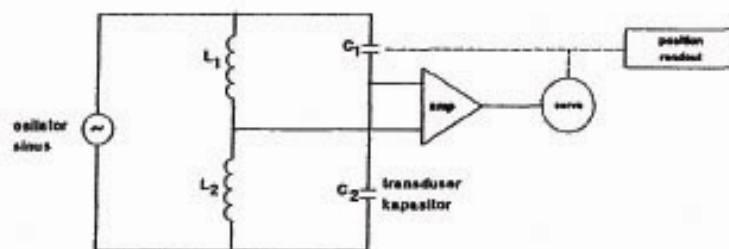
dan

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta K}{K} \quad (3.5)$$

Rumus (3.4) dan (3.5) menyatakan hubungan yang eksak, menunjukkan bahwa luas variabel dan konstanta dielektrik variabel menghasilkan hubungan linier tanpa keterbatasan jangkauan. Devais kapasitansi variabel linier dalam praktek terdiri dari sebuah silinder yang bergerak konsentris didalam dua silinder lain yang identik dengan celah udara yang konstan. Dengan Bergeraknya silinder tengah, maka kapasitansi pada satu silinder naik sedangkan pada silinder yang lain menurun. Perubahan kapasitansi yang dihasilkan sebanding dengan simpangan silinder tengah. Keuntungan dari pemakaian transduser ini ialah: stabilitas baik, kelinieran lebih baik dari $\pm 0,2\%$ pada jangkauan 25 cm. Sistem instrumen sederhana untuk pengukuran ujung tunggal (single ended) yang menggunakan penguat operasional dilihat pada gambar 3.7 rangkaian ini menghasilkan output linier bila:



Gambar 3.7. Operational amplifier circuit configuration for capacitance type displacement transducers



Gambar 3.8. Rangkaian jembatan servo AC untuk kapasitansi variable

Bila terjadi ketidakseimbangan jembatan karena perubahan kapasitansi diperkuat dan mengatur motor servo. Motor memutar ke suatu kapasitansi referensi hingga output jembatan menjadi nol. Output kemudian dibaca pada posisi poros motor dengan presisi tinggi. Sensor jenis kapasitor banyak dipakai pada pengukuran dan pengamatan dalam bidang metrologi dan pengecekan dimensi dari alat ukur (gauge) saat digurinda dan pada rollspacing dalam mesin milling strip rolling.

Drift sangat kecil dan ketelitian tinggi pada jangkauan panjang, menghasilkan produk akhir yang dikontrol sangat presisi. Devais ini dapat digunakan sebagai extensometer pada pengukuran rayapan (creep) dan tegangan tarik bahan pada waktu lama. Strain gauge kapasitansi, dibuat dari bahan keramik dan nimonik, dapat digunakan pada pengukuran simpangan sampai temperatur 600 °C. Dengan desain yang tepat devais ini dapat digunakan untuk mengukur tekanan dan gaya pada instrumentasi pesawat terbang, kendaraan dan pengontrol proses.

3.2.6. Devais Efek Hall

Efek Hall dalam beberapa aplikasi digunakan sebagai pengukur posisi, khususnya pengukuran simpangan sudut sebuah poros. Efek Hall terjadi bila medan listrik yang jatuh tegak pada konduktor yang menghantar arus listrik. Ini akan menghasilkan medan listrik yang arahnya tegak lurus pada arah medan maknit dan tegak lurus pada arah arus listrik pula, dengan kuat medan yang sebanding dengan perkalian (product) kuat medan maknit dan arus listrik. Susunan skematis konduktor, medan maknit dan arah arus listrik ditunjukkan pada gambar 3.9 (a).

Elektron dengan muatan e (aliran elektron yang menghasilkan arus total) bergerak dalam medan maknit B dengan kecepatan v timbul gaya Lorentz F diberikan sebagai berikut :

$$F = e (v \times B) \quad (3.11)$$

Arus mengalir melalui konduktor dibatasi oleh pinggiran benda padat (konduktor), elektron-elektron didevleksikan oleh kepadatan fluksi maknit. Muatan yang tertimbun pada satu sisi dari benda padat itu akan menimbulkan medan listrik (dikenal sebagai medan Hall) yang kemudian mengimbangi gaya Lorentz yang terjadi dalam tubuh dari pembawa muatan. Arus listrik terus mengalir pada arah asalnya dan tidak terpengaruh lagi oleh medan maknit. Waktu yang diperlukan untuk membuat keseimbangan itu ialah 10^{-14} detik.

Medan listrik dapat dinyatakan sebagai :

$$E_H = pv \quad (3.12)$$

Bila ρ dan e menyatakan masing-masing sebagai kepadatan dan muatan pembawa, maka padat arus i adalah :

$$i = \rho v \quad (3.13)$$

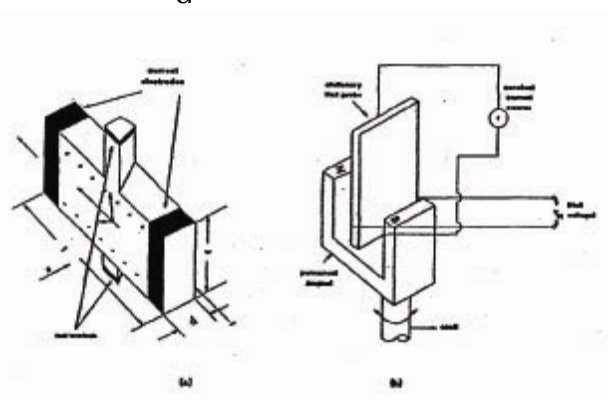
Medan Hall yang dinyatakan dengan kecepatan sebuah elektron

$$E_h = \frac{1}{\rho} i \times B \quad (3.14)$$

Faktor disebut "Koefisien Hall", R_H berbanding terbalik dengan kepadatan pembawa dalam benda padat. Maka efek Hall sangat jelas nyata dalam benda padat semikonduktor dibanding pada metal. Pada pemakaian lebih baik bila efek Hall dinyatakan bukan memakai medan listrik melainkan tegangan listrik.

Dari gambar 3.9 (a) dapat dilihat bahwa $V_H = w E_H$ dan $I = iwd$; maka potensial Hall dituliskan sebagai :

$$V_H = \frac{R_H}{d} I B \quad (3.15)$$



Gambar 3.9.

(a). Hall effect principle; (b). Hall effect angular displacement transducer

Keseimbangan antara gaya Lorentz dan medan Hall dapat dicapai oleh pembawa arus dengan kecepatan tertentu. Karena arus yang mengalir pada elemen Hall dibatasi oleh pembuangan panas dan kenaikan temperatur yang diizinkan untuk output daya maksimum, maka elemen Hall harus terbuat dari bahan yang mempunyai mobilitas besar. Bahan tersebut adalah paduan (compound) golongan III-IV, seperti Indium Antimonide dan Indium-Arsenida.

Suatu soal yang berhubungan dengan gejala efek Hall adalah noise arus yang terjadi dalam divais, tegangan sisa yang terjadi karena terminal yang salah meluruskan (misalignment of the terminals), dan resistansi maknit karena kecepatan yang tidak uniform pada pembawa (carriers).

Sebuah susunan transduser yang menggunakan efek Hall untuk mendapatkan output yang berbanding lurus dengan simpangan poros putar kecil ditunjukkan pada gambar 3.9 (b). Probe Hall terpasang secara kuat diantara kutub maknit permanen yang dihubungkan dengan poros. Probe tidak bergerak sedangkan poros dengan maknit permanen dapat berputar. Pada probe Hall dihubungkan dengan catu arus listrik dari sebuah sumber arus tetap melalui kontak-kontak pada ujung probe. Tegangan Hall yang timbul pada pasangan kontak yang tegak lurus arah arus, besarnya berbanding lurus dengan sinus simpangan putar poros. Skala linier antara output dengan perputaran poros didapatkan pada sudut putar $+ 6^\circ$.

3.2.7. Devais proksimiti (proximity)

Meskipun tidak lazim dianggap sebagai transduser, device proksimiti adalah transduser simpangan non-kontak yang mempunyai output dengan kenaikan diskrit pada satu titik dalam jangkauan perjalanan. Devais ini bekerja dengan prinsip elektromaknit, induktif, relaktansi atau kapasitif. Sebuah devais proksimiti elektromaknit, outputnya akan naik di atas harga yang di set bila didekati oleh sebuah benda dari bahan ferromaknit dalam laju (rate) yang cukup untuk membangkitkan output dengan adanya perubahan fluksi maknit. Jangkauannya sangat tergantung pada ukuran transduser, luas permukaan kutub, dan prinsip transduksi yang digunakan.

3.3. Transduser digital

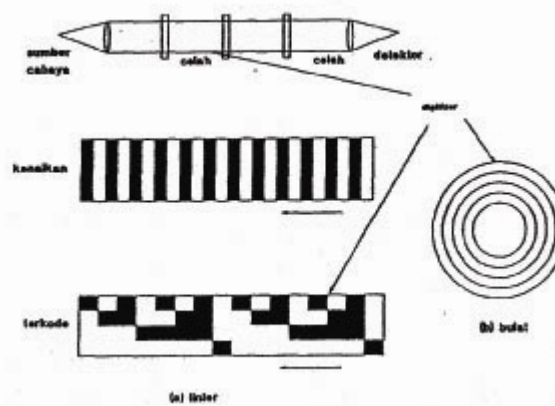
Dengan banyaknya pengolahan data memakai digital untuk pengukuran, terdapat devais yang dapat mengubah langsung simpangan mekanik menjadi output digital tanpa perantaraan konversi analog ke-digital, yaitu dengan mengatur elektromekanik atau elektro optik. Devais ini sekarang banyak dipergunakan. Transduser digital dapat berupa tipe incremental atau tipe absolut. Teknik pola interferensi dan moire digunakan untuk mendapatkan resolusi tinggi.

Devais tipe inkremental menggunakan pengukuran linier maupun sudut (angular). Pada devais pengukur sudut terdiri dari poros peraba yang dihubungkan dengan cakram (lingkaran) yang terbagi dalam sektor sama pada kelilingnya.

Pada devais linier terdiri dari sektor yang sama sepanjang garis lurus. Elemen sensor dapat berupa kontak listrik langsung dalam penggesek (wiper) atau sikat, atau memakai foto-listrik dengan alur-alur sebagai jendela optis.

Setiap gerak melangkah (incremental), sensor mengeluarkan pulsa yang dapat diukur memakai penghitung (counter). Roda gigi dengan berbagai bentuk gigi diberi kontak listrik atau pick-up induksi elektromagnetik, dapat dipakai untuk mengukur sudut. Penghitungan deretan pulsa dapat dihitung memakai counter. Sebuah sensor arah digunakan untuk menentukan gerakan positif/negatif, jarum jam/lawan jarum jam! Transduser sudut yang menggunakan transduser elektro magnetik sebagai pick-up (pengambil), juga yang menggunakan reluktansi dan kapasitansi variabel, mendapat kesulitan bila kecepatan sudutnya terlalu lambat atau terlalu cepat.

Transduser simpangan digital absolut menggunakan konstruksi sama dengan tipe incremental yang disebutkan di atas tetapi diberikan informasi kode yang unik untuk menyatakan posisi tertentu. Ini dapat dilaksanakan pada enkoder linier atau enkoder posisi poras seperti gambar 3.10



Gambar 3.10. Detail enkoder digital untuk pengukuran simpangan linier dan sudut

Prinsip enkoder berdasarkan switch on-off dari jalur multi (multiple track), tiap jalur mewakili satu bit, masing-masing jalur terbagi menjadi bagian konduksi dan isolasi dengan ukuran langkah sekecil mungkin agar mencapai resolusi setinggi mungkin. Devais bergerak di bawah sikat-sikat atau jendela optik, tiap rangkaian akan on atau off membentuk kode dengan format decimal atau format translator lain, sinyal output yang dihasilkan diberikan ke prosesor.

Berbagai macam kode digunakan pada enkoder untuk identifikasi yang baik. Pemilihan kode tergantung pada faktor tersedianya rangkaian komputasi, sifat pemeragaan yang diperlukan, jumlah yang dihitung, dan derajat keandalan. Kode yang paling kompak adalah kode biner dengan bit menyatakan 2^0 , 2^1 , 2^2 dan 2^3 . Kode desimal biner merupakan kombinasi sistem biner dengan desimal Arab, seperti sistem 8421 BCD. Tiap digit dalam desimal Arab diikuti oleh kode biner.

$$8473 = 1000\ 0100\ 0111\ 0011$$

Kerugian sistem biner dan 8421 adalah terdapat dua atau lebih bit berubah mendadak pada satu langkah perubahan posisi. Ini diatasi dengan memakai sistem kode desimal biner (BCD), seperti gray code, dimana tiap transisi digit hanya terdapat satu perubahan bit saja. Modifikasi lain berdasarkan pada sistem desimal siklis adalah kode Datex, yang dipatenkan oleh Giannini Corporation, dengan kode ini hanya ada satu shift digit desimal untuk tiap angka berturutan dari 0 ke sembarang angka pada struktur angka Arab.

3.4. Pengukuran permukaan (level)

Pengukuran permukaan cairan digunakan untuk memonitor atau mengukur kuantitas isi cairan dalam reservoir atau tangki. Pada aliran kanal terbuka kecepatan dapat diukur memakai tinggi permukaan pada kolom cairan (liquid colum). Macam devais yang dipakai tergantung pada ketelitian, kemampuan ulang, jangkauan yang diperlukan untuk pemakaian tertentu. Kondisi lingkungan dimana sensor permukaan dipakai dapat menjadi hal yang kritis.

Metoda paling sederhana untuk pengukuran permukaan (level) menggunakan pelampung sebagai elemen primer. Sifat efek pengapungan dan perubahan berat jenis pelampung menentukan ketelitian. Pelampung dihubungkan dengan sensor simpangan yang sesuai, misalnya penggunaan potensiometer atau transformator diferensial variabel untuk indikasi proses kontinu dan untuk rekaman. Teknik lain misalnya dengan pengukuran tekanan diferensial yang dibaca dari tinggi permukaan hidrolik pada kolam cairan. Ketinggian cairan yang sesungguhnya dapat dihitung dengan memperhatikan berat jenis cairan dan melakukan koreksi terhadap temperatur dan perubahan berat jenis.

Sensor yang digunakan untuk mengukur tekanan diferensial memakai difragma dari bahan tahan korosi bila dipakai mengukur dalam lingkungan korosif. Pengukuran memakai teknik gelebung udara (bubbler). sebuah pipa dimasukkan ke dalam tangki sampai beberapa sentimeter dari dasar tangki dan udara atau gas dipompa mulai pipa ini, bila pipa memberikan gelembung maka tekanan dalam pipa sama dengan ketinggian hidrolik (hydrolichead) dari cairan, ini diukur memakai sensor tekanan diferensial standar. Permukaan cairan kemudian dapat dihitung melihat jenis cairan itu. Dua macam sensor permukaan yang banyak digunakan adalah sensor kapasitansi dan transduser ultrasonik.

Devais kapasitansi terdiri dari probe listrik konsentris dimasukkan ke dalam tangki, cairan bertindak sebagai bahan dielektrik. Probe kapasitansi C berubah tergantung pada tinggi permukaan, perubahan C diukur memakai jembatan AC atau memakai perubahan frekuensi bila sensor tersebut dihubungkan dengan rangkaian retoriator (tank) suatu osilator frekuensi tinggi. Karena temperatur dapat merubah konstanta dielektrikum maka perlu diadakan koreksi pada hasil pengukuran probe kapasitansi tidak dapat dipakai dalam cairan yang berkonduksi, tepat kalau dipakai untuk cairan dielektrikum seperti bahan bakar.

Devais ultrasonik telah dipakai pada bidang temu (interface) gas cairan, cairan-cairan, dan gas padat. Digunakan transmitter on-off ultrasonik dan juga transmitter kontinu. Waktu propagasi ultrasonik dari transmitter ke receiver di dalam cairan diukur, Dengan mengetahui kecepatan propagasi ultrasonik dalam cairan yang diukur dan melakukan perhitungan interpolasi maka permukaan cairan dapat diukur dengan teliti.

Kesalahan pengukuran dapat timbul karena perubahan berat jenis cairan Permukaan cairan dalam satu tempat dapat diukur dengan menimbang tempat berikut isinya. Dengan menghitung berat cairan setelah dikurangi berat tempat maka permukaan cairan dapat diketahui, berat jenis cairan harus diketahui pula memakai sel bahan listrik sebagai tranduser untuk mengukur berat, maka pengukuran secara kontinu dapat dilakukan, dan sel transduser tidak memakai cairan yang diproses. Instrumen nuklir untuk mengukur level rnenggunakan radiasi sinar gamma, meskipun kurang aman tapi

memberi ketelitian dan keandalan untuk pengukuran cairan atau benda padat berkas sinar gamma menembus cairan yang diukur.

Dengan mendeteksi besarnya yang sampai pada detektor penerima dapat dihitung level liquid setelah mengetahui besarnya absorpsi radiasi pada cairan itu, Kebocoran radiasi harus aman terhadap personel. Sistem ini ideal untuk pengukuran karena tidak terkena langsung dengan cairan yang mungkin korosif dan dapat dipakai secara kontinu.

BAB 4

AKUISISI DATA

4.1. Pendahuluan

Manusia pada dasarnya bersifat ingin tahu, ia selalu mencoba menggali rahasia-rahasia alam. Untuk itu ia mencoba untuk mengamati alam tersebut.

Pada awalnya manusia hanya mengamati hal-hal yang dapat ditangkap oleh panca indra manusia. Tetapi hal ini tidaklah praktis karena panca indra manusia memiliki keterbatasan-keterbatasan.

Jadi pengamatan hanyalah dilakukan pada data-data diskrit dan hanya mengalami perubahan-perubahan data yang lambat dengan jumlah data yang sangat terbatas.

Untuk mengatasi kebutuhan itu, sejalan dengan perkembangan teknologi terciptalah suatu sub sistem dari sistem instrumentasi yang bertujuan untuk mengubah data/mentransformasikan banyak data kedalam satu format yang sama sehingga memudahkan pengolahan data.

Sistem akuisisi data dapat dikelompokkan kedalam dua kelas utama yaitu:

- sistem akuisisi data analog
- Sistem akuisisi data digital

Sistem analog menyangkut informasi pengukuran dalam bentuk analog, dan didefinisikan sebagai fungsi kontinu sedangkan sistem digital menangani informasi-informasi dalam bentuk digital. Besaran digital dapat berisi informasi mengenai kebesaran atau sifat dasar dari besaran tersebut.

Perkembangan sistem akuisisi ini dimulai dari pengamatan data secara manual yang hanya membutuhkan transduser yang mentransformasikan suatu besaran fisis kedalam bentuk yang mudah ditangkap kedalam bentuk sinyal listrik dan kemudian merubahnya kedalam bentuk yang mudah ditangkap oleh manusia, tetapi sistem ini masih menyulitkan proses pengolahan datanya.

Perkembangan selanjutnya adalah dengan cara menggunakan komputer analog sebagai pengolah datanya.

Tetapi hal ini masih memiliki masalah yaitu:

- Kesulitan menyimpan data dalam bentuk analog
- Kesulitan "programability" dari peralatan.

Untuk mengatasi kesulitan-kesulitan diatas, sekarang sistem akuisisi data yang dipakai lebih banyak memakai sistem akuisisi data digital yang melibatkan sistem mikroprosesor, sehingga kesulitan-kesulitan baik pengolahan maupun penyimpanan dan "programability" dari peralatan.

4.2. Teori Dasar

4.2.1. Sistem Akuisisi Data

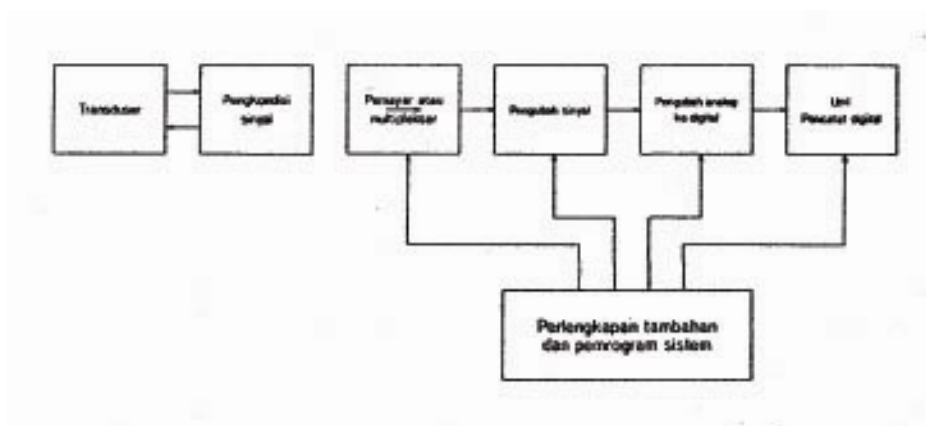
Sistem akuisisi data digunakan untuk mengukur dan mencatat sinyal yang pada dasarnya diperoleh dalam dua cara yaitu :

- Sinyal berasal dari pengukuran langsung besaran-besaran listrik yang secara khas ditemukan dalam pemakaian dalam analisis kualitas.
- Sinyal yang berasal dari transduser

Sistem instrumentasi dapat dikelompokkan dalam dua kelas utama, yaitu sistem analog dan sistem digital. Sistem analog menyangkut informasi pengukuran dalam bentuk analog, dan dapat didefinisikan sebagai suatu fungsi kontinu seperti halnya kurva tegangan terhadap waktu atau pergeseran karena tekanan. sistem digital menangani informasi dalam bentuk digital. Besaran digital terdiri dari sejumlah pulsa diskrit dan tidak kontinu yang hubungannya terhadap waktu berisi informasi mengenai kebesaran atau sifat dasar dari besaran tersebut.

Sistem akuisisi data analog secara khas terdiri dari sebagian atau semua elemen berikut:

- Transduser, untuk pengubahan parameter fisis menjadi sinyal listrik.
- Pengkondisi sinyal, untuk memperkuat, memodifikasi atau memilih bagian tertentu dari sinyal tersebut.
- Alat peraga visual
- Instrumen pencatat grafik,
- Instrumen pita magnetik.



Gambar 4.1. Diagram Sistem Akuisisi Data secara Umum

Sistem akuisisi data digital bisa mencakup sebagian atau semua elemen yang ditunjukkan pada gambar diatas. Operasi dasar fungsional di dalam sebuah sistem digital mencakup penanganan sinyal-sinyal analog, melakukan pengukuran, pengubahan dan penanganan data digital, dan pemrograman internal dan kontrol.

Fungsi masing-masing elemen sistem diatas dijelaskan sebagai berikut :

- Transduser, mengubah parameter fisis menjadi sinyal listrik yang dapat diterima oleh sistem akuisisi. Beberapa parameter khas mencakup temperatur, tekanan, percepatan, pergeseran bobot dan kecepatan, Besaran-besaran listrik seperti tegangan, tahanan, frekuensi dapat langsung diukur.

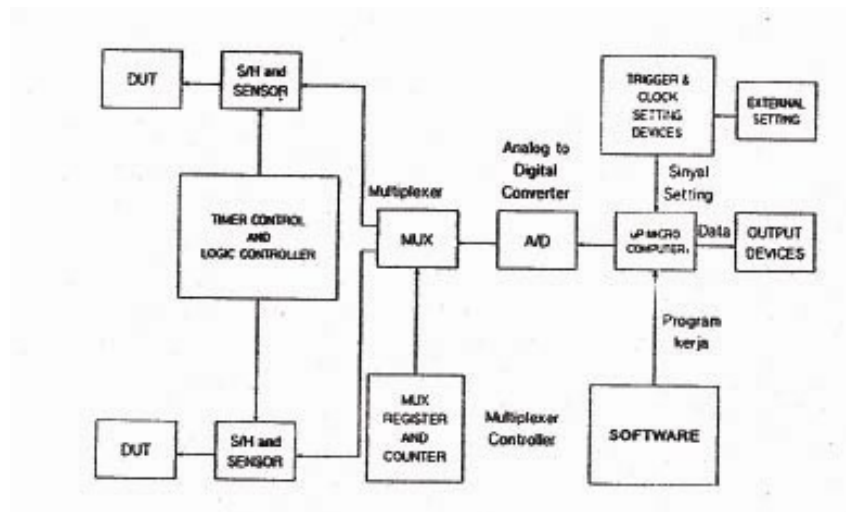
- Pengkondisi sinyal. Umumnya mencakup rangkaian penunjang bagi transduser. Rangkaian ini dapat memberikan daya eksitasi, rangkaian imbang bagi elemen kalibrasi.
- Multiplexer. Menerima banyak masukan secara berurutan.
- Pengubah sinyal, Mengubah sinyal analog menjadi suatu bentuk yang dapat diterima oleh pengubah analog ke gital.
- Pengubah analog ke gital. Mengubah tegangan analog menjadi bentuk digital yang sepadan.
- Perlengkapan pembantu. Bagian ini berisi instrumen-instrumen untuk pekerjaan pemrograman sistem dan pengolahan data digital. Fungsi khas perlengkapan ini mencakup linerasasi dan perbandingan batas. Pekerjaan ini dapat dilakukan oleh instrumen individual atau oleh komputer digital.
- Unit pencatat digital. Mencatat informasi digital.

4.2.2. Manfaat Sistem Akuisisi

Dewasa ini prinsip penggunaan akuisisi data mulai banyak dikembangkan, mengingat banyaknya manfaat yang dapat diberikan, seperti :

1. Dapat membaca atau menerima data secara terus menerus
2. Pemrosesan data yang lebih cepat <delay kerja sistem amat rendah>
3. Proses kerja dan data olahannya lebih akurat
4. Penerimaan data berlangsung otomatis <tipak perlu diawasi terus menerus>
5. Data dapat disimpan kedalam disk pada komputer <untuk penganalisaan lebih lanjut>
6. Dapat dilakukan setting data yang tertentu jika ditemukan suatu data yang khusus specific, maka komputer akan mengaktifkan suatu transducer tertentu>
7. Dapat melakukan penerimaan data yang berganda lebih dari satu
8. Data yang diterima dapat berasal dari sumber sensor dengan sinyal yang analog maupun yang digital <serba guna>
9. Menggunakan pengontrolan utama sebuah komputer mikro PC yang harganya relatif murah
10. Tidak mudah terganggu noise lingkungan.

Sistem akuisisi modern <sistem akuisisi digital> mempunyai blok diagram sebagai berikut :



Gambar 4.2. Sistem Akuisisi Modern

Komponen-komponen utama proses:

1. Komputer mikro : sebagai otak sistem akuisisi data, ia mengontrol keseluruhan kerja sistem <hardware dan software> serta mengeluarkan data yang diperoleh keperalatan output.
2. Hardware : umumnya merupakan suatu card ekspansi yang dapat dipasang pada komputer mikro. Pada blok diagram diatas dapat dilihat adanya beberapa blok sub hardware, yaitu :
 - a. Rangkaian sensor dan sample Hold <S/H> yang berfungsi mengambil data dari DUT <devicer under test>. jika ada banyak, dan keseluruhannya dikontrol melalui rangkaian Timer, Control, and Logik Controller.
 - b. Rangkaian multiplexer <MUX>: memultiplex dan menyampel data masukan agar diperoleh data sampel untuk disalurkan ke mikro komputer. Rangkaian ini dikontrol melalui rangkaian MUX Register and Counter.
 - c. Bila data input pengamatan berbentuk analog, maka dilakukan pentransferan ke bentuk digital, agar dapat diproses dengan cepat melalui komputer mikro.
 - d. Terhadap komputer mikro dihubungkan peralatan Trigger and Clok setting Device dan Exteran Setting Circuit, dimana melalui alat ini operator akan dapat mengatur operasi <kecepatan, selang waktu, dan lain-lain>. Pengambilan data dari DUT.
3. Software : merupakan program kerja DA yang diperlukan.
4. Output devices : merupakan peralatan keluaran untuk menyimpan dan/atau mengeluarkan hasil pengamatan.
Misalnya : printer, plotter, monitor, disk, <storage>, alarm, dan lain-lain.

4.2.3. Penggunaan Sistem Akuisisi

1. Dalam bidang Scientific Appliances:
Dalam suatu Laboratorinm Penelitian Kedokteran. Untuk mengetahui efek suatu obat baru terhadap manusia, mula-mula obat tersebut dicobakan dahulu kepada <misalnya> tikus percobaan. Untuk mengambil efek yang timbul, tikus itu perlu diamati dan diambil datanya <misalnya : detak Jantung dan tekanan darahnya> terus menerus. Bila proses ini pengamatan ini dilakukan oleh manusia, jelas akan timbul banyak masalah <kecermatan, keakuratan, kecepatan kerja, dan lain-lain>.
2. Dalam Bidang Medis :
Dalam masalah pemantauan seorang pasien ICU <Keadaannya sudah menghawatirkan> dibutuhkan suatu pengawasan yang terus menerus di banyak sektor <Tekanan darah, denyut jantung>. Yang apabila dilakukan oleh manusia maka akan timbul banyak masalah <kecermatan, keakuratan, kecepatan kerja, dan lain-lain>.
3. Dalam bidang Fabrication Process:
Masalah inspeksi otomatisasi produk pabrik. Misalkan dalam suatu pabrik dihasilkan produk A. Sebelum "dilempar" kepasar, maka produk A tersebut harus menjalani dahulu proses inspeksi mengenai "quality control". jika digunakan manusia, jelas digunakan tenaga kerja yang cermat, trampil, dan mampu bekerja dengan cepat, Masalah ini biasanya sulit dipecahkan. Untuk itu dapat digunakan sistem akuisisi data.

Dengan sistem akuisisi data maka inspeksi setiap produk A dapat dilakukan dengan cepat dan akurat, untuk kemudian menentukan mana yang baik dan mana yang tidak memenuhi standard. jelas dengan adanya sistem akuisisi data diatas, maka autmatisasi akan berlangsung dengan lebih baik, dimana proses kerjanya dapat dipercepat, tapi dengan mutu kerja yang tetap tinggi.

BAB 5

BEBERAPA CONTOH PENGGUNAAN SISTEM AKUISISI DATA

5.1. Pendahuluan

DAS (Data Acquisition System) didefinisikan sebagai suatu system yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan data sehingga siap untuk proses lebih lanjut. Hasil pengolahan data tersebut, kemudian dapat digunakan untuk berbagai keperluan.

Pada pabrik-pabrik (industri), peranan DAS adalah sebagai alat penjaga kualitas (quality control). Hasil-hasil produksi, sebelum dipasarkan, akan mengalami pengujian-pengujian untuk mempertahankan kualitasnya. Pada mulanya, pengujian-pengujian ini dilakukan secara manual oleh tenaga-tenaga ahli yang terlatih. Hal ini memakan biaya yang cukup besar, disamping waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian-pengujian cukup lama. Karena data yang harus diolah semakin banyak, maka penggunaan peralatan pengolahan data elektronik tak terelakkan lagi. Penggunaan DAS elektronik dapat mengolah data yang banyak dengan cepat, disamping waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan data dapat dipercepat dan kecermatannya terjamin.

Disamping sebagai suatu quality control, DAS juga digunakan di pabrik. Sistem DAS menerima data keadaan mesin-mesin tersebut melalui sensor-sensor yang dipasangkan pada mesin-mesin tersebut.

Data-data tersebut, setelah diolah akan memberikan berbagai informasi mengenai keadaan kerja dari mesin-mesin yang digunakan. Berdasarkan data-data tersebut, dapat ditentukan cara pengontrolan yang tepat.

Sebagai contoh penggunaan DAS dalam industri, berikut ini akan diuraikan mengenai penggunaan DAS sebagai alat bantu kontrol dalam industri penenunan kain. Untuk mengontrol dan menghitung jumlah produksi dalam suatu pabrik tenun, dibutuhkan data mengenai pick (helai benang yang ada pada kain) dan data mengenai keadaan mesin-mesin produksi.

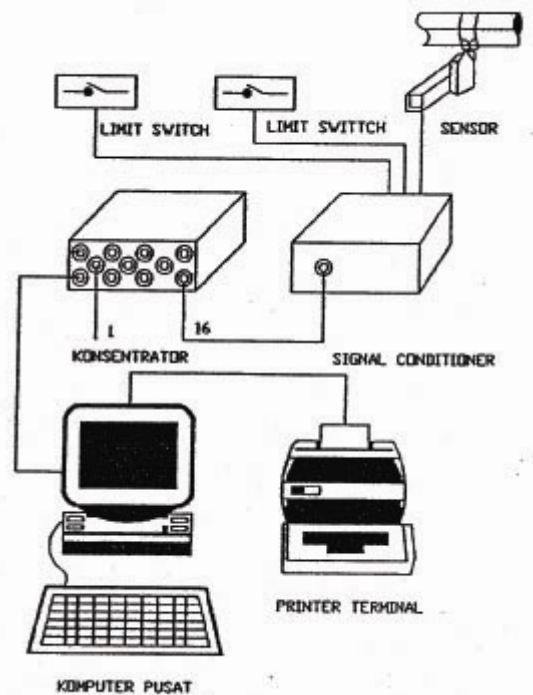
5.2. Akuisisi Data pada Industri : Mesin Tenun

Data akuisisi untuk mesin tenun adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengontrol kegiatan mesin-mesin tenun dalam pabrik. Sistem ini dapat menyajikan berbagai laporan mengenai kegiatan setiap mesin tenun, baik secara terus-menerus ataupun secara berkala. Diagram blok dari sistem tersebut ada pada gambar 5.1.

Prinsip kerja dari sistem ini adalah mendeteksi putaran poros mesin. Bila mesin berputar, maka sistem ini akan mencatat jumlah putaran mesin. Bila mesin berhenti berputar, maka sistem ini akan mencatat sebab-sebab mesin berhenti berputar dan lamanya mesin berhenti berputar. Mesin berhenti bisa disebabkan benang pakan atau

benang lusi (benang yang digunakan untuk menenun) putus, atau dikarenakan sebab lain, misalnya aliran listrik padam.

Berikut ini penjelasan dari masing-masing komponen diagram blok :



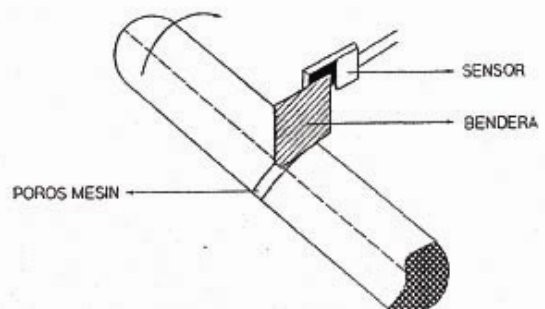
Gambar 5.1. Sistem Akuisisi Data

5.2.1. Limit Switch dan Sensor

Limit switch pada dasarnya merupakan saklar on-off biasa, yang bertugas untuk mendeteksi terjadinya putus benang pakan dan putus benang lusi. Pada tiap-tiap mesin tenun, dipasang 2 buah limit switch.

Sensor digunakan mendeteksi putaran mesin tenun. Sensor yang digunakan ada beberapa jenis. Salah satunya adalah sensor metal. Untuk mengindera putaran mesin, poros mesin tenun dipasang bendera (flag) dari metal (besi) pada tempat yang tepat, sehingga bendera besi tersebut akan lewat cukup dekat ke sensor pada tiap putaran poros mesin (lihat gambar 5.2).

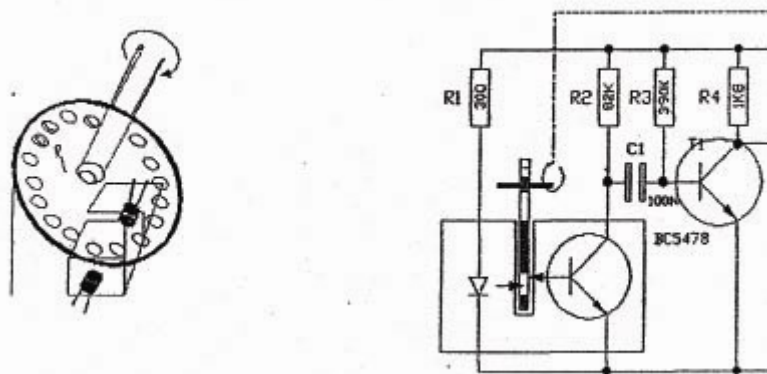
Pada sensor ini dipasang rangkaian elektronik yang akan menghasilkan pulsa listrik setiap bendera melintas didekat sensor. Jumlah pulsa yang dihasilkan dijadikan dasar penghitungan jumlah dan panjang kain yang dihasilkan.



Gambar 5.2. Prinsip Kerja Sensor

Selain sensor metal, dapat digunakan pencacah putaran (penghitungan putaran) dengan menggunakan photo transistor atau elemen peka cahaya yang lain.

Pada poros mesin tenun dipasang sebuah lempeng yang mempunyai sejumlah lubang pada sisinya. jika poros mesin berputar, maka lempeng inipun akan ikut berputar, sehingga photo transistor akan mendapat cahaya dari LED secara terputus-putus sesuai jumlah lubang pada lempeng tersebut. Karena cahaya yang jatuh pada photo transistor terputusputus, maka photo transistor ini akan berada pada keadaan on dan off secara terputus-putus, sehingga output dari rangkaian photo transistor ini akan berupa pulsa-pulsa. jika pulsa-pulsa ini diinputkan pada suatu rangkaian pencacah frekuensi, maka bisa diketahui jumlah putaran dari mesin tenun tersebut (lihat gambar 5.3).



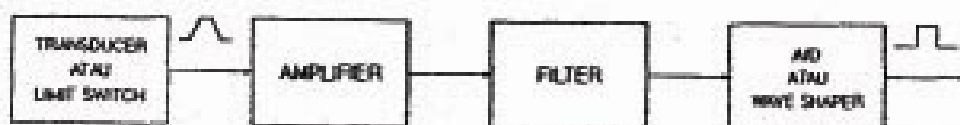
Gambar 5.3. Rangkaian Photo Transistor

5.2.2. Signal Conditioner

Signal conditioner merupakan rangkaian yang berfungsi merubah sinyal listrik yang dihasilkan oleh sensor dan limit switch menjadi sinyal-sinyal yang dimengerti oleh konsentrator.

Signal conditioner ini diperlukan karena input ke rangkaian konsentrator, yang merupakan suatu pemroses mikro, haruslah berupa sinyal-sinyal listrik yang mempunyai bentuk tertentu. Output dari sensor dan limit switch belum tentu sesuai dengan batasan-batasan dari input konsentrator. Signal conditioner akan menyesuaikan bentuk sinyal ini agar dapat diterima oleh rangkaian konsentrator.

Secara umum rangkaian signal conditioner terdiri atas amplifier, filter, A/D. Karena pada sistem data akuisisi ini, hanya sinyal on-off saja yang diperlukan, maka jika diinginkan rangkaian signal conditioner yang sederhana, maka rangkaian A/D dapat ditiadakan dan sebagai gantinya bisa dipasangkan suatu rangkaian "wave shaper".

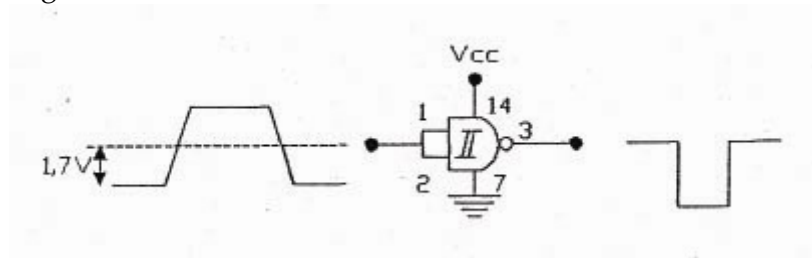


Gambar 5.4. Diagram Blok Signal Conditioner

Amplifier disini berfungsi untuk menguatkan sinyal masukkan dari transducer atau limit switch agar amplitudonya mencukupi untuk pemrosesan selanjutnya.

Filter berfungsi mungkin untuk menghilangkan sinyal-sinyal interferensi yang mungkin terbawa masuk pada input rangkaian signal conditioner. Interferensi ini bisa terjadi karena dengung jala-jala listrik ataupun sinyal-sinyal pengganggu lain.

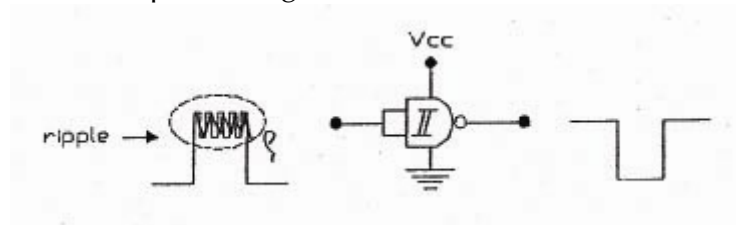
Rangkaian wave shaper digunakan untuk memperbaiki bentuk pulsa-pulsa dari sensor dan limit switch (setelah melewati filter) agar bentuknya sesuai untuk pemrosesan lebih lanjut pada rangkaian logika pada konsentrator. Salah satu bentuk rangkaian wave shaper ada pada gambar



Gambar 5.5. Rangkaian Wave Shaper

74LS132 merupakan sebuah IC NAND GATE dengan switching threshold. Output dari NAND Gate akan menjadi rendah ketika inputnya melebihi 1,7 Volt. Output NAND Gate akan menjadi tinggi bila input jatuh lebih rendah dari 0,9 Volt.

Selain rangkaian wave shaper, maka pada rangkaian signal conditioner ini bisa pula ditambahkan rangkaian noise eliminator yang berguna untuk menghilangkan ripple yang mungkin timbul pada output wave shaper. Bentuk rangkaian noise eliminator ini sama dengan rangkaian wave shaper (lihat gambar 5.6).



Gambar 5.6: Rangkaian Noise Eliminator

5.2.3. Konsentrator

Konsentrator adalah rangkaian yang bertugas mencatat data kegiatan mesin berdasarkan data yang diterima dari signal conditioner. Catatan pada konsentrator bersifat nyata dan menggambarkan keadaan mesin tenun saat itu (real time). Tiap konsentrator dapat dihubungkan dengan sejumlah signal conditioner. Jika disimulasikan sebuah konsentrator dapat dihubungkan dengan 16 buah signal conditioner, maka sebuah konsentrator dapat menangani 16 buah mesin tenun. Data yang dicatat oleh konsentrator adalah :

- keadaan mesin tenun, berputar atau berhenti
- penyebab mesin berhenti berputar
- banyaknya benang yang telah ditenun (berdasarkan data jumlah putaran poros mesin tenun).

Mesin dianggap berputar, bila sensor memberikan pulsa on-off secara berkala yang setara dengan putaran poros mesin sebanyak 30-1000 RPM. Satu pulsa dapat diartikan sebagai 1 atau 2 helai benang telah ditenun.

Secara fungsional, konsentrator adalah sebuah memory penyangga (buffer). Fungsinya menyimpan data kegiatan mesin sementara, hingga komputer untuk mengambil data tersebut dari memory konsentrator. Memory penyangga ini diperlukan karena komputer pusat tidak dapat langsung mengambil data mesin, begitu data tersebut selesai diproses di signal conditioner. Hal ini terjadi karena komputer pusat harus menangani sejumlah besar konsentrator lain jika mesin tenun yang harus ditangani cukup banyak (dalam pabrik besar) komputer akan mengambil data dari tiap konsentrator secara bergantian. Selama waktu menunggu pengambilan data oleh komputer, maka memory buffer pada konsentrator akan menahan data yang telah didapat dari signal conditioner.

Pada konsentrator ini digunakan mikroprosesor sebagai komponen utamanya. Tugas mikroprosesor sebagai komponen utamanya. Tugas mikroprosesor ini adalah sebagai pengatur aliran data dari dan ke konsentrator.

5.2.4 Komputer Pusat

Tugas komputer pusat adalah mengumpulkan data yang ada pada konsentrator untuk dijadikan dasar penyusunan laporan, jika terdapat lebih dari satu konsentrator, maka komputer pusat akan mengenal tiap konsentrator melalui alamat konsentrator. Jika dimisalkan komputer menyediakan 6 bit alamat untuk tiap konsentrator, maka maximum komputer bisa menangani 64 buah konsentrator. Jika dimisalkan tiap konsentrator dapat menangani 16 buah signal conditioner (berarti 16 buah mesin tenun), maka sebuah komputer dapat menangani $64 \times 16 = 1024$ mesin tenun secara simultan.

Di komputer pusat, perangkat lunak bertugas mengumpulkan data dari konsentrator dan mengolahnya menjadi laporan yang bermanfaat. Perangkat lunak dibagi atas 2 buah program: program background dan program foreground. Program background bersifat resident dan ditulis dalam bahasa assembler. Tugas program ini adalah mengenai konsentrator yang akan diambil datanya dan kemudian mengambil data dari konsentrator tersebut. Bila terdapat banyak konsentrator, maka konsentrator akan diambil datanya pada tiap selang waktu tertentu. Program foreground ditulis dalam salah satu bahasa pemrograman, misalnya Pascal, dan berfungsi sebagai alat komunikasi antara operator dan komputer.

Dalam keadaan mesin tenun sedang berputar, perangkat lunak akan menghitung kain yang dihasilkan. Jika mesin tenun berhenti berputar, perangkat lunak akan menghitung lamanya mesin berhenti. Berdasarkan lamanya mesin berhenti, perangkat lunak membagi jenis mesin berhenti dalam 2 jenis :

- berhenti jangka pendek
- berhenti jangka panjang.

Hal-hal yang menyebabkan mesin berhenti jangka pendek antara lain: putus benang pakan dan putus benang lusi, hal ini biasanya dapat segera diatasi oleh operator mesin tenun tersebut.

Berhenti jangka panjang umumnya disebabkan karena kerusakan mesin, aliran listrik padam, dan lain-lain.

Agar perangkat lunak dapat membedakan kedua jenis berhenti tersebut diatas, maka batas waktu antara berhenti jangka pendek dan berhenti jangka panjang harus dimasukkan kedalam program.

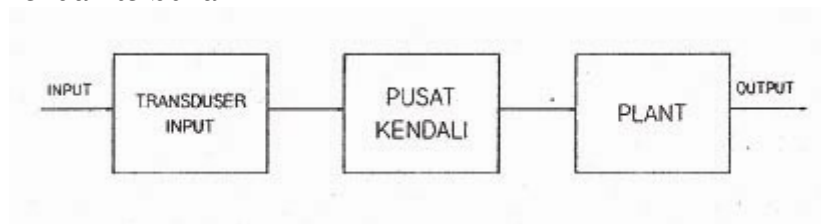
Program foreground akan mengolah data-data yang diperoleh oleh komputer pusat sesuai dengan permintaan operator komputer setiap saat, perangkat lunak dapat diperintahkan untuk menampilkan keadaan dan hasil kerja mesin. Selain itu perangkat lunak secara berkala akan menyimpan data hasil kerja tersebut pada hard disk atau disket dan bila perlu dapat membuat laporan tertulis tentang berbagai hasil kegiatan pabrik.

Dengan menyesuaikan prinsip kerja sensor, signal conditioner, dan konsentrator, sistem ini dapat dikembangkan untuk diharapkan pada hampir semua jenis mesin produksi, antara lain pada mesin rajut, mesin pembungkus rokok, mesin 'injection plastic' dan lain-lain.

5.3. Akuisisi Data untuk Sistem Kendali

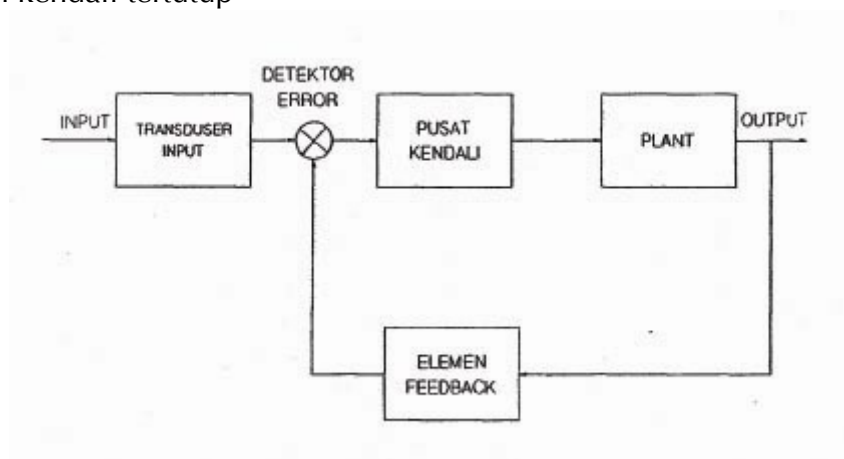
Sistem kendali atau sistem pengaturan ada dua macam, yaitu:

- a. sistem kendali terbuka



Gambar 5.7. Sistem Kendali Terbuka

- b. sistem kendali tertutup



Gambar 5.8. Sistem Kendali Tertutup

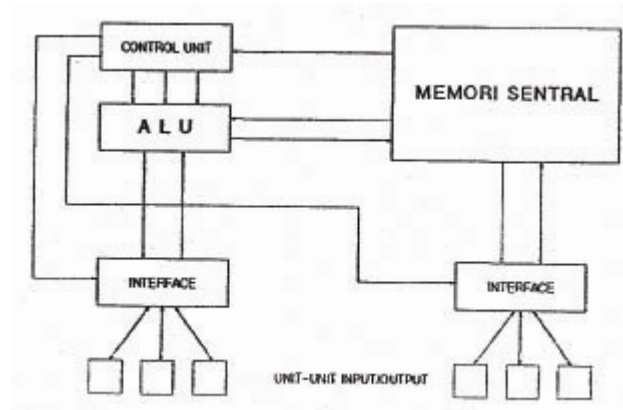
Sistem kendali sangat banyak digunakan pada berbagai sistem proses, misalnya proses produksi suatu industri.

Dalam sistem proses tersebut sistem kendali berfungsi sebagai pengatur pengatur jalannya proses itu sendiri (dan cenderung ke arah otomatisasi proses).

Sesuai dengan peranannya, sistem kendali selalu memberikan informasi untuk bahan pengambilan keputusan ataupun melakukan pengambilan keputusan itu sendiri. Dengan demikian sangat dituntut dalam hal ketepatan dan ketelitian data atau informasi. Kesalahan kecil sekalipun dapat berakibat fatal. Bayangkan, seandainya kesalahan itu terjadi pada pusat peluncuran rudal nuklir !. Kesalahan bisa saja terjadi pada setiap bagian dari sistem kendali tersebut. Suatu kesalahan yang berakibat begitu fatal, tentu jika kesalahan itu justru terjadi pada pusat pengendalian (controller). Pada dewasa ini pusat pengendalian itu berupa komputer. Karena pusat pengendali (controller) tersebut mengendalikan sistem secara keseluruhan, maka jika terjadi gangguan di bagian ini berarti terganggu juga seluruh sistem. Sistem terganggu berarti pula proses harus dihentikan. Suatu sistem akuisisi data (dalam hal ini bentuk redundansi) dapat mengatasi kegagalan yang mencemaskan tersebut.

5.3.1. Pusat Kendali tanpa DAS (Redundansi)

Untuk pusat kendali berupa komputer, mempunyai bagan sebagai berikut:



Gambar 5.9. Pusat Kendali tanpa DAS

Dalam bidang industri, umumnya data yang dikumpulkan berasal dari pengukuran data tersebut biasanya diproses oleh komputer, untuk:

- pengendalian proses, atau
- direkam (untuk analisa dan evaluasi produk).

Sistem akuisisi data yang menggunakan komputer sebagai alat pengumpul, penampatan dan pengolah data, harus dimiliki keandalan yang tinggi. Data pengukuran harus dijamin direkam dan sedikit mungkin yang mungkin hilang, jika terjadi gangguan. Ini berarti suatu DAS berbasis komputer dituntut:

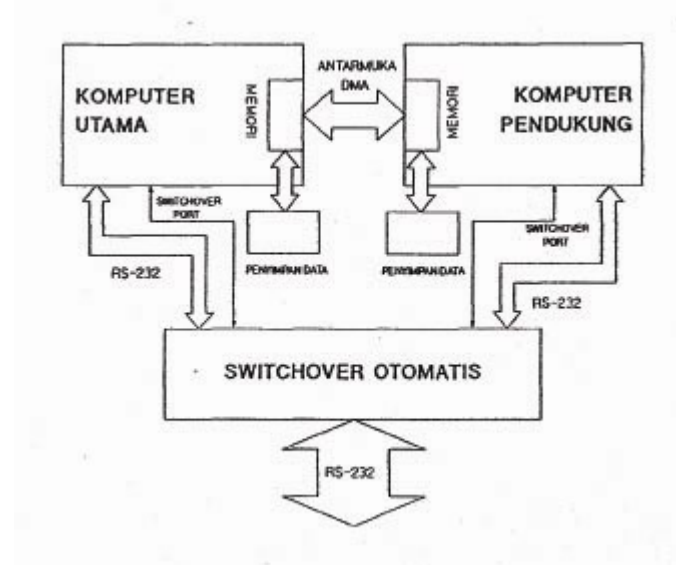
- mampu mengerjakan fungsinya untuk jangka waktu yang panjang
- kegagalan internal harus dapat didiagnosa dan diperbaiki secara cepat.

Berdasarkan di atas maka kegagalan internal dapat terjadi pada CPU, unit penyimpanan ataupun interfacenya. Jika terjadi gangguan pada salah satu bagian, maka seluruh sistem kendali itu akan terganggu. Hal ini berarti proses pengendalian berhenti. Proses akan berjalan lagi jika kerusakan/gangguan berhasil diselesaikan.

Berarti waktu total meliputi waktu diagnosa dan waktu perbaikan itu sendiri, Kemungkinan besar total waktu yang diperlukan sangat lama. Keadaan seperti ini tentu menggantikan sementara fungsi pusat pengendalian.

5.3.2. Pusat Kendali dilengkapi (Redundansi)

Bagan sistem menjadi :



Gambar 5.10. Pusat Kendali dengan DAS

Rancangan DAS di atas didasarkan pada persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Dapat menjamin penerimaan dan penyimpanan data, tidak terganggu oleh kerusakan dari salah satu bagian kritis dari komputer.
2. Sistem dapat diambil keputusan untuk menentukan komputer mana yang harus mengendalikan operasi.
3. Sistem dapat diambil keputusan untuk menentukan komputer mana yang dapat memberi tahu operator jika terjadi kerusakan pada salah satu bagian komputer.
4. Sistem menggunakan peralatan yang:
 - a. relatif murah
 - b. mudah diperoleh
 - c. mudah perawatannya (juga murah)
 - d. mudah diperbaiki
 - e. banyak terdapat di pasaran.

5.3.2.1. Cara Kerja

Kedua komputer bekerja sebagai pengendali operasi secara bergantian, Jika salah satu komputer sebagai pengendali operasi maka yang lain sebagai cadangan.

Pada setiap saat, seluruh data yang tersimpan pada komputer aktif (pengendali proses) disimpan juga pada komputer cadangan. Dengan demikian komputer cadangan siap menggantikan tugas, setiap saat. Transfer data dari komputer aktif ke komputer cadangan dilakukan melalui perangkat DMA.

Pengalihan data ini dilakukan untuk :

1. Menjaga agar kondisi komputer cadangan selalu sama dengan komputer aktif/utama/pengendali operasi.

2. Mengirimkan status komputer komputer aktif (yang memberi tanda bahwa komputer aktif tidak terjadi gangguan) ke komputer cadangan. Sistem ini dikenal sebagai "watch dog".

Selang waktu tersebut komputer cadangan tidak menerima informasi status ini, maka berarti komputer mengalami gangguan. Ini berarti pengalihan fungsi pengendali operasi harus segera dilakukan.

Jika suatu saat komputer aktif mengalami gangguan maka segera dilakukan pengalihan tugas/fungsi. Pengalihan tersebut dilakukan melalui sinyal serial yang dikirimkan oleh komputer yang rusak ke switchover otomatis. Komputer cadangan akan terus akan terus menggantikan tugas pengendalian operasi hingga komputer yang rusak tadi berhasil diperbaiki.

Untuk hubungan antara komputer akan piranti luar dilakukan melalui interface RS-232. Interface ini sangat populer sehingga mudah didapat.

Switchover port merupakan jalur yang digunakan komputer untuk mengirimkan perintah switch kepada rangkaian switchover otomatis. Setelah itu switchover otomatis akan mengalihkan seluruh hubungan piranti lunak dari komputer utama/aktif ke komputer cadangan.

5.3.2.2. Interface

Dari Standard Industry Association (EIAO meliputi spesifikasi elektrik untuk pengiriman serial bit, maupun spesifikasi fisiko RS 232C mendefinisikan sinyal jabatan tangan yang dipakai untuk mengendalikan peralatan hubungan telpon standar dan modulator-demodulator standar.

Secara elektrik standart menggunakan pulsa plus dan minus 12V nominal untuk memberlakukan alih informasi. Standar RS 232C menetapkan konektor 25-penyemat dengan sinyal seperti ditunjukkan pada daftar di bawah ini.

Bumi

XMIT DATA (= kirim data)

REC DATA (= terima data) (DARI COM)

REQWST TO SENT (= permintaan mengirim) (KE COM) (=peralatan komunikasi) CLEAR TO SEND (= hapus untuk mengirim) (DARI COM)

DATA SET READY(= perangkat data siap) (DARI COM)

DATA SET READY (= perangkat data siap) (DARI COM)

DATA TERMINAL READY (terminal data siap) (KE COM)

RING INDICATOR (= indikator putar) (DARI COM)

RECEIVED LINE SIGNAL DETECTOR (=detector sinyal saluran penerima) (DARI COM)

SIGNAL QUALITY DETECTOR (=detector kualitas sinyal) (DARI COM)

DATA RATE SELECTOR (=pemilih kecepatan data) (KE COM)

DATA RATE SELECTOR (= pemilih kecepatan data) (DARI COM)

TRANSMITTER TIMING (= pewaktuan pengirim) (KE COM)

TRANSMITTER TIMING (= pewaktuan pengirim) (DARI COM)

RECEIVER TIMING (= pewaktuan penerima) (DARI COM)

* DATA SEKUNDER PERMINTAAN

Saluran sinyal utama adalah kirim data dan terima data. Saluran-saluran ini dipakai mengirim informasi serial antara kedua sistem. Kecepatan bit bisa dari salah satu kecepatan berikut:

Kecepatan lainnya kadang-kadang juga dipakai. Terminal pesawat teletip bekerja pada 110.150 atau 300 bit/detik. Terminal CRT khususnya menggunakan mana saja dari kecepatan di atas 1200.

Sinyal-sinyal lain dipakai untuk menunjukkan status hubungan komunikasi modem ", "perangkat data siap"/"terminal data siap" di pakai untuk mengendalikan hubungan modem.

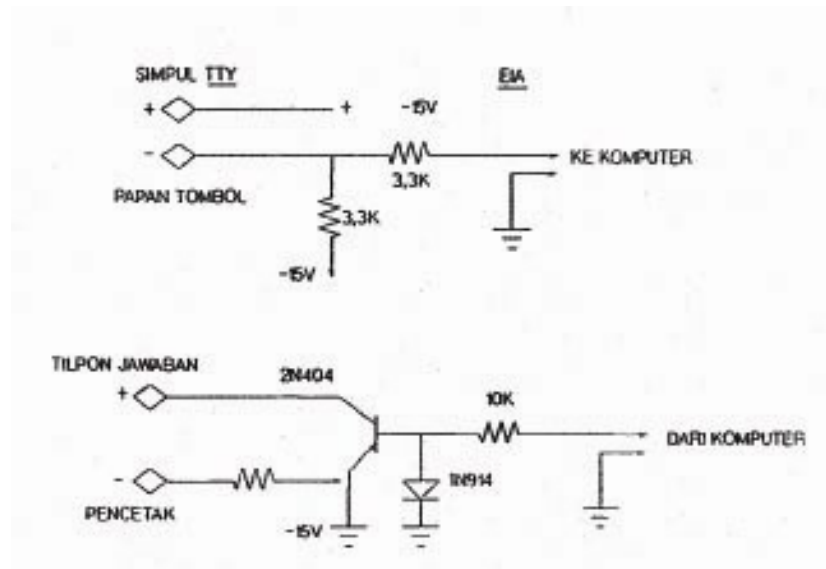
The diagram illustrates the timing of various signals in a radio receiver system. The signals and their durations are as follows:

- PANGGILAN DITERIMA**: A signal received by the system.
- INDIKATOR PUTAR**: A signal from the turn indicator, labeled **CRS**.
- ASAL**: A signal from the source, labeled **JAWABAN**.
- TERMINAL DATA SIAP**: A signal indicating data terminal readiness, with a duration of $2225\text{Hz} \cdot 900\text{ms}$.
- PEMBAWA PENGIRIN**: A signal from the transmitter, with a duration of $2025\text{Hz} \text{ OR } 2225\text{Hz}$.
- PEMBAWA YANG DITERIMA**: A signal received by the receiver, with a duration of $2025\text{Hz} \text{ OR } 2225\text{Hz}$.
- DETEKSI AMBAH**: A signal indicating amplitude detection, with a duration of 400ms .
- UNTUK MENGIRIN KIRIM**: A signal for transmission, with a duration of 400ms .
- KIRIM DATA KOSONG**: A signal for empty data transmission, with a duration of 400ms .
- TAK DOKER**: A signal indicating no data, with a duration of 400ms .
- TAK DOKER**: A signal indicating no data, with a duration of 400ms .

- 48 -

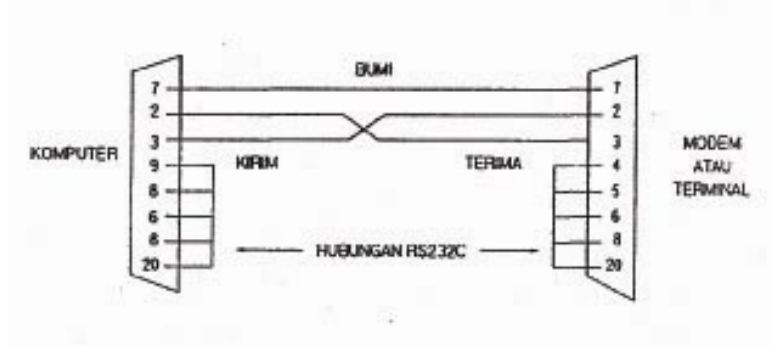
Untuk menunjukkan transaksi komunikasi yang khas. Tampak bahwa jabatan tangan dipakai hanya pada awal dan akhir suatu blok data serial. RS232C populer, sebab hampir semua sistem berbagi waktu yang dihubungi dengan memutar nomer menggunakan standar ini dalam sub sistem komunikasinya.

Standar serupa adalah simpul arus (current loop). Ini dipakai pada pesawat teletip mekanis. Suatu hal yang baik adalah mengubah semua alat simpul menjadi EIA-RS 232C lewat pengubah simpul ke EIA. Dengan jalan ini semua komunikasi distandarkan suatu pengubah simpul ke EIA untuk pesawat teletip. Hal ini dijelaskan pada rangkaian berikut :



Gambar 5.12. Rangkaian pengubah simpul ke EIA

Adalah berguna juga, apa yang disebut AUTO LOOP BACK (simpul balik otomatis). Adapun gambar dari hubungan simpul balik otomatis tersebut sebagai berikut :



Gambar 5.13. Hubungan simpul balik otomatis

Dari gambar di atas, tampak komputer, terminal atau ,modem tidak diimplementasikan menurut standar sepenuhnya. Pelompat (jumper) yang ditentukan biasanya akan memungkinkan alat percaya bahwa kondisi baik untuk melewati data.

RS 232C mengirim sinyal sebagai tegangan satu ujung (single ended voltage). Kondisi "tanda" atau "kosong" diwakili oleh tegangan antara kedua kabel.

Jadi jalur pengirim mempunyai dua kabel begitu juga jalur penerimaan. Keuntungan yang didapat adalah jalur antara alat bisa secara fisik lebih panjang karena kekebalan

saluran deferensial terhadap derau. Dengan dapat diperkecilnya efek derau, maka kecepatan data bisa lebih tinggi.

Data teknis dari RS232C dapat disebutkan sebagai berikut :

Karakteristik RS 232C

1. Panjang saluran maksimum : 100 ft
2. maksimum bit/detik : 2×10^4
3. Data "1" = Marking : -1.5V — 36V
Data "0" = Spacing : +1,5V — 36V_
4. Hubungan pendek : 100
5. Kebocoran bila daya dimatikan,
tegangan maksimum diberikan
pada yang tak diberi daya : 300
6. Masukan penerimaan : 1,5V (ujung tunggal)

Pada sistem akuisisi data di sini juga menggunakan RS 232. RS-232 merupakan salah satu standar yang digunakan untuk komunikasi secara asinkron antara komputer dengan peralatan komunikasi data. (misal terminal atau modern).

Pada rancangan ini, RS-232 digunakan untuk menghubungkan komputer dengan peralatan:

- a. Komputer lain
- b. Alat ukur yang dilengkapi dengan RS-232
- c. Switchover otomatis

Pada PC IBM, komputer yang digunakan adalah 8250 ACE (Asynchronous Communication Element).

5.3.2.3. DMA (Direct Memory Access) pada IBM PC/XT

Pada beberapa penerapan, interface harus mampu menerima atau mengirimkan data ke/dari interface dengan kecepatan yang lebih tinggi dari yang mungkin dilakukan dengan program sederhana I/O yang dikendalikan CPU (Menggunakan instruksi IN dan OUT pada bahasa assembly).

Contoh pengalihan data dengan kecepatan tinggi adalah dari disk-drive adapter ke memori atau sebaliknya. Hal ini menyulitkan processor 8088 untuk menanganinya, apabila jika processor juga sekaligus harus melayani peralatan lain seperti keyboard.

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan fungsi khusus DMA. DMA membuat interface maupun membaca/menulis data dari/ke memori atau sebaliknya tanpa dikendalikan oleh processor 8088. Fungsi ini dilakukan oleh kontroler DMA (misal chip Interl 8237-5).

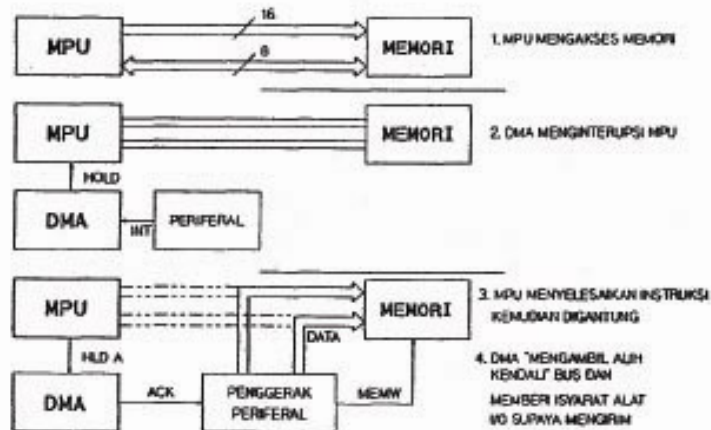
Falsafah DMAC

DMAC (Direct Memory Access Controller) adalah prosesor khusus yang dirancang untuk menyelenggarakan alih data berkecepatan tinggi antara memori dan alat. Untuk mampu menjalankan fungsi tersebut maka DMAC memerlukan :

- bus data
- bus alamat

Falsafah DMAC berbeda dalam hal mendapat access pada bus. Misalnya DMAC bisa menggantung sebuah prosesor atau menghentikannya atau DMAC bisa mencari siklus memori dari prosesor, atau mungkin juga memperpanjang pulsa detak. Beberapa DMA yang canggih seperti DMA dengan penyegaran memori dinamis dapat juga menggunakan beberapa bagian siklus intruksi, bila 'tahu' bahwa prosesor tak memerlukan penggunaan bus data dan bus alamat.

Pendekatan paling sederhana dan bisa diimplementasikan untuk sebagian besar mikroprosesor adalah mengantung operasi prosesor. Inilah mengapa digunakan bus tiga keadaan untuk bus data dan bus alamat. Organisasi sebuah sistem DMA dilukiskan sebagai berikut :



Gambar 5.14 Operasi Pengendali DMA

Tiap alat akan mengirim akan mengirim intrupsinya ke DMAC, dan bukan ke mikroprosesor. Bila DMAC menerima intrupsi dari sebuah alat, maka dibangkitkan suatu sinyal khusus bagi mikroprosesor HOLD (pegang). Sinyal HOLD mengantung mikroprosesor dan menempatkannya dalam keadaan tidak aktif. Mikroprosesor melengkapi instruksinya kemudian melepaskan bus data dan bus alamat dalam keadaan impedansi tinggi. Hal ini disebut "menggambangkan" busnya. Kemudian mikroprosesor "tidur" dan mernberi tanggapan dengan sinyal "pengakuan HOLD". Waktu menerima sinyal "pengakuan HOLD", DMA tahu bahwa bus-bus dilepas. Secara otomatis DMA menempatkan alamat pada bus alamat, yang menentukan alamat memori dimana terjadi alih data.

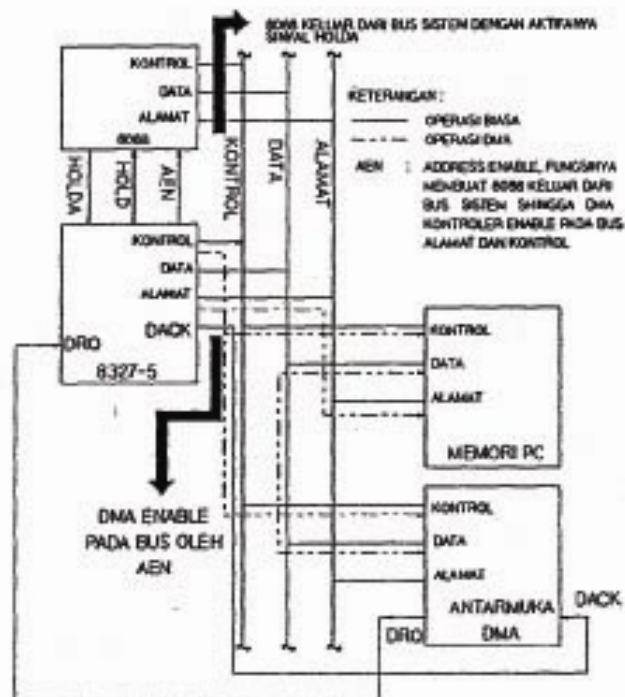
DMAC yang dihubungkan dengan 8 alat I/O, berisi 8 register alamat 16 bit untuk tujuan ini. Tentu saja register ini telah ditentukan oelh pemrogram bagi tiap alat. DMAC menentukan dimana akan terjadi alih data, kemudian membangkitkan sinyal "baca" atau tulis dan membiarkan alat I/O membangkitkan data atau menerima data pada bus data. Sebagai tambahan, DMAC berisi mekanisme otomatis untuk alih blok. Ini khusus bernilai untuk pengiriman blok data (dalam hal piringan) atau urutan data (dalam hal CRT).

DMAC dilengkapi dengan sebuah register pencacah 8 bit yang memungkinkan alih otomatis 1 sampai 256 kata. Setelah tiap alih kata, pencacah diperkecil. Ahli data berhenti jika pencacah sampai nol, atau bila permintaan dari alat menghilang.

Keuntungan DMA adalah menjamin kecepatan alih tertinggi yang mungkin bagi alat. Kerugiannya, tentu saja memperlambat operasi prosesor. DMA merupakan alat yang rumit. Serumit mikroprosesor itu sendiri. Alat ini juga mahal karena DMA tidak dijual dalam jumlah yang sama seperti mikroprosesor ditambah memori dalam melaksanakan tugas alih blok, dari pada menggunakan serpih DMA.

Pada sistem akuisisi data di sini DMA digunakan untuk transfer data dari komputer aktif ke komputer cadangan atau sebaliknya. Adapun prinsip kerjanya sebagai berikut :

Bagan diagram alir operasi DMA sebagai berikut:



Gambar 5.15. Bagan diagram alir operasi DMA

Selama pelaksanaan program biasanya, processor 8088:

- mengendalikan sepenuhnya bus sistem
- menyediakan informasi kendali dan penyelamatan
- sebagai sumber/tempat data.

Jika suatu interface memerlukan pengendalian data dengan fasilitas DMA, interface harus mengirimkan sinyal "request" ke controller DMA. Kontroler akan memberikan prioritas terhadap permintaan ini dan mengirimkan sinyal permintaan "hoold" ke CPU-8088. Pada akhir dari siklus bus aktif-sinyal hold-acknowledge" ke controller DMA, artinya bus sekarang bebas dan dapat diambil alih oleh controller.

Selanjutnya kontroller DMA menernpatkan diri pada bus sistem, mengendalikan bus alamat dan kendali (kontrol), melaksanakan siklus alih data antar DMA yang mengirimkan sinyal "DMA acknowledge" ke interface.

Informasi yang diberikan ke kontroller DMA terdiri dari:

- alamat awal tempat data akan dialihkan
- fungsi read/write ke memory
- byte tunggal/kelompok
- prioritas.

Jadi selama operasi DMA, perpindahan data terjadi langsung antara memori dan interface.

Chip controller DMA 87-5 digunakan pada IBM PC (terdapat 4 kanal DMA). Kanal 1 dan 3 digunakan untuk pemrogram. PC BIOS menginisialisasi kontroller DMA sehingga kanal 0 mempunyai prioritas paling tinggi dan kanal 3 paling rendah.

Kecepatan Alih Data DMA

Setiap siklus DMA membutuhkan waktu 5 clock processor. Karena pada PC disisipkan satu cycle tambahan (sebagai keadaan menunggu). Untuk memastikan cukupnya waktu akses dari memori dan port-port I/O maka setiap siklus DMA perlu 1,36 mikro-sekon.

Adapun cara pengalihan data, yaitu :

1. Cara pengendalian data satu byte Karena ada siklus bus 8088 diantara DMA yang harus ditambahkan (4 clock) selama 840 ns maka kecepatan alih data maksimum sebesar 476 kbyte/ sekon.
2. Cara pengalihan block data
Karena hanya diperlukan satu siklus bus 8088 pada awal DMA, maka kecepatan alih data maksimum sebesar 783 kbyte/sekon.

5.3.2.4 Switchover Otomatispp

Fungsi dasar switchover otomatis adalah menswitch sejumlah 6 peralatan serial yang dihubungkannya (mis : CRT, printer, dll). Fungsi ini bisa diaktifkan melalui perangkat lunak oleh komputer. Caranya :

- mengirim kode hexa 10; atau
- secara manual dari tombol tekan

_____ missing data _____

Kemudahan menyimpan data dalam bentuk listrik juga membuat orang untuk mencoba menyimpan parameter-parameter bunyi dalam bentuk listrik, sehingga dapat disimpan untuk dihasilkan kembali saat diperlukan. Teknik pencuplikan sinyal (sampling) dikembangkan sampai akhirnya didapat suatu kepustakaan (library) bunyi yang sangat bervariasi.

Dewasa ini kebanyakan alat musik elektronika telah dirancang dan diprogram untuk dapat menghasilkan, meniru dan menyimpan bunyi alat musik akustik sepersis aslinya, bahkan mampu menghasilkan bunyi yang sama sekali baru. Kemampuan alat ini dapat

dimanfaatkan secara optimal, jika informasi yang diberikan terkondisi sedemikian rupa sehingga dapat dipahami oleh instrumen tersebut.

Beragamnya alat musik yang ada di pasaran memungkinkan perbedaan format data yang harus diberikan kepada masing-masing instrumen, sedemikian sehingga memungkinkan bagi beberapa instrumen untuk tidak dapat digunakan bersama (kompatibel).

MIDI (musical instrumen digital interface) memberikan alternatif bagi beberapa instrumen musik untuk berkomunikasi, karena pada dasarnya MIDI adalah suatu sistem akuisisi data yang dapat mengkondisikan sinyal menjadi format yang sama bagi setiap alat musik yang menggunakannya.

Kemunculan MIDI memberikan alternatif baru kepada dunia musik, yaitu memungkinkan memainkan beberapa alat musik sekaligus oleh satu alat musik. Untuk menambah keandalan MIDI ini komputer pribadi dapat digunakan, karena keduanya menggunakan bahasa yang sama yaitu bahasa digital.

5.5.1. Instrumen musik elektronika

Instrumen yang paling pokok dalam musik elektronika adalah synthesizer dan sampler, karena hampir semua instrumen musik elektronika pada dasarnya berupa synthesizer dan/atau sampler.

Perbedaan utama dari synthesizer dan sampler adalah sifatnya. Sebuah synthesizer membuat bunyi tiruan agar menyerupai bunyi tertentu, sedangkan sampler merekam karakteristik/spektrum bunyi yang diperdengarkan ke alat tersebut, untuk digunakan pada saat diperlukan kembali.

5.5.2. Synthesizer analog

Synthesizer yang pertama kali dibuat orang adalah synthesizer analog. Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut :

Teorema Fourier menunjukkan bahwa suatu gelombang dapat direpresentasikan dengan suatu deret yang dikenal dengan deret Fourier,

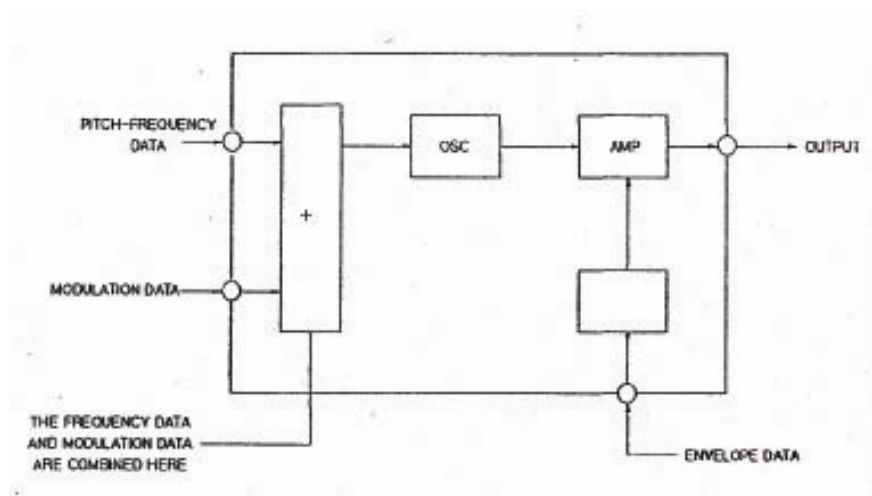
$$F(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega t$$

Dengan teorema ini kita dapat membuat suatu pembangkit tegangan dengan frekuensi dan besar tertentu, dengan cara membuat pembangkit gelombang-gelombang harmonisa, yang diatur besar faktor-faktornya.

Synthesizer pertama yaitu Voltage Control Oscillator (VCO) bekerja dengan prinsip di atas. Alat ini terdiri atas osilator-osilator pembangkit gelombang harmonisa. Dengan mengatur besar arus yang mengalir pada setiap osilator, akan dihasilkan gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi tertentu. Dengan memberikan 3 sampai 4 osilator sudah cukup menghasilkan bunyi dengan karakteristik memadai.

Tuts keyboard berfungsi sebagai pengontrol arus osilator (dengan mengatur tegangannya). Besar tegangan yang dihasilkan oleh tiap tuts berbeda, sehingga tiap tuts

mewakili bunyi dengan frekuensi tertentu dan membentuk tangga nada. Biasanya untuk perbedaan nada satu oktaf diberikan perbedaan level 1 volt.



Gambar 5.21. Voltage Control Occilator

Untuk memperbaiki kinerja VCO ini ditambahkan alat yang disebut VCA (Voltage Controlled Amplifier), yang memberi penguatan hanya pada saat tuts ditekan, dan EG (Envelopes Generator) yang menambah parameter lain dari bunyi itu, seperti dinamika dan delay.

Synthesizer analog ini dapat diprogram dan dikontrol oleh suatu mikroprosesor, sehingga alat ini dapat juga dikontrol secara digital.

Synthesizer Digital

Berbeda dengan di atas, synthesizer berikut ini bekerja dengan sinyal digital. Macam dari synthesizer digital dibedakan atas prinsip kerjanya:

- a. Sintesa Fourier.
Pada prinsipnya synthesizer ini sama dengan synthesizer analog, perbedaannya hanya pada jenis sinyal diolah yaitu sinyal digital. Keuntungan dari cara ini adalah diperoleh bunyi yang lebih jernih, karena frekuensi harmonisa dapat disimulasikan sampai 16 buah.
- b. Sintesa Distorsi-Fasa.
Teknik dikembangkan oleh suatu perusahaan elektronika di Jepang. Dengan pertimbangan mahalnnya implementasi rangkaian dengan pengolahan domain-frekuensi, maka teknik ini menggunakan pengolahan domain waktu.

Pada synthesizer analog, warna suara diatur dengan mengubah frekuensi brightness pada VCF Pada synthesizer digital, digunakan suatu algoritma yang dapat merubah satu gelombang sinus murni menjadi satu dari delapan brightness yang mirip bunyi analog yang dipilih oleh user.

Untuk sudut fasa 180, didapat amplitudo maksimum (+1), sedangkan untuk fasa 360, kita mempunyai gelombang minimum (-1). Setiap sudut fasa mempunyai

amplituda yang bersesuaian. Dengan mengubah sudut fasa yang cepat atau lambat, bentuk gelombang yang diinginkan dapat dihasilkan.

c. Sintesa FM.

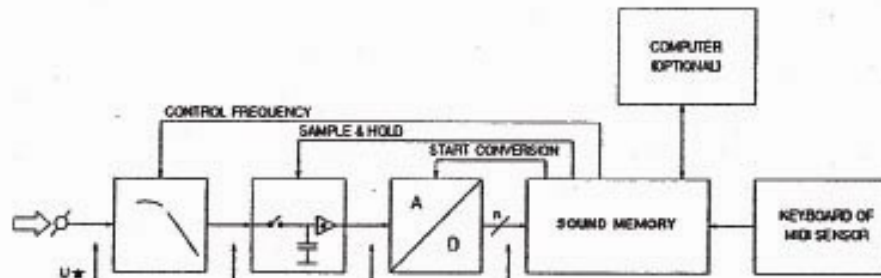
Pada sistem digital kita dapat menyimpan data bentuk gelombang sinus dalam suatu tabel memori. Misalkan diberikan gelombang gigi gergaji, maka kita seolah-olah membaca gelombang sinur murni. Setiap masukan akan memberikan memori dengan bentuk yang bersesuaian.

Suatu tabel sinus yang menerima masukan tertentu akan mengeluarkan keluaran tertentu pula. Masukan dapat pula berbentuk penjumlahan/kombinasi dan dua buah masukan. Keluaran dari sini dapat juga diperkuat dengan faktor penguatan yang berubah terhadap waktu. Faktor ini disebut sinyal sampel. Tabel ini kemudian dinamakan operator yang menerima 3 masukan dan memberikan 1 keluaran.

Kombinasi dari beberapa operator, baik seri maupun paralel memberikan variasi ke luaran yang sangat banyak, yang memberi kemungkinan dihasilkan bunyi yang mirip suara alamiah maupun yang sama sekali baru.

5.5.3. Sampler

Konfigurasi umum dari sebuah sampler adalah sebagai berikut. Mikrofone sebagai transduser menerima input bunyi yang disampel dengan waktu yang sama. Besaran hasil sampling tersebut diubah menjadi data digital oleh analog to digital-converter



Gambar 5.22. Konfigurasi Sampler

(ADC), lalu disimpan di RAM atau ROM digital.

Menurut teori dasar, frekuensi sampling sekurang-kurangnya dua kali frekuensi gelombang yang akan diambil. Karena frekuensi audio berkisar 16 Hz sampai 16 KHz, maka frekuensi pencuplikan harus lebih besar daripada 32 kHz.

Sebelum rangkaian ADC dipasangkan rangkaian Sample and Hold (S/H), supaya data yang akan dikonversikan tidak berubah sebelum diolah ADC. Rangkaian ini menurunkan satu cuplikan dari sinyal audio pada interval yang tetap, yaitu 31,25 mikro-sekon, pada frekuensi sampling 32 kHz.

Aliran bit paralel pada output ADC yang menyatakan urutan harga sinyal pada suatu saat dialirkan secara serial dalam memori bunyi digital. Kontrol penulisan data ke dalam memori dapat dilakukan dengan bantuan mikroprosesor.

Untuk mereproduksi kode digital tersimpan menjadi suatu bunyi analog, bit-bit tadi dikonversikan dalam rangkaian digital to analog-converter (DAC). Dengan membaca memori dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan saat merekam, dihasilkan sinyal output yang sama dengan sinyal input. Jika pembacaan dikontrol dari sebuah keyboard, maka mungkin bagi kita untuk memainkan kembali sinyal asli dengan pitch yang berbeda.

5.5.4. Masalah pada Sistem Instrumen Musik Elektronik

Sekarang kita akan membangun suatu sistem instrumen musik yang terdiri dari beberapa synthesizer dan/sampler. Kita ingin agar dalam menggunakan sistem ini, semua alat (instrumen slave) dapat dimainkan dengan hanya mengontrol satu instrumen master saja. Atau dari sistem ini akan dibunyikan bunyi dengan warna suara yang dimiliki sampler ke alat lain yang memiliki kemampuan menghasilkan bunyi yang sama.

Untuk kedua hal ini di atas adalah tidak mudah, jika alat-alat yang akan kita coba gabung ternyata berasal dari pabrik yang berbeda. Hal ini disebabkan setiap pabrik memberi spesifikasi dan standar yang belum tentu sama untuk tiap instrumennya.

Misalkan kita akan memainkan dua synthesizer analog secara bersamaan, A dan B. Dari prinsip kerja synthesizer analog dapat diketahui bahwa untuk membunyikan satu synthesizer diperlukan suatu level tegangan pengontrol yang bersesuaian. Perbedaan spesifikasi alat A dan B memungkinkan level tegangan yang diperlukan tidak sama dan kedua alat ini tidak dapat digunakan bersamaan (compatibel). Untuk menggabungkan dua synthesizer yang monofonik dan polifonik juga akan mengalami kesulitan, karena spesifikasi teknis kedua alat tidak sama.

Sistem ini akan kita coba gunakan untuk menangkap suatu bunyi dengan teknik sampling, dalam suatu komposisi yang juga akan kita rekam. Komposisi bunyi ini akan kita modifikasi parameternya (dinamika, tempo, delay, vibrato dll). Kemudian untuk memainkan keluaran sampler pada amplifier atau mengolahnya pada mixer dan controller juga belum tentu dapat dilakukan secara langsung, karena bahasa digital yang digunakan oleh sampler tidak dapat langsung dipahami oleh alat yang lainnya. Dengan perkataan lain, dapat disimpulkan bahwa sistem ini masih mempunyai banyak kekurangan, karena beragamnya spesifikasi alat yang diberikan oleh pabrik pembuatnya masing-masing. Keterbasan ini membuat sulitnya alat-alat yang ada untuk dapat berkomunikasi satu sama lain. Data-data sinyal masing-masing instrumen tersebut belum terkondisi dalam format yang sama, sehingga data dari satu instrumen tidak dapat diterjemahkan dengan semestinya oleh instrumen lain, melainkan menghasilkan kesalahan pengolahan (error) yang justru merusak kinerja sistem tersebut.

5.5.5. MIDI Sebagai DAS dan Alternatif Pemecahan

MIDI sebagai DAS

Midi (Musical Instrumen Digital Interface) adalah suatu perangkat interface yang menghubungkan antar musik instrumen dengan data digital. Dengan MIDI, maka instrumen-instrumen musik tersebut dapat saling mengirimkan dan menerima data.

Prinsip kerja MIDI adalah sebagai berikut. Telah dijelaskan di atas bahwa perbedaan spesifikasi pabrik menyebabkan perbedaan format data pada masing-masing instrumen dalam suatu sistem. MIDI yang dipasang pada alat-alat di dalam sistem itu akan mengkondisikan sinyal-sinyal tersebut menjadi format yang sama. Dengan demikian MIDI membuat suatu sistem akuisisi data, sedemikian sehingga data-data yang diberikan oleh masing-masing instrumen dapat ditransfer satu sama lain, dikumpulkan, dan disimpan untuk dimodifikasi dan diolah pada saat diperlukan.

Spesifikasi, komponen dan cara kerja MIDI.

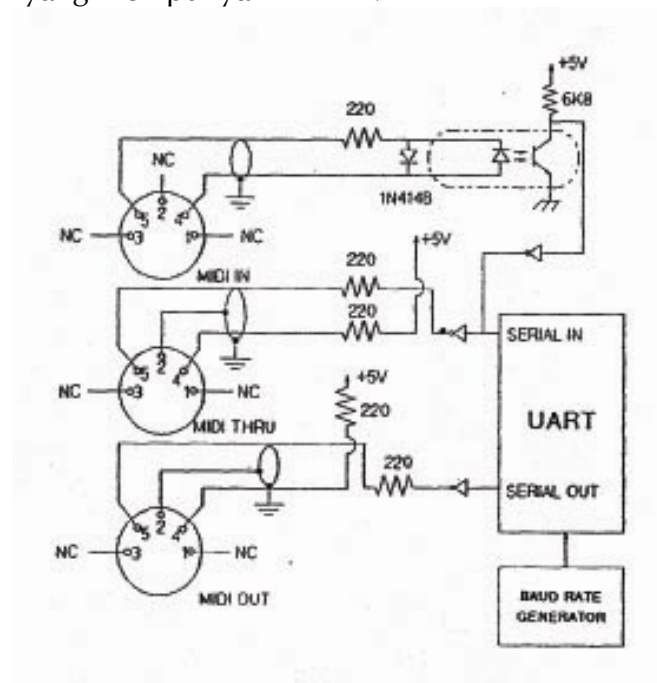
Seperti halnya sistem tanpa MIDI, maka pada sistem dengan MIDI pun terbagi menjadi dua bagian utama. Master sebagai instrumen yang kita mainkan dan slave sebagai instrumen yang kita atur parameternya.

Komponen MIDI

Pada dasarnya MIDI adalah perantara serial (seperti RS-232), yang bekerja dengan kecepatan transmisi 31,25 kbaud secara asinkron dengan metoda open current loop. Untuk melakukan transmisi serial setiap satu informasi MIDI sebanyak 10 bit diperlukan waktu 320 mikrodetik.

Rangkaian MIDI terlihat seperti pada gambar 6.3 Keluaran MIDI berupa port-port type DIN 5 pin yang terdiri atas :

- MIDI IN port, berfungsi untuk menerima informasi MIDI,
- MIDI OUT port, semua informasi dikirimkan melalui port ini,
- MIDI THRU, berfungsi menerima informasi untuk kemudian meneruskannya ke instrument lain yang mempunyai MIDI IN.



Gambar 5.23. Rangkaian implementasi MIDI

Bekerja Dengan MIDI

Agar MIDI dapat bekerja, maka kita hubungkan MIDI OUT dari master ke MIDI IN instrumen slave. Jika kita ingin bekerja dengan dua slave yang dikendalikan oleh satu

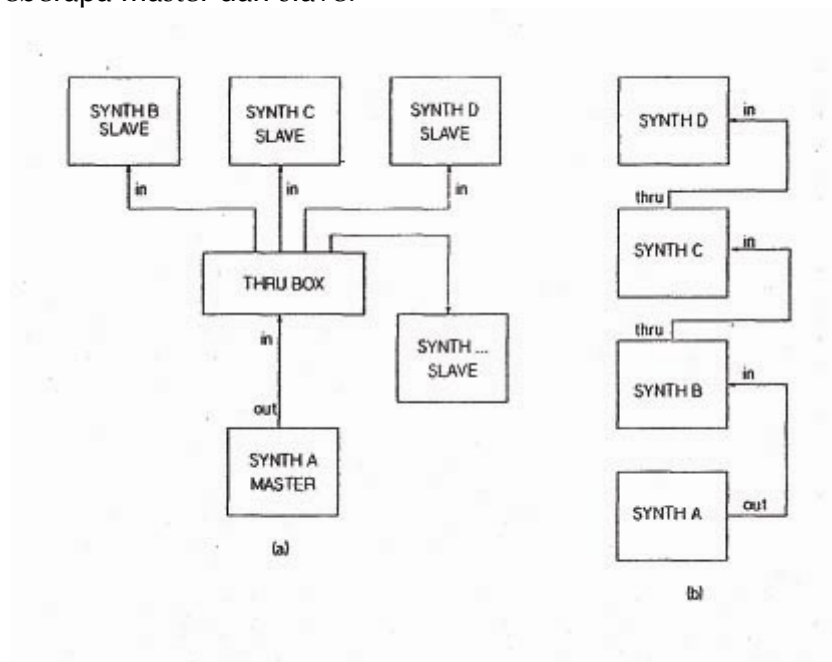
master, maka pada slave pertama dipasang MIDI IN ke MIDI OUT master dan MIDI THRU slave pertama dengan MIDI IN slave kedua.

MIDI memiliki jumlah kanal sebanyak 16 buah yang independen, sehingga kita dapat mengatur beberapa slave dengan satu master secara sekaligus. Jika kita akan memainkan beberapa slave dengan satu master, maka kita dapat buat dengan dua macam konfigurasi sistem :

a. Daisy Chain

Pada konfigurasi ini MIDI OUT master dihubungkan dengan MIDI IN slave 1, untuk slave 2 MIDI IN dihubungkan dengan MIDI THRU slave 1, untuk slave 3 MIDI IN dengan MIDI THRU slave 2, dan seterusnya. Konfigurasi seperti gambar 6.4 Kelemahan sistem ini adalah terjadinya degradasi pada slave yang jauh dari master, sehingga dapat memberikan data yang tidak jelas dan menghasilkan error (kesalahan) bagi slave tersebut.

b. Star Network Sistem ini menggunakan sebuah alat yang disebut MIDI thru Box, yang dari sebuah MIDI IN dibuat beberapa cabang MIDI Thru yang buffer, sehingga sinyal data diperkuat dan lebih jernih (gambar 5.24). Saat ini sudah banyak alat-alat yang berfungsi sebagai MIDI patch bay, yaitu sebuah sistem setup untuk beberapa master dan slave.

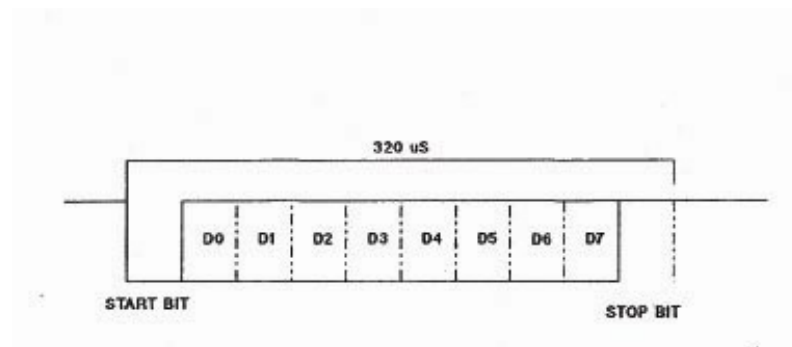


Gambar 5.24.

(a). Konfigurasi Daisy Chain dan (b). Star Network

Format Data MIDI

Telah diketahui bahwa MIDI membuat suatu sistem akuisisi data sehingga diperoleh suatu format data yang standar untuk antar instrumen musik. Berikut akan dijelaskan format data MIDI.



Gambar 5.25. Data MIDI

Suatu data dikirimkan dalam bentuk sinyal digital, yang dalam unit terkecil disebut word. Sebuah word terdiri atas 10 bit: 1 bit pertama menunjukkan start bit, 8 bit berikutnya bit data dan bit terakhir menunjukkan stop bit, dan tidak terdapat parity bit di dalamnya. (Gambar 6.5). Data MIDI terdapat di dalam 8 bit di tengah-tengah word, yang dibedakan atas dua kelompok:

Berita Kanal

Status ini bercirikan bit ke-7 dengan sisbol 1. Pada berita kanal, 4-bit terendah dari status byte merupakan nomor kanal, sehingga jumlah yang tersedia adalah 16 kanal. Berita kanal ini ditujukan bagi slave-slave dalam sistem yang mempunyai nomor kanal yang sama dengan nomor kanal pada status byte. Ada dua macam berita kanal :

a. Berita Channel Voice

Note On/Off

Berita yang paling dasar dari channel voice adalah berita Note On dan Note Off. Berita Note On dikirimkan jika sebuah kunci pada instrumen master ditekan, sedangkan berita note off dikirimkan jika kunci dilepas.

Jika sebuah kunci ditekan maka MIDI akan mengirimkan berita note on yang merupakan tiga byte. Byte pertama adalah status byte yang menunjukkan ada kunci yang ditekan serta informasi pada kanal berapa berita tersebut dikirimkan.

Byte kedua adalah data byte yang menunjukkan nomor kunci yang ditekan. Byte ketiga adalah data byte menunjukkan kecepatan penekanan kunci (seberapa keras/cepat kunci itu ditekan).

Kemudian jika kunci yang ditekan itu dilepas, kembali, maka MIDI akan mengirimkan note off sebanyak tiga byte, yang ekuivalen dengan byte-byte pada note on. Informasi note off juga dapat dinyatakan dengan berita note on yang mempunyai informasi kecepatan 0.

Program Change

Selain Note On dan Off, terdapat juga berita Channel VOice yang sering digunakan MIDI, yaitu Program Change. Sekarang banyak synthesizer MIDI yang mempunyai kepustakaan warna bunyi yang banyak. Jenis warna suara yang dapat dihasilkan disimpan dalam patch (satu alat dapat menyimpan 128 patch di memorinya). Dengan

mengirimkan berita MIDI Program Change, maka dari suatu instrumen slave dapat dipilih warna suara apa yang ingin dihasilkan oleh instrumen slave tersebut.

b. Berita Channel Mode

Selain berita Channel voice, dikenal pula berita channel mode, yang mengenal istilah omni on dan omni off.

Jika suatu instrumen berada dalam omni on, maka slave tersebut dapat menerima informasi dari seluruh kanal tanpa diskriminasi. Selain itu dikenal pula istilah poly dan mono.

Ada empat macam mode penerima MIDI yang ditentukan kombinasi omni serta poly atau mono.

Mode 1 : (Omni On, Poly)

Berita Channel Voice diterima dari seluruh kanal dan dibunyikan secara polifonik.

Mode 2 : (Omni On, Mono)

Berita Channel Voice diterima dari seluruh kanal dan dibunyikan monofonik.

Mode 3: (omni off, POLy)

Berita Channel Voice diterima sesuai dengan kanal penerima, dengan dibunyikan dengan polifonik.

Mode 4: (Omni off, Mono)

Berita Sistem (System Messages)

Berita ini merupakan berita yang dapat dikirim langsung tanpa informasi kanal. Terdiri atas 3 macam :

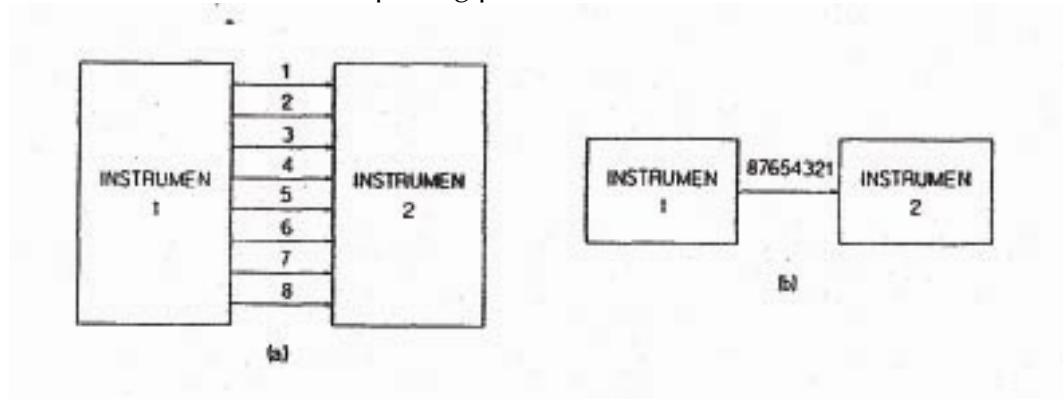
- a. Berita System Common
Ditujukan untuk seluruh slave pada sistem MIDI. Misalnya untuk program Song Select, yang memilih lagu mana yang akan dimainkan.
- b. Berita System Real-Time
Ditujukan untuk semua slave pada MIDI. Hanya mempunyai status byte saja, dan di antara status byte tersebut terdapat berita MIDI Clock yang berguna untuk sinkronisasi (drum machine dan sequencer).
- c. Berita Sistem Exclusive
Ditujukan untuk instrumen-instrumen slave yang sepabrik. Panjang berita bisa sembarang, diawali dengan status byte, dilanjutkan dengan nomor ID (spesifikasi pabrik) dan data-data yang diakhiri dengan end-of-exclusive. Dengan berita ini maka parameter-parameter dari satu instrumen dapat dikirimkan ke yang lainnya,

sehingga antara dua instrumen misalnya dapat saling mempertukarkan warna bunyinya.

Metoda Transmisi MIDI

Metoda yang biasa dipakai untuk mengirim data dari master ke slave adalah:

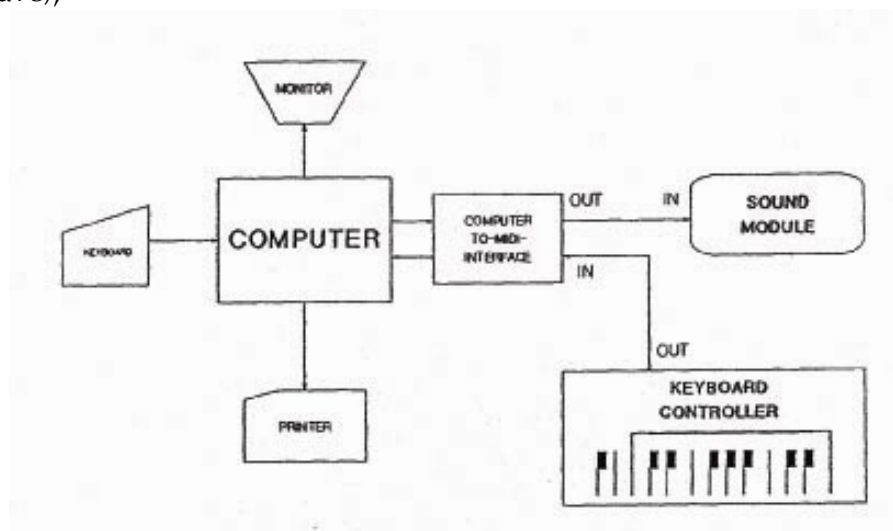
- a. Parallel Transmission (transmisi paralel)
Semua bit dari informasi dikirimkan dalam waktu yang bersamaan. Cara ini cepat, tetapi untuk penggunaannya diperlukan kabel multi konduktor yang cukup mahal.
- b. Serial transmission (transmisi serial)
Setiap bit informasi yang akan disampaikan dikirim satu per satu melalui sebuah kabel konduktor. Cara ini lebih lambat daripada cara pertama, tetapi masih cepat untuk aplikasi MIDI, bahkan kenyataannya, MIDI mentransfer data 50% lebih cepat dalam mentransfer data daripada kecepatan transfer standar dalam industri. Selain itu lebih mudah dipasang pada instrumen musik.



Gambar 5.26. Transmisi serial (a) dan paralel (b)

Perangkat dan Konfigurasi Sistem MIDI

Konfigurasi Sistem MIDI secara umum adalah sebagai berikut. Suatu Instrumen Master yang mengendalikan sistem dihubungkan melalui konektor Interface MIDI ke sound module (slave),



Gambar 5.27. Koverter level Arus ke level Tegangan

yang menggabungkan berbagai track yang ada dalam sistem, untuk akhirnya dikuatkan dan didapat suatu komposisi musik dari sistem tersebut.

Adapun perangkat-perangkat MIDI itu adalah :

MIDI sequencer

Sequencer adalah semacam tape multi-track yang dapat merekam permainan kita dan informasi-informasi lainnya ke dalam memorinya dan kemudian dapat memainkannya kembali. Karena yang direkam adalah data-data MIDI maka sequencer masa kini, karena kecanggihannya kita dapat memanipulasi/mengedit data-data tersebut.

Saat ini terdapat tiga macam sequencer:

- a. Add on sequencer
Alat ini berupa sebuah MIDI interface dan paket program yang dibuat untuk home computer (PC). Karena menggunakan PC, maka aplikasinya dalam dunia musik menjadi sangat luas. Selain sebagai sequencer, dengan software tertentu komputer ini dapat berfungsi sebagai voice editor/librarian untuk synthesizer-synthesizer, sampler, dll. Bahkan sekarang ini kita sudah dapat membuat animasi dengan komputer tersebut untuk kemudian digabung dengan sequencer musik kita.
- b. Built-in sequencer
Dipasang pada instrumen musik. Keuntungannya adalah kita tidak perlu membawa banyak alat tambahan seperti komputer, monitor, disk drive, dll. Sedangkan kekurangannya sequencer ini kurang fleksibel karena keterbatasannya dalam fungsi sebagai sequencer.
- c. Stand alone Sequencer
Alat yang fungsinya khusus sebagai sequencer. Keuntungannya semua tombol-tombol yang digunakan sudah tercetak misalnya tombol record, playback, dll. Sedangkan pada PC-PC tombol fungsinya tidak mudah langsung dapat dipahami. Kekurangannya adalah sifat keunikan fungsinya, yang tidak dapat digunakan untuk software yang lain.

Drum-Machine

Sebuah alat untuk membuat ritme-ritme drum dan perkusi. Pada alat ini terdapat librarian suara-suara drum bervariasi dari suara drum akustik, drum elektronik sampai berbagai macam perkusi.

Signal Processor

Umumnya alat ini berupa reverb (simulasi efek ruang) delay echo atau efek-efek lain seperti pitch change, chorus dll. Kadang-kadang saat ini kita sedang memainkan suatu alat atau sedang rekaman, kita harus mengubah reverb atau delay setting, ataupun setting lainnya. Dengan adanya MIDI pada alat-alat ini, kita hanya cukup merekam setting kita ke dalam memori alat-alat tersebut, dan kemudian dengan menggunakan sequencer kita untuk mengubah setting prosesor kita pada saat yang diinginkan.

MIDI Accesories

Berbagai macam asesori MIDI tersedia saat ini, mulai dari mixer MIDI sampai ke lighting untuk show. Juga ada interface untuk menghubungkan drum akustik ke drum machine, vocal processor, gitar interface dan banyak lagi.

MIDI Controller

Alat pengontrol MIDI yang paling umum adalah keyboard, tetapi sekarang mulai dikembangkan controller yang tidak hanya keyboard, tetapi dengan alat gitar, biola, saxophone dll.

5.5.6. Komputer Pribadi sebagai Suplemen MIDI

MIDI memungkinkan penggunaan komputer untuk musik. Setiap komputer menggunakan perangkat lunak atau software yang berisi data-data atau instruksi untuk komputer agar berfungsi, serta melakukan apa yang diinstruksikan. Diantara software-software komputer ini ada yang diprogram untuk mengintruksikan komputer agar berfungsi sebagai sequencer, voice editor atau sumber bunyi (sound library). Sehingga dengan komputer dapat dilakukan rekaman data-data permainan, mengubah bunyi synthesizer (editing), menyimpan data-data dalam diskette atau menulis notasi musik (scoring) dan dengan printer komputer mencetaknya menjadi buku.

Manfaat penggunaan komputer dalam musik diantaranya adalah :

1. Komputer biasanya memiliki memory yang besar, karena memory komputer dapat diperbesar dengan 'Hard Disk'.
2. Dengan adanya monitor komputer (layar) maka segala proses pengoperasian dapat dilakukan dengan mudah, karena segala proses dapat dilihat, sehingga dengan software yang tersedia, bunyi musik (audio) dapat dianalisa secara visual.
3. Komputer dapat bekerja dengan lebih cepat.

5.5.7. Peranan MIDI dalam memperbaiki kinerja sistem

Dari penjelasan di atas mengenai cara kerja MIDI, dapat ditunjukkan bahwa MIDI memperbaiki kinerja suatu sistem instrumen musik. Dengan MIDI segala keterbatasan akibat tidak samanya format data tiap instrumen dapat diatasi. Dengan format data yang sama maka tiap instrumen dapat mengirim dan menerima data ke instrumen lainnya, untuk kemudian diproses tanpa mengalami kesalahan (error), karena data yang dikirimkan langsung dapat diakses oleh instrumen lainnya.

Kemudahan ini membawa dampak terhadap pengontrolan kerja sistem. Dengan MIDI maka dimungkinkan untuk mengatur banyak instrumen slave oleh hanya satu instrumen master saja. Hal ini jelas meningkatkan efisiensi, karena dengan sistem ber-MIDI mampu disajikan suatu komposisi musik untuk orkes 100 orang hanya oleh satu orang saja.

Dengan format data yang sama, maka data bunyi yang dihasilkan oleh satu synthesizer dapat disimpan parameter-parameter bunyinya dalam sound-library, sehingga data bunyi yang sangat bervariasi ini akan dapat digunakan langsung saat diperlukan. Bunyi yang dicuplik oleh sampler juga dapat disimpan dengan baik sedemikian sehingga selain menggunakan suara-suara alamiah (alat musik akustik), juga dari sistem ber-MIDI ini dapat dihasilkan suara-suara yang sama sekali baru.

Dengan dapatnya disimpan data musik oleh sistem MIDI, maka data yang disimpan ini dapat dimodifikasi/diedit parameter-parameter bunyinya (warna suara, speed, dinamika, vibrato, delay, echo dll). sehingga keluaran yang diinginkan dapat diatur sesuka hati. Kita ketahui bahwa manusia dalam memainkan alat musik terkadang membuat suatu kesalahan yang dapat mengurangi keindahan musik. Dengan sistem ini kesalahan seperti ini dapat diperbaiki pada saat editing sehingga dapat dihasilkan suatu sajian komposisi yang sesempurna mungkin.

Sistem MIDI yang terdiri dari beberapa alat dapat disederhanakan menjadi konfigurasi alat-alat pokok saja. Hal ini sangat meningkatkan efisiensi di dunia rekaman misalnya. Dengan sistem ini kita dapat mengisi masing-masing suara secara terpisah untuk setiap track oleh satu orang, mengeditnya dan akhirnya dicampur dalam satu mixer sehingga didapat suatu rekaman yang dimainkan oleh satu orang saja. Ini akan menghasilkan sistem yang disebut 'work-Station' sangat membantu menghemat biaya, karena dengan cara ini kita tidak perlu membayar pemain gitar, drum piano, bass dan lain-lain.

Memungkinkan komputer digunakan dalam sistem ini membuat revolusi bagi dunia musik. Orang kini dapat menggunakan software khusus untuk mengedit atau membantu membuat sebuah komposisi musik. Besarnya kapasitas memori komputer dapat dimanfaatkan untuk menyimpan data MIDI dalam jumlah yang besar. Juga komputer dapat digunakan untuk memperbaiki penulisan not musik (reportoar) langsung dari komposisi yang dimainkan.

Semua kemudahan yang didapat dari sistem akuisisi data dengan MIDI ini pada akhirnya akan membuka cakrawala baru bagi pemusik dalam membuat dan menyajikan komposisi lagu, dan memberikan tantangan bagi pemusik dan engineer untuk mencari terobosan-terobosan dalam dunia musik.

RANGKUMAN

1. Penggunaan DAS sudah masuk di hampir seluruh bidang seperti kedokteran, industri, pengendalian bahkan dunia seni (musik).
2. Saat ini sulit untuk memisahkan DAS dari suatu proses, karena tuntutan terhadap performansi semakin tinggi.
3. Peran atau fungsi DAS dalam suatu sistem proses adalah:
 - a. Mengumpulkan data
DAS mampu melakukan pengumpulan data:
 - secara cepat
 - secara terus menerus (on line)
 - dalam jangka waktu yang panjang
 - secara satu demi satu atau bersamaan
 - untuk jumlah yang sangat banyak.
 - dari besaran fisis sangat lemah hingga sangat kuat
 - jauh jaraknya sekalipun
 - b. Mengkondisikan sinyal
DAS mampu memproses sinyal-sinyal dari berbagai jenis, media dan format ini menjadi :
 - sama formatnya
 - sama medianya
 - c. Mengolah Data
Karena data-data (berupa sinyal-sinyal) telah sama format dan medianya, maka :
 - cepat pengolahannya
 - mudah dipindahkan
 - mudah ditampilkan
 - mudah diubah ke bentuk lain
 - mudah disimpan
 - d. Menyimpan dan Merekam Data
DAS juga mampu menyimpan data untuk suatu saat digunakan lagi atau sekedar merekam untuk dokumentasi. Telah terdapat banyak media atau alat untuk ini, seperti :
 - printer
 - plotter
 - XYrecoder
 - pita magnetik
 - punch card
 - diskette / floppy disk
 - hard disk
 - dan lain-lain
 - e. Mendisplay
DAS mampu pula mendisplaykan hasil pengolahan data. Media untuk display, seperti :
 - Monitor
 - Kertas Grafik
 - Osiloskop
 - Print out

- Speaker (untuk bunyi)

4. Dengan peran atau fungsi DAS seperti di atas, suatu sistem proses yang padanya diterapkan DAS maka akan dicapai perbaikan informasi sebagai berikut:
 - a. Proses lebih cepat, efisien dan efektif
 - b. Sistem proses dapat dikendalikan secara baik
 - c. Sistem proses bekerja secara lebih tepat dan teliti
 - d. Sistem proses mampu bekerja dalam waktu yang lama
 - e. Sistem proses mampu bekerja secara terus menerus
 - f. Sistem proses mampu melayani jaringan beban.
 - g. Ketidaksempurnaan sistem akibat kesalahan manusia (sistem dengan DAS tidak bisa lepas sama sekali dari manusia) dapat ditekan mendekati sempurna.
 - h. Sistem proses memiliki sifat terbuka terhadap inovasi baru.

BAB 6

AKUISISI DATA AKURASI TINGGI: Timbangan elektronik dengan Load Cell

6.1. Pendahuluan

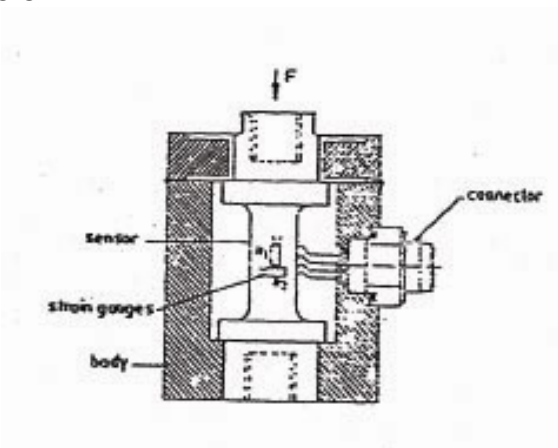
Pada bab ini akan dijelaskan dengan rinci, suatu sistem akuisisi data yang mempunyai akurasi tinggi. Sistem ini adalah sebuah timbangan elektronik yang dilengkapi dengan load cell sebagai sensornya beserta unit mikro komputer untuk pemrosesnya.

6.2. Load Cell

Yang dimaksud dengan "LOAD CELL" adalah sebuah sensor elektromekanik yang berfungsi untuk mengukur besarnya gaya statik maupun dinamik yang bekerja padanya. Load Cell terdiri dari suatu bahan elastik yang akan mengalami deformasi sesuai dengan gaya yang diterimanya, besarnya deformasi ini sebanding dengan besarnya gaya.

Untuk mengukur besarnya defleksi deformasi bahan tersebut, salah satu cara yang populer adalah menggunakan "strain gauge" yang akan dibahas agak lebih banyak di bagian lain tulisan ini. Beberapa jenis load cell dapat diutarakan di sini :

6.2.1. Load cell Tipe Kolom



Gambar 6.1. Load Cell tipe kolom

Strain gauge e_1 dan e_3 dipasang berlawanan arah dan mengukur strain axial.

Strain gauge e_2 dan e_4 dipasang berhadapan dan mengukur strain sirkumferensial.

Nilai masing-masing strain dapat diuraikan sbb.:

$$e_1 = e_3 = t/E = F/AE$$
$$e_{PV2PV} = e_4 = -\nu F/AE$$

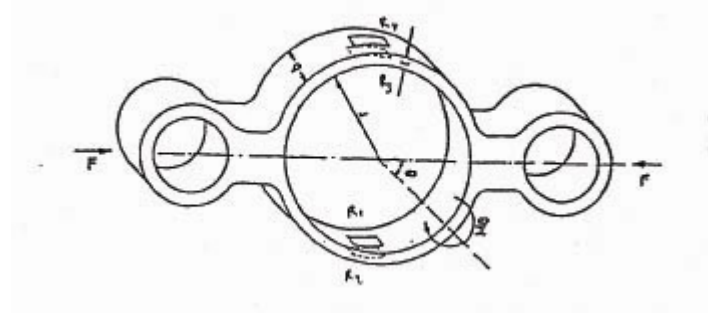
dimana : e_1 s/d e_4 = strain yang dialami strain gauge

t = stress yang timbul di kolom
 F = gaya axial
 A = luas penampang
 E = modulus elastisitas
 ν = rasio Poisson

Salah satu penyebab error pada load cell tipe ini adalah adanya gaya bengkok (bending) dan gaya puntir terhadap kolom, dengan demikian untuk menguranginya, kolom harus diletakkan pada suatu struktur yang kokoh.

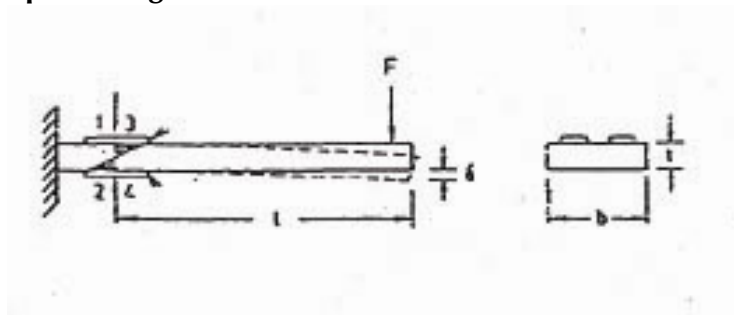
6.2.2. Load Cell Tipe Ring

Tipe ini cocok untuk pengukuran gaya dengan jangkauan yang relatif kecil.



Gambar 6.2. Load Cell tipe ring

6.2.3. Load Cell Tipe Batang



Gambar 6.3. Load Cell tipe batang

Tipe ini banyak dipakai, umumnya untuk beban sampai 10 kg. Momen tekuk (bending) yang terjadi pada batang akibat adanya gaya mengakibatkan terjadinya stress di dekat tambatan batang tersebut.

Dengan peletakan strain gauge seperti di atas, maka R_1 dan R_3 akan mendapat strain tarik sedangkan R_2 dan R_4 mendapat tekanan.

Strain e atau defleksi d sebagai fungsi F dapat dinyatakan sebagai :

$$e = 6F1/Ebt^2 \quad 1 = \text{panjang efektif batang}$$

b = lebar batang

$$d = 4Fe^3/Ebt^3$$

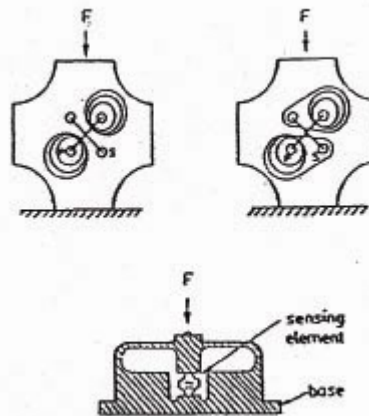
t = tebal batang

6.2.4. Pressductor

Pressductor bekerja berdasarkan kepada transduser magneto-elastik, yaitu suatu transduser yang terbuat dari suatu bahan magnetik yang permeabilitas magnetiknya dapat berubah jika mendapat tekanan/gaya.

Alat ini terdiri dari beberapa lapis lembaran bahan magnetik khusus yang disusun dan diikat menjadi satu bentuk yang masif. Dua buah lilitan primer dan sekunder dipasang tegak lurus satu sama lain dan membentuk sudut 45° terhadap arah gaya.

Jika arus AC dilewatkan pada lilitan primer dan tidak ada gaya yang bekerja, maka tidak ada flux yang mengimbas ke lilitan sekunder, seperti pada gambar (a). Pada saat diberikan gaya, permeabilitas magnetik bahan yang searah dengan gaya akan berkurang, akibatnya medan magnet dalam transduser juga berubah sehingga ada flux yang masuk ke lilitan sekunder, banyaknya flux ini sebanding dengan besarnya gaya sehingga tegangan di lilitan sekunder mewakili besarnya gaya.



Gambar 6.4. Pressductor

Kelebihan transduser tipe ini diantaranya adalah :
tidak ada bagian yang bergerak, efek beban dari sisi kecil, dan linieritasnya baik.

6.2.5. Efek Perubahan Suhu

Suhu lingkungan adalah hal yang penting dalam hal ini, karena perubahan temperatur akan mengganggu hasil pengukuran instrumen yang menggunakan material elastik.

Perubahan temperatur dapat mengubah modulus Young dan dimensi transduser itu sendiri. Kontribusi error akibat perubahan modulus Young adalah yang lebih dominan.

Dengan demikian load cell umumnya mempunyai perangkat kompensasi suhu.

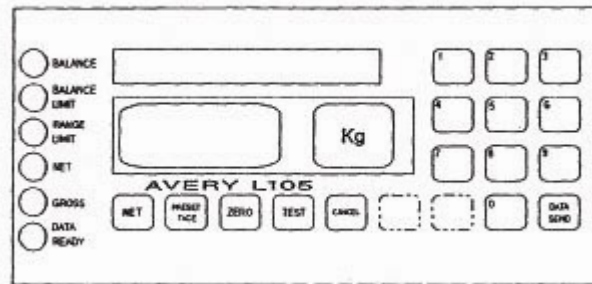
6.3. Avery L-105

AVERY L-105 adalah sebuah timbangan elektronik yang terdiri dari sebuah load cell dan satu unit mikrokomputer untuk peraga dengan teknologi akuisisi data yang mempunyai akurasi tinggi, dan mempunyai memory yang tidak hilang (non volatile) meskipun sumber daya diputuskan.

Instrumen ini juga mampu melakukan komunikasi data melalui port serial RS-232, mengenai kemampuan lainnya dapat dilihat pada fasilitas seting mode di bagian lain tulisan ini.

6.3.1. Panel Muka

Tampak muka AVERY L-105 terdiri dari display numerik, tombol-tombol membran, dan LED indikator seperti yang tampak



Gambar 6.5. Panel Muka Avery L-105

Masing-masing LED dan tombol yang ada akan dijelaskan fungsinya berikut ini :

LED Indikator

Balance:	Menyala jika display berat = nol
Balance Limit:	Menyala jika load cell diseimbangkan pada $\pm 2\%$ dari kapasitas maksimumnya.
Range Limit	Menyala jika beban melebihi kapsitas maksimum.
NET:	Menyala jika display menyatakan harga netto
Gross:	Menyala jika display menyatakan berat bruto (berat aktual pada sistem load cell).
Data ready :	Menyala jika alat ini siap mengirimkan data melalui output serial, sehingga pada mode transmisi kontinu, LED ini padam

Tombol-Tombol

Net:	Untuk menset nol pada display, sehingga display akan mengeluarkan harga berat setelah dikurangi berat pada saat tombol net akan ditekan.
Preset tare:	Untuk memasukkan angka pengurang (oleh pemakai) terhadap berat yang akan didisplaykan.
Zero:	Untuk menyeimbangkan timbangan, jika tombol ini ditekan, maka display menunjukkan nol dan LED balance menyala; hanya berlaku dalam mode gross.
Tes :	Jika tombol ini ditekan, maka semua segmen display akan dicoba dinyalakan selama dua detik,
Cancel:	Untuk membatalkan preset (tombol Preset tare) yang dimasukkan.
Data send:	Untuk mengirimkan data lewat serial port jika LED Data ready sedang menyala.

Dalam keadaan normal, begitu sumber daya dihubungkan pada alat, maka alat ini akan segera melakukan kalibrasi, dan kemudian mengeluarkan data berat; semua tombol berfungsi normal atau menurut seting yang dilakukan sebelumnya.

Untuk melakukan seting, kita harus masuk ke seting mode terlebih dahulu, di dalam mode seting ini fungsi tombol TEST, NET, CANCEL, dan ZERO berubah, adapun caranya adalah sebagai berikut :

1. Tekan tombol TEST
2. Pada saat semua segmen display menyala, tekanlah tombol numerik "0" dan "I" secara BERSAMAAN, maka akan muncul huruf S.
3. Huruf S menyatakan bahwa kita hanya dapat melihat seting yang sudah ada dan tidak dapat melakukan perubahan.
Untuk masuk ke mode enter yang memungkinkan kita melakukan perubahan seting, tekanlah tombol "TEST" maka akan muncul huruf
4. Untuk masuk ke mode-mode berikutnya tekan tombol "ZERO" beberapa kali. Angka di sebelah kiri menyatakan mode, dan sebelah kanan menyatakan setingnya.
5. Tombol "CANCEL" berguna untuk menghapus digit terakhir nomor seting (hanya pada mode E).

6.3.2. Mode Seting

Nomor mode dan seting yang dapat dilakukan dapat diuraikan pada daftar berikut ini :

MODE 1 : Satuan Berat

0 = KG

1 = Lb

2 = Tonne (ton)

MODE 2 : Interval Skala

0 = interval satu

1 = interval dua

2 = interval lima

3 = interval sepuluh (angka nol tetap)

4 = interval duapuluh (angka nol tetap)

5 = interval limapuluh (angka nol tetap)

MODE 3 : Kapasitas Mesin

Angka yang dapat dimasukkan berkisar antara 1 sampai 10000 yang menyatakan banyaknya pertambahan ("increment") antara keadaan tanpa beban dan beban penuh.

Contoh:

Suatu sistem menimbang 15 kg dengan resolusi 5 gr memerlukan resolusi sebesar 15 kg dibagi 5 gr atau 3000 "increment".

Untuk option komunikasi dengan current loop 4 sampai 20 mA, kapasitasnya harus lebih besar dari 32.

MODE 4 : Posisi Koma

- 0 = tanpa koma
- 1 = .888888
- 2 = 8.88888
- 3 = 88.8888
- 4 = 888.888
- 5 = 8888.88
- 6 = 88888.8

MODE 5 : Pilihan Unit Interface Current Loop

Jika instrumen dilengkapi dengan interface 4 sampai 20 mA, maka output dapat berguna netto atau bruto seperti yang diatur dengan :

- 0 = output bruto (GROSS) dengan reaksi error 1
- 1 = output netto (NET) dengan reaksi error 1
- 2 = output bruto (GROSS) dengan reaksi error 2
- 3 = output netto (NET) dengan reaksi error 2

Reaksi error 1: Jika instrumen berada di bawah jangkauan, maka arus output akan menjadi 4 mA, dan jika instrumen berada di atas jangkauan (range) maka output menjadi 20 mA.

Reaksi error 2: Jika instrumen berada di luar range atau terjadi error akibat melewati batas kemampuan timbang, maka rus output menjadi antara 1.5 mA sampai 3 mA untuk menyatakan adanya error tersebut.

MODE 6 : Nomor Identitas Alat

Nomor yang bisa dimasukkan adalah antara 0 sampai 14. Nomor ini dapat dikeluarkan melalui saluran serial (dengan nomor token 144 - lihat MODE 98 - dan dikeluarkan berupa karakter ASCII).

MODE 7 : Konfigurasi Instrumen

- 0 = Histeresis disable dan zero tracking disable
- 1 = Histeresis disable dan zero tracking enable
- 2 = Histeresis enable dan zero tracking disable
- 3 = Histeresis enable dan zero tracking enable

Jika ada unit bleeper terhubung, bleeper dapat dimatikan dengan menambahkan 4 terhadap angka di atas.

Jika instrumen dipasang di lingkungan dengan jala-jala listrik yang banyak noise, maka detektor lemahnya baterai supaya dimatikan dengan menambahkan 8 terhadap angka di atas.

MODE 8 : Indikator Batas Setimbang

Mode ini menentukan reaksi alat jika tombol "BALANCE" ditekan, sementara timbangan tidak dapat setimbang.

- 0 = Layar peraga kosong, lampu "BALANCE LIMIT" menyala sampai tombol "BALANCE" ditekan dan timbangan dapat seimbang.
- 1 = Tombol "BALANCE" menjadi tidak efektif jika-keluar batas jangkauan (range)

MODE9 : Konfigurasi Penimbangan

- 1 = Perhitungan (penimbangan) dibatalkan jika berat bruto (GROSS) kembali ke nol.
- 2 = Penggunaan beberapa tingkat perhitungan (penimbangan)
- 4 = Membuat perhitungan yang sudah diset menjadi berlaku (enable).
- 8 = Mengingat penimbangan yang sudah diset sebelum saat dimatikan (ingat pada saat alat baru dinyalakan, penunjukkan selalu dalam GROSS).
- 16 = Membuat LED Balance menyala baik pada saat penunjukkan nol neto ataupun gross (bruto).

Pemilihan konfigurasi dapat lebih dari satu, yaitu dengan menjumlahkan angka-angka di atas.

3.2.10. MODE AO : Konfigurasi Interface Serial

- 0 = Serial interface dengan current loop 20 mA
- 1 = disediakan untuk masa datang (jangan dipakai)

MODE A1 : Cara Berkomunikasi

- 0 = Komunikasi dua arah menggunakan data ASCII 7-bit
- 1 = Transmisi data secara kontinu
- 2 = Start dengan menggunakan perangkat keras dari luar
- 3 = Start dengan menekan tombol "DATASEND"

MODE A2 : Baud Rate

- 0 = 150 baud
- 1 = 300 baud
- 2 = 600 baud
- 3 = 1200 baud
- 4 = 2400 baud
- 5 = 4800 baud

MODE A3 : Data dan Parity

- 0 = 7 bit data, parity genap (even)
- 1 = 7 bit data, parity ganjil (odd)
- 2 = 7 bit data, tanpa parity
- 3 = sama dengan 2
- 4 = 8 bit data parity genap (even)
- 5 = 8 bit data, parity ganjil (odd)
- 6 = 8 bit data, tanpa

MODE A4 : Cadangan

MODE A5 : Steady Time

Dalam hubungannya dengan komunikasi serial

0 atau 1 = tanpa waktu steady

2 sampai 99 = menyatakan banyaknya pembacaan yang identik untuk menyatakan hasil penimbangan sudah steady.
Misal : jika diisi angka 3, maka data penimbangan baru dikirim ke serial port jika setelah dilakukan 3 kali penimbangan (proses internal) diperoleh hasil yang tetap.

MODE A6 : Lain-lain

Mode ini mengatur beberapa batasan dalam mencetak (printing).

1. Kembali nol sebelum mengirim string data lainnya
2. Memungkinkan mencetak berat NET
3. Mencegah (inhibit) pencetakan berat yang kecil

MODE A7 : Susunan String Susunan string yang dikirimkan lewat serial port

2 = 1STX

2
3
4
5
6
7
8 } data 7 digit termasuk koma
9 CR
10 RTX

3 = sama dengan di atas tapi tanpa BBC

4 = 1STX

2
3
4
5
6
7
8 } → Data 7 digit termasuk koma
9 SP
10
11
12 } → "Tone" atau "Kg"
13
14
15 SP
16 N atau G
17 SP
18 CR
19 LF
20 ETX
21 BCC

5 = sama dengan di atas tapi tanpa BCC

```

6 = 1 STX
2  }
3  }
4  } → Data 7 digit termasuk koma
5  }
6  }
7  }
8  }
9 SP
10 }
11 }
12 } → "Tone" atau "Kg"
13 }
14 }
15 SP
16 N atau G
17 SP
18 }
19 }
20 } → bilangan "consecutive"
21 }
22 }
23 }
24 SP
25 Identitas (lihat mode 6)
26 CR
27 LF
28 ELX
29 BCC

```

7 = sama dengan di atas tapi tanpa BCC

98 dan 99 : Membuat susunan string sendiri

Untuk melihat atau merubah susunan string, tekan tombol "DATA SEND" dengan ini kita masuk ke dalam editor string.

Angka di sebelah kiri layar menyatakan posisi karakter, sedangkan di sebelah kanan adalah karakter atau token yang hendak dikeluarkan lewat serial port.

Pilih angka 98 jika diinginkan disisipkan BCC di akhir string, dan 99 jika tidak.

Untuk pindah dari satu posisi karakter ke posisi lain digunakan tombol "ZERO". Jika sudah selesai, tekan tombol "DATA SEND". Untuk kembali ke awal MODE A7 tekan tombol "TEST".

Misalnya hendak menset string seperti pada konfigurasi nomor 2 (MODE A7), dilakukan:

posisi 00 = 2 (= 'STX' - ASCII)

posisi 01 = 135 (= token 7 digit gross)
posisi 02 = 13 (= "CR" - ASCII)
posisi 03 = 3 (= 'ETX' - ASCII)
tekan "DATA SEND" untuk mengakhiri.

Panjang string maksimum adalah 98 karakter ASCII atau token.

MODE B : Filter Digital

Mode ini untuk memilih karakteristik filter digital

0 = disable filter
1 s/d 8 = parameter filter
(8 = filter paling lambat)
Umumnya cukup digunakan nomor 1

MODE C : Kalibrasi Mesin

Mode ini hanya bisa dicapai lewat mode ENTER

Ada dua alternatif urutan pengkalibrasian, pertama adalah untuk kalibrasi mesin yang lengkap (misalnya kalibrasi nol dan jangkauan [range]), sedangkan yang kedua adalah pengkalibrasian nol saja, dan ini berguna untuk mengatasi ausnya bantalan (bearing) load cell.

Metoda pertama : kalibrasi lengkap

Sebelumnya harus diyakinkan seting pada mode 2 dan mode 3. Pada layar sebelah kiri tertera step-step kalibrasi, untuk memulainya tekan tombol DATA SEND.

Step 1:

Load cell dalam kondisi tanpa beban, tombol ZERO ditekan sehingga mesin mulai dikalibrasi, setelah kira-kira lima detik lalu masuk kepada urutan step kedua.

Step 2:

Load cell diberi beban yang diketahui besarnya, sebaiknya sebesar 10% dari kapasitas mesin, kemudian tombol TEST ditekan dan diikuti munculnya angka yang menyatakan kapasitas maksimum dan sebuah tanda "?", lalu masukkan angka yang menunjukkan berat beban test tadi lewat tombol numerik.

Setelah benar semua tekan tombol ZERO, dan mesin akan kembali ke awal mode C

Metoda kedua, kalibrasi nol saja:

Urutannya sama dengan metoda pertama sampai step satu, tetapi setelah yakin load cell tidak dibebani, tombol yang harus ditekan adalah NET, maka setelah kira-kira 15 detik, kalibrasi akan selesai dan kembali ke awal mode C

MODE P: Proteksi Kalibrasi

Perhatian: Angka yang dimasukkan ke mode ini TIDAK DAPAT DIRUBAH LAGI !!.

Angka yang dimasukkan menyatakan level proteksi,

- 1 = Diperbolehkan memasukkan semua mode seting
- 2 = Tidak dapat menulis semua parameter seting, tapi masih dapat memasukkan parameter pemeriksaan
- 4 = Tidak dapat menulis parameter yang langsung mempengaruhi display, misalnya : kita masih dapat merubah parameter komunikasi serial.

Sekali kita memasukkan level proteksi yang lebih tinggi, misalnya 1, maka angka ini tidak bisa dirubah menjadi 4, untuk hal sebaiknya masih dapat.

Beberapa fungsi ekstra :

Fungsi khusus ini dapat dicapai pada saat muncul "S" atau "E" yang berkedip (awal seting mode).

NOMOR EPROM: Tekan dan tahan tombol "0" 6 angka pertama menunjukkan nomor eprom dan pada saat tombol "0" dilepas, muncul nomor "mod" dari eprom tersebut, menekan sembarang tombol akan mengembalikan keadaan ke awal.

TES BERAT : Tekan tombol "1". Pada mode ini bilangan seperti delapan (1/8) muncul di kiri dan hanya satu digit.

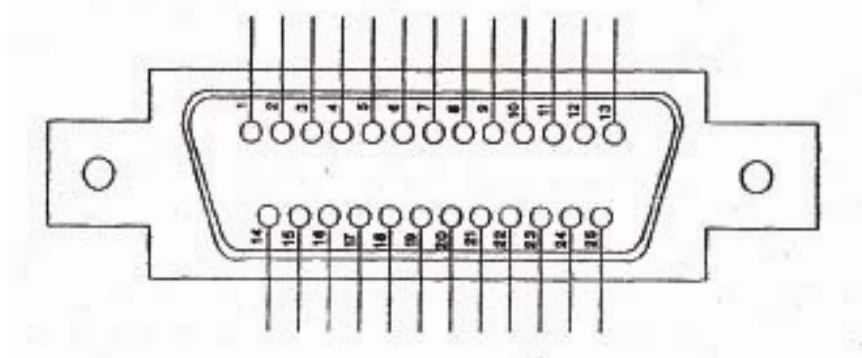
POWER UP: Dengan menekan tombol "2" maka akan muncul angka yang menunjukkan berapa kali alat ini sudah dinyalakan atau diset.

6.3.3. Komunikasi

Instrumen L-105 dapat melakukan komunikasi satu arah dengan instrumen lain melalui port serial current loop 20 mA.

Karena port RS-232 pada PC umumnya adalah voltage level, dan L-105 ini hendak dihubungkan padanya, maka perlu ada suatu konverter current level ke voltage level.

L-105 menyediakan port komunikasi berupa konektor D-25 dengan deskripsi pin sbb.:



Gambar 6.6. Konektor Komunikasi L-105

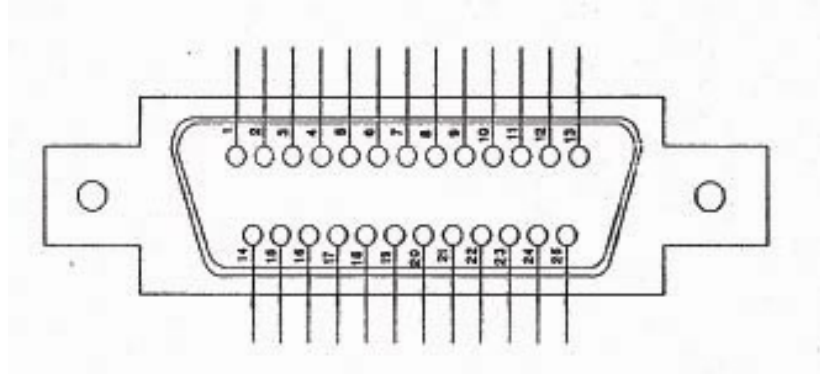
pin 3 = + Tx
pin 4 = - Tx
pin 5 = + Rx
pin 6 = - Rx

Logika "1" dinyatakan dengan arus sebesar 20 mA dan logika "0" dinyatakan dengan tidak adanya arus yang mengalir.

+ Tx -----> + Rx
 "1" = 20 mA
 "0" = 0 mA
- Tx <----- - RX

RS-232

RS-232 adalah suatu port komunikasi serial asinkron yang standard. Fisiknya berupa konektor DB -25P dengan rincian nama pin-pinnya sebagai berikut:



Gambar 6.7. Konektor D-25 Pada RS-232

No pin	Nama Umum	Nama RS-232	Keterangan	in/out
1.		AA	Protective ground	-
2.	TXD	BA	Transmitted data	In
3.	RXD	BB	Received data	Out
4.	RTS	CA	Request to send	In
5.	CTS	CB	Clear to send	Out
6.	DSR	CC	Cata set ready	Out
7.	GND	AB	Signal ground	-
8.	CD	CF	Receive line signal detect	Out
9.		--	Reserved	-
10.		--	Reserved	-
11.			Unassigned	-
12.		SCF	Sec. rec'd line sig. detect	Out
13.		SCB	Sec. clear to send	Out
14.		SBA	Sec. transmitted data	In
15.		DB	Trans. sig. element timing	Out
16.		SBB	Sec. received data	Out
17.		DD	Received sig. element tim.	Out
18.			Unassigned	-
19.		SCA	Sec. request to send	In
20.	DTR	CD	Data terminal ready	In
21.		CG	Signal quality detector	Out
22.		CE	Ring indicator	Out
23.		CH/CI	Data signal rate selector	In/out
24.		DA	Transmt sig. element timing	In
25.			Unassigned	-

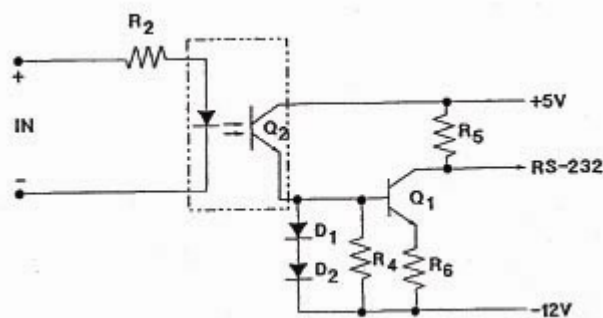
Tabel 6.1.

Logika pada port RS-232 dinyatakan dalam level tegangan.

+ 15 V	invalid level
+ 3V	logika "1"
0V	
- 3V	
- 15V	logika "0"
	invalid level

Konverter Current to voltage level

Rangkaian konverter adalah seperti di bawah ini



Gambar 6.8. Rangkaian Konverter Level Arus ke Level Tegangan

$R_2 = 220 \, \Omega$
 $R_4 = R_5 = 1k\Omega$
 $R_6 = 68 \, \Omega$
 $D_1 = D_2 = \text{IN4148}$
 $Q_1 = \text{BC 557B}$
 $Q_2 = 4N 25$

Selain hubungan rangkaian di atas dengan RS-232, pada port serial tersebut perlu dibuat hubungan tertentu agar tidak muncul pesan "Device Timeout", yaitu hubungan :

1. pin 4 (RTS) dengan pin 5 (CTS)
2. pin 6 (DSR) dengan pin 8 (CD) dan dengan pin 20 (DTR)

6.4. Rangkaian Pembantu

6.4.1. Address Decoder

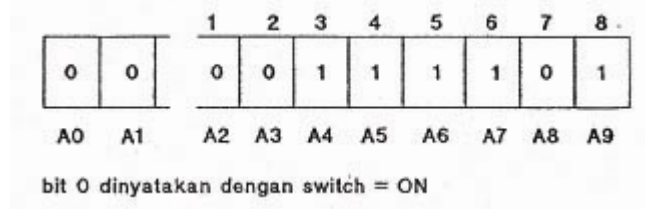
Untuk dapat mengaktifkan katup lewat IBM-PC diperlukan rangkaian address decoder.

IBM-PC mempunyai dua interpretasi alamat (address) yaitu alamat untuk memori yaitu sebesar 20 bit dan alamat untuk peralatan input/output (I/O) sebesar 10 bit. Sebagian dari alamat I/O tersebut digunakan oleh IBM-PC sendiri dan bagi pemakai disediakan beberapa alamat diantaranya adalah :

220h sampai 24Fh
 278h sampai 27Fh
 2FOh sampai 27Fh
 3COh sampai 3CFh

3E0h sampai 3E7h

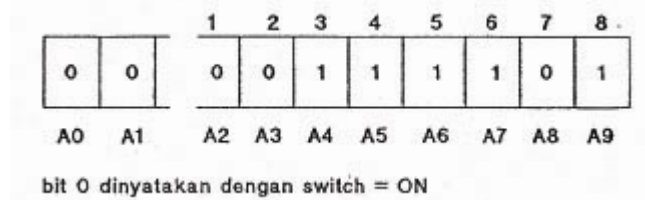
Untuk memudahkan perancangan dan penggunaan, alamat untuk katup dibuat variabel tapi terbatas, maksudnya dari 10 bit alamat I/O hanya 8 bit yang variabel, yaitu dapat dipilih dengan mengatur konfigurasi DIP switch, sedangkan 2 bit lagi dibuat tetap, yaitu dua bit rendah (LSB) dibuat selalu sama dengan "0".



X = bisa diset

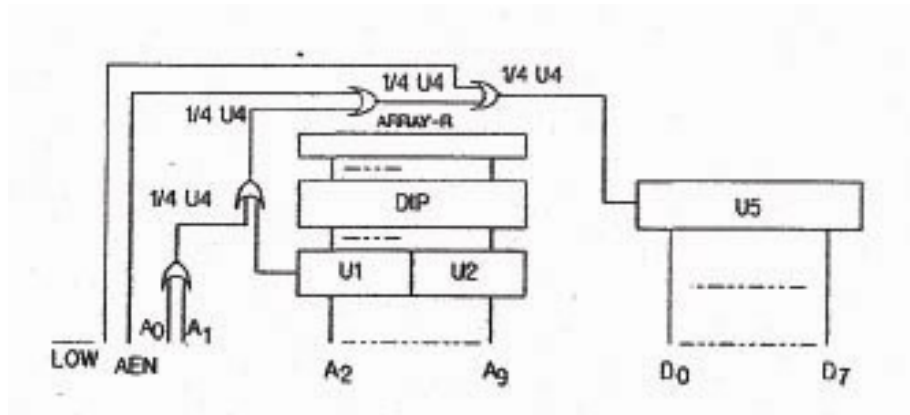
Gambar 6.9.DIP Switch Untuk Alamat

Sebagai contoh untuk mendapatkan alamat 2F0h maka susunannya:



Alamat tersebut diatas tidak langsung menuju ke kontrol katup melainkan untuk mengaktifkan latch pada bus data, sehingga hidup atau matinya katup ditentukan dengan data yang dikirim ke bus data (8 bit). Dengan demikian kita dapat mengontrol sekaligus 8 buah katup dengan satu alamat port yang sama. Karena rangkaian ini ditujukan untuk contoh aplikasi sehingga menyala atau tidaknya katup dapat langsung dilihat (dekat), maka rangkaian ini tidak dilengkapi dengan feedback, tetapi pada aplikasi di industri hendaknya feedback tersebut ada sehingga software dapat yakin apakah katup sudah membuka atau menutup.

Rangkaian address decoder:



Gambar 6.10. Address Decoder

U1 = 74 LS85

U4 = 74 LS04

U2 = 74 LS85

U5 = 74 LS273

U3 = 74 LS32

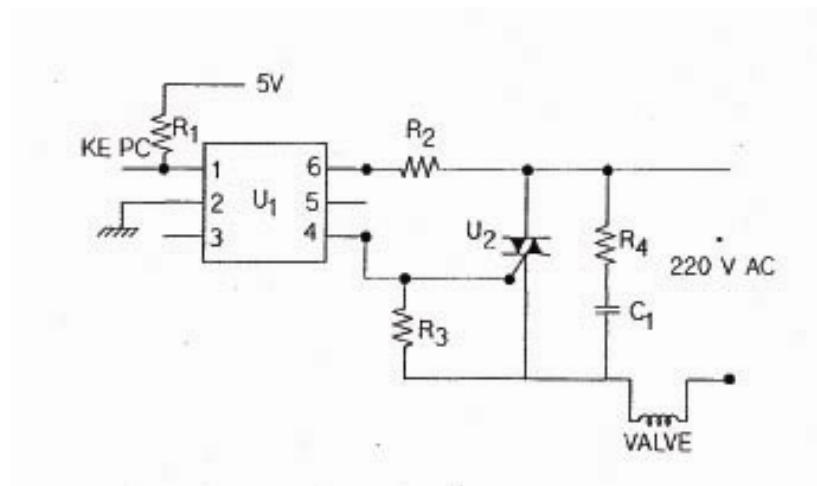
DIP = switch dual in package 8 bit

6.4.2. Penggerak Katup Mekanis

Katup mekanis yang digunakan adalah katup dari jenis ON/OFF dengan spesifikasi teknis seperti berikut:

Tegangan kerja	:	220 V AC
Jenis penggerak	:	Solenoid
Tekanan max	:	udara = 11 kgf /cm ²
	:	air = 9 kgf /cm ²
	:	minyak = 5 kgf /cm ²
Diameter pipa	:	14'

Dari data di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa kita dihadapkan dengan interfacing ke peralatan yang terhubung ke jala-jala, dan bekerja on/off dengan konsekuensi banyak terjadi kejutan listrik dan radiasi noise. Untuk menghadapi hal tersebut didesain suatu rangkaian penggerak katup dengan memanfaatkan isolator optik yang mempunyai fasilitas deteksi Zero Crossing dan kebetulan sudah tersedia berupa rangkaian terintegrasi dengan tipe MOC 3040 sehingga rangkaiannya menjadi sederhana :

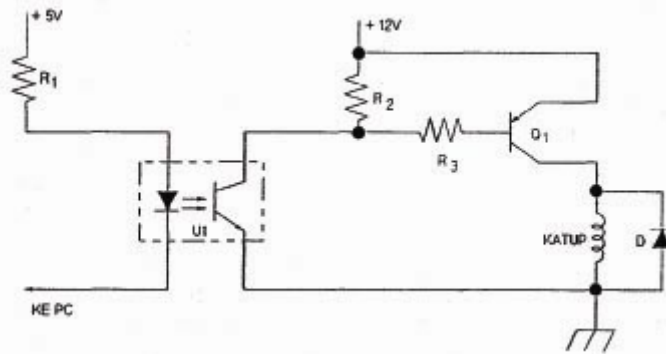


Gambar 6.11. Penggerak Katup AC

$R_1 = 470 \text{ ohm}$	$R_4 = 39 \text{ ohm}$	$V_2 = Q 4008 \text{ LT}$
$R_2 = 360 \text{ ohm}$	$C_1 = 0.01 \text{ ?F}$	
$R_3 = 330 \text{ ohm}$	$U_1 = \text{MOC } 3040$	

Data teknis mengenai komponen aktif dapat dijumpai pada lampiran di bagian akhir buku ini.

Jika diinginkan untuk menggerakkan relay atau katup lain dari jenis DC, dapat digunakan rangkaian lain seperti berikut :

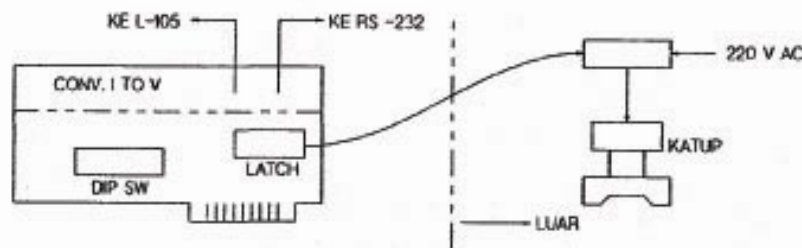


Gambar 6.12. Penggerak Katup DC

$R_1 = 1 \text{ K ohm}$	$U_1 = 4\text{N}25$
$R_2 = 1 \text{ K ohm}$	$Q_1 = \text{TIP } 112$
$R_3 = 10 \text{ K ohm}$	$D = 1\text{N}4002$

Implementasi Rangkaian:

Rangkaian konverter level arus ke level tegangan dan rangkaian address decoder dapat disatukan dalam sebuah card sedangkan penggerak katup dipisahkan di luar PC, menjadi :



Gambar 6.13. Implementasi Rangkaian

6.5. Perangkat Lunak.

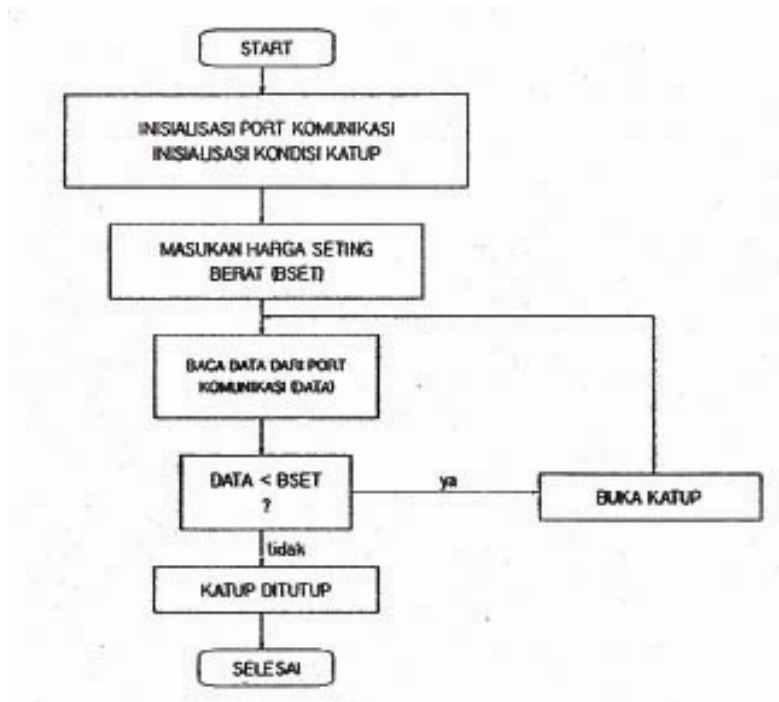
Untuk dapat mengaktifkan alat ini sehingga dapat berfungsi sebagai satu sistem akuisisi data yang diinginkan, dibutuhkan perangkat lunak sebagai sarana penunjang utama. Berikut ini akan diterangkan lebih rinci mengenai program simulasi.

6.5.1 Program Simulasi

Perangkat lunak untuk mensimulasikan kontrol katup ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu prosedur membaca data serial dari port komunikasi dan membandingkan hasil pembacaan tersebut dengan harga seting yang kita berikan terlebih dahulu.

Dengan contoh program yang ditulis dalam bahasa Basic disediakan beberapa pilihan pada menu, diantaranya : fasilitas mengisi data seting, menset nilai netto, nilai toleransi, fasilitas untuk mendisplaykan data penimbangan, fasilitas inisialisasi baud rate, dan perintah membuka katup.

Pada dasarnya kerja perangkat lunak ini adalah sebagai berikut :

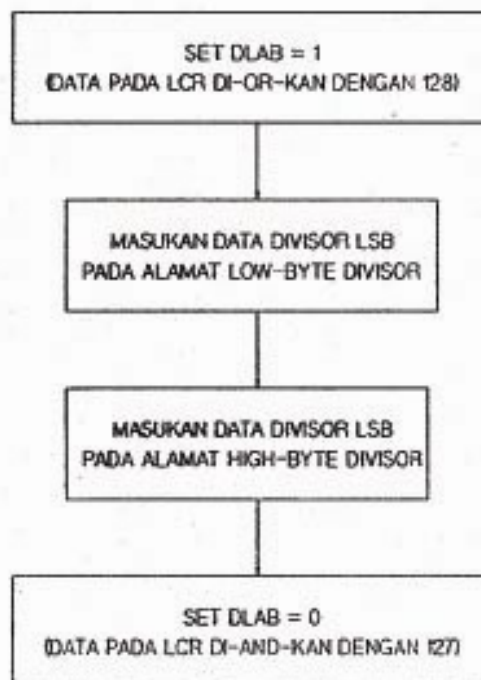


Gambar 6.14. Flow Chart Program Simulasi

Sub program yang penting adalah inisialisasi baud rate dan pembacaan data serial. Baud rate L-105 dapat dipilih diantara : 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800 BAUD.

6.5.2. Inisialisasi Baud Rate

Inisialisasi baud rate pada instrumen L-105 sudah dibahas pada bab-bab di muka sedangkan baud rate di PC tentunya juga harus disamakan, dan prosesnya dapat dilihat berikut ini :



Gambar 6.15. Flow Chart Pengaturan Baud Rate

Alamat-alamat internal 8250 (pada PC-XT) adalah sebagai berikut :

Alamat (HEX)		REGISTER	DLAB
com1	com2		
3F8	2F8	TX BUFFER (WRITE)	DLAB = 0
3F8	2F8	RX BUFFER (READ)	DLAB = 0
3F8	2F8	DIVISOR LATCH (LSB)	DLAB = 1
3F9	2F9	DIVISOR LATCH (MSB)	DLAB = 1
3FA	2FA	INTERRUPT IDENT. REG.	DLAB = X
3FB	2FB	LINE CONTROL REGISTER	DLAB = X
3FC	2FC	MODEM CONTROL REGISTER	DLAB = X
3FD	2FD	LINE STATUS REGISTER	DLAB = X
3FE	2FE	MODEM STATUS REGISTER	DLAB = X

Tabel 6.2. Alamat Internal Chip 8250

Data bilangan pembagi (divisor) yang dapat digunakan yaitu :

Baud rate	Divisor (HEX)
150	300
300	180
600	CO
1200	60
2400	30
4800	18

Tabel 6.3. Daftar Nilai Divisor

untuk baud rate lain, daftarnya dapat dilihat pada "Technical Reference IBM-PC XT" dengan lebih lengkap lagi.

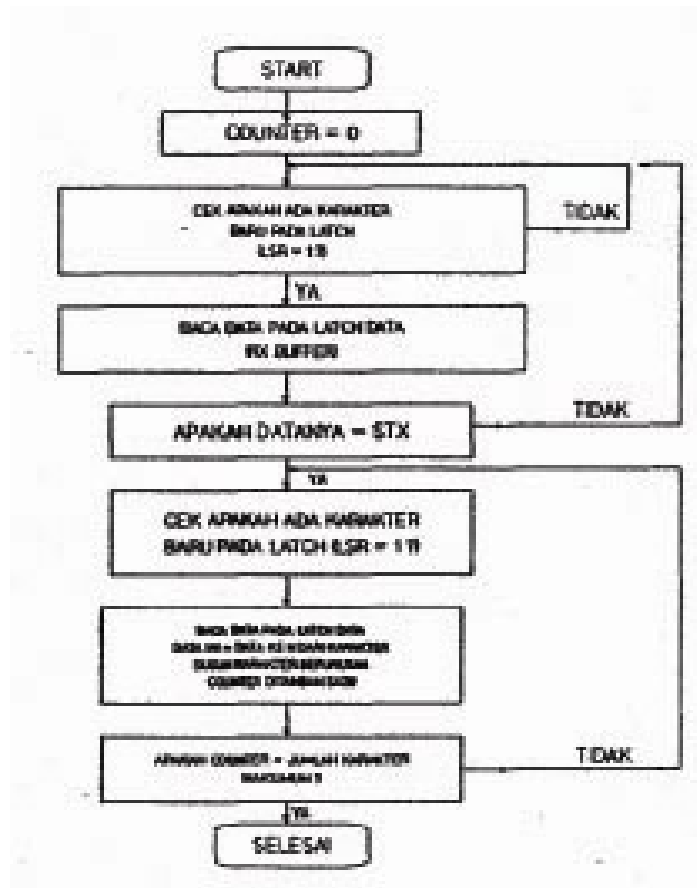
6.5.3. Membaca Data Serial

Data yang diterima pada port komunikasi datanganya secara serial, sehingga untuk dapat dipakai data ini harus disusun secara software karena latch data yang disediakan hanya untuk satu karakter sedangkan data yang diperlukan umumnya lebih dari satu karakter, atau secara khusus, pada L-105 rangkaian karakter/string yang dikirimkan dapat kita pilih atau susun sendiri lewat [pengaturan pada MODE A7].

Perlu diingat bahwa data/string yang diterima adalah dalam bentuk kode ASCII sehingga sebelum dipakai dalam perhitungan harus dikonversi ke bentuk numerik (misal perintah VAL(data\$) pada BASIC).

Untuk lengkapnya, listing program dapat dilihat pada lembar lampiran dan tentang bagaimana program tersebut digunakan, dapat diikuti dalam bab UJI COBA.

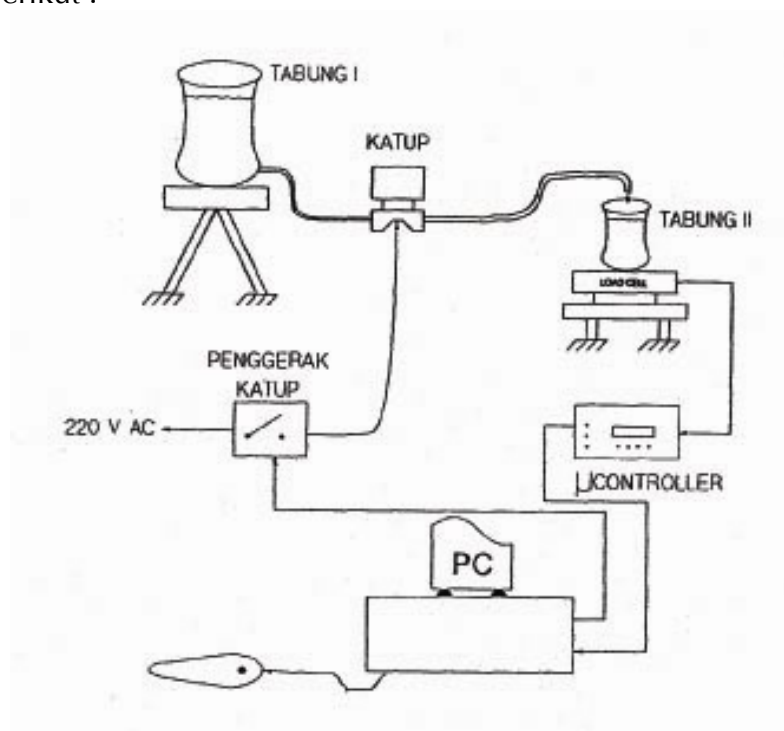
Cara penyusunan :



Gambar 6.16. Flow Chart Pembacaan Data Serial

6.6. Uji Coba

Untuk menguji sistem yang telah dibuat tersebut disusun suatu model seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 6.17. Rangkaian Uji Coba

Bahan curah yang hendak dicoba adalah air yang akan mengalir karena beratnya sendiri jika katup terbuka.

6.6.1. Uji Pemakaian Perangkat Lunak

Ketika Program Simulasi dijalankan (di "Run") maka pertama-tama program akan mengecek komunikasi antara komputer dengan timbangan, jika tidak ada data yang diterima komputer, maka program akan terus menunggu. Apabila komunikasi sudah terjadi tetapi timbangan bergoyang-goyang atau data yang dikirimkan masih sangat bervariasi, maka program akan memberikan pesan :

" Load Cell Belum Siap !

dan usahakan timbangan tidak bergoyang dahulu.

Setelah lolos dari hal pertama tadi, maka pada layar akan muncul menu utama seperti berikut :

SIMULASI KONTROL KATUP DENGAN LOAD CELL

BERAT SETTING = 0 KG

NETTO

TOLERANSI = 0 %

S : MENGUBAH HARGA SETTING
B : BUKA KATUP
(Esc) : TUTUP KATUP
Q : KELUAR KE SISTEM
T : SET TOLERANSI
N : RESET HARGA NETTO
D : DISPLAY TIMBANGAN
C : SET BAUD RATE

PILIH PERINTAH

BAUD RATE = 300

Gambar 6.18. Menu Utama

Perintah untuk mengakhiri program dan keluar ke sistem operasi.

5. T : Set toleransi

Perintah ini untuk menset harga toleransi

Yang dimaksud toleransi ialah besarnya penyimpangan berat yang diperbolehkan terhadap berat setting.

Misal : setting = 10 kg

toleransi = 10 %
maka katup akan tertutup kira-kira pada 9 kg.

Perintah ini digunakan jika sering terjadi overshoot karena derasnya aliran yang masuk ke tabung yang ditimbang, sedangkan kecepatan menimbang terbatas.

6. N : Reset harga netto

Perintah ini berguna untuk me-nol-kan penunjukkan berat bersih sehingga dalam penimbangan akan didapat berat neto. Setelah tombol N ini ditekan, maka akan muncul menu seperti yang dapat dilihat di lampiran, kemudian biarkan timbangan tidak bergoyang, lalu tekan Space bar satu kali.

7. D : Display Timbangan

Perintah ini untuk mendisplaykan berat kotor dan berat bersih yang terbaca pada timbangan. Bentuk peragaan dapat dilihat di lampiran. Kecepatan penimbangan tergantung dari baud rate yang digunakan.

8. C : Set baud rate

Perintah ini berguna untuk menyesuaikan baud rate port komunikasi pada komputer dengan baud rate timbangan. Harga baud rate default adalah 300 baud. Karena untuk melakukan pengujian perangkat lunak dari sisi lain (efisiensi, kecepatan, dll) perlu latar belakang ilmu yang tidak penulis kuasai, maka pengujian perangkat lunak tersebut hanya pengujian fungsional saja.

6.6.2. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian yang dilakukan juga berupa pengujian fungsional dengan mengambil suatu model proses pengukuran berat air yang di tampung.

Untuk menguji sistem seperti yang digambarkan pada bagian pertama bab ini, ditempuh prosedur sebagai berikut:

1. Perlengkapan dipersiapkan seperti pada gambar
2. Air diisikan pada tabung pertama (yang di atas)
3. Nyalakan timbangan dan set baud rate = 300 baud
4. Jalankan program komputer
5. Set harga netto yaitu berat tabung 2 dalam keadaan kosong
6. Set harga setting
7. Buka katup dan tunggu sampai tertutup lagi

Dari rangkaian percobaan di atas di dapat beberapa data seperti berikut :

- Berat maksimum yang dapat ditimbang oleh timbangan Avery L-105 adalah 56 Kg kotor.
- Resolusi penimbangan adalah 20 gram dengan kesalahan sebesar 20 gram
- Baud rate maksimum yang dapat dipilih adalah 1200 baud
- Respon perangkat lunak untuk mengontrol katup dalam keadaan otomatis cukup cepat, dalam arti selama beberapa kali percobaan tidak terjadi overshoot (dalam

percobaan MODE A5 diset = 0, artinya data yang ditimbang tidak menunggu steady terlebih dahulu sebelum dikirimkan ke komputer).

Respon perangkat lunak pada saat mematikan katup lewat tombol (Esc) masih lambat.

6.7. Rangkuman

Dari pembahasan bab-bab di muka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

- Load Cell adalah suatu transduser yang mengkonversikan gaya ke elektrik, dan alat ini umum dipakai di kalangan industri.
- Avery L-105 adalah penggabungan teknologi Load Cell dan mikrokomputer yang dilengkapi dengan memory non volatile sehingga didapat suatu unjuk kerja yang baik diantaranya :

Akuisisi data dengan akurasi tinggi, menyediakan banyak fasilitas penimbangan, pengkalibrasian, peragaan, dan komunikasi, dan mampu menyimpan konfigurasi setting walau catu daya diputus.

- Avery L-105 mampu berkomunikasi dengan komputer atau printer dengan mode serial current loop. Meskipun demikian ada kelemahannya yaitu diantaranya : tidak dapat melakukan perubahan setting lewat jalur komunikasi melainkan hanya dapat dilakukan lewat panel muka.
- Dengan kelebihan dan kekurangan tersebut di atas, maka dalam usaha mengembangkan penggunaan timbangan ini dalam hal integrasi dengan komputer, usaha maksimal yang telah dilakukan dengan hardware adalah melakukan konversi level arus ke level tegangan dan timbangan hanya berfungsi sebagai pemberi data (komunikasi satu arah). Meskipun demikian kemampuan timbangan ini dapat ditingkatkan melalui inovasi perangkat lunak dan hubungannya dengan peralatan yang dikontrol (katup, switch, aktuator lain).
- Alat ini masih membuka peluang lebar bagi pengembangan selain beberapa pokok kesimpulan tersebut di atas, ada beberapa hal yang ingin diajukan sebagai saran, yaitu :
- Hendaknya ada usaha selanjutnya untuk mencoba menghubungkan timbangan elektronik ini dengan peralatan lain sehingga nilai tambahnya semakin terasa.
- Perangkat lunak yang ada dapat dikembangkan lagi sehingga lebih baik, efisien, responsif dan lengkap.
- Untuk masa mendatang perlu ditambahkan rangkaian feedback sehingga perangkat lunak dapat mengetahui apakah katup sudah benar-benar terbuka, atau apakah tekanan dalam saluran tidak membahayakan katup, dan sebagainya.
- Dapat dicoba untuk mengendalikan katup yang proporsional.

LAMPIRAN

TABEL KODE ASCII DAN TOKEN

ASCII:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BH	HT
10	LF	VT	FF	CR	SO	SI	DEL	DC	DC2	DC3
20	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS
30	RS	US	SP	!	"	#	\$	%	&	'
40	(	)	*	+	'	-	/	0	1	.
50	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;
60	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
70	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
80	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
90	Z	{	\	}	^	.	\	a	b	c
100	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
110	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
120	x	y	z	{	:	}	^	DEL		

TOKEN:

128	4 digit berat gross (termasuk koma)
129	5 digit berat gross (termasuk koma)
130	6 digit berat gross (termasuk koma)
131	7 digit berat gross (termasuk koma)
132	4 digit berat netto (termasuk koma)
133	5 digit berat netto (termasuk koma)
134	6 digit berat netto (termasuk koma)
135	7 digit berat netto (termasuk koma)
142	1/8 dari increment yang didisplay
143	7 digit berat gross, KG atau LB
144	Identifikasi instrumen (lihat MODE 6)
148	String "WEIGHT"
149	String "GROSS"
150	String "NET"
151	String "CONSECNO."
155	'N' atau 'G' tergantung jenis berat yang didisplay
156	Unit berat yang didisplay (kg.lb, atau tonne)
157	Bilangan Consecutive
158	BCC (disisipkan otomatis) > lihat MODE 7
159	Tanda akhir string (juga otomatis disisipkan)

PROGRAM SIMULASI KONTROL KATUP

/'
/'
/'
/'
/'
/'
/'

DEF FNBERAT

DATA\$ = ""

CHKAGN : B = INP(&H3FD) AND 1

 IF B = 1 THEN GOTO AMBIL

 GOTO CHKAGN

AMBIL :

 IF INP(&H3F8) < > 2 THEN GOTO CHKAGN

 COUNT = 8

CEK :

 B = INP(&H3FD) AND 1

 IF B < > 1 THEN GOTO CEK

 DATA\$ = DATA\$ + CHR\$(INP(&H3F8))

 COUNT = COUNT-1

 IF COUNT < > 0 THEN GOTO CEK

 FNBERAT = VAL(DATA\$)

ENDDEF

DL = &H80 : DH = 1 : BAUDRATE = 300 : GOSUB SET

AWAL :

AWALAN :

CLS

LOCATE 1, 15

COLOR 11, 0 : PRINT "SIMULASI KONTROL KATUP DENGAN LOAD
CELL" : COLOR 7, 0

ON ERROR GOTO ER

OUT &H2FO, 0

TEST :

 BERAT = FNBERAT : BI = BERAT

 BERAT = FNBERAT

 IF ABS(BERAT - BI) < = 2 THEN

 SELISIH = BERAT - SETING

 GOTO SIAP

 END IF

 LOCATE 15, 20 : COLOR 20, 7 : PRINT "TUNGGU...,
LOAD CELL BELUM SIAP

 COLOR 7, 0

 GOTO TEST

 BERAT = FNBERAT : NETS = 0

SIAP :

```

CLS
LOCATE 1, 20
COLOR 11, 0

PRINT "SIMULASI KONTROL KATUP DENGAN LOAD
CELL " : COLOR 12, 0
LOCATE 2, 20
PRINT "_____ "
LOCATE 4, 5 : PRINT 'BERAT SETING ='
LOCATE 5, 6 : PRINT "NETTO"
LOCATE 7, 5 : PRINT "TOLERANSI ="
LOCATE 4, 20 : PRINT SETING; LOCATE 4, 26 : PRINT "KG"
LOCATE 7, 20 : PRINT TOL; : LOCATE 7, 24 : PRINT "%"
COLOR 13, 0
LOCATE 12, 24 : PRINT "S : MENGUBAH HARGA SETING"
LOCATE 13, 24 : PRINT "B : BUKA KATUP (VALVE)"
LOCATE 14, 24 : PRINT "(Esc) : TUTUP KATUP"
LOCATE 15, 24 : PRINT "Q : KELUAR KE SISTEM"
LOCATE 16, 24 : PRINT "T : SET TOLERANSI"
LOCATE 17, 24 : PRINT "N : RESET HARGA NETTO"
LOCATE 18, 24 : PRINT "D : DISPLAY TIMBANGAN"
LOCATE 19, 24 : PRINT "C : SET BAUD RATE"
LOCATE 23, 27
COLOR 0,14 : PRINT "BAUDRATE = "; BAUDRATE
COLOR 23, 0
LOCATE 21, 24 : PRINT "PILIH PERINTAH....."
COLOR 7, 0

```

PILIH :

```

LOCATE 21, 45 : IN$ = INKEY$
IF IN$ = "S" OR IN$ = "s" THEN GOSUB MASUKAN: GOTO SIAP
IF IN$ = "B" OR IN$ = "b" THEN GOSUB BUKA: GOTO TUTUP
IF IN$ = CHR$(27) THEN GOTO TUTUP
IF IN$ = "Q" OR IN$ = "q" THEN CLS : END
IF IN$ = "I" OR IN$ = "t" THEN GOSUB TOLERANSI: GOTO SIAP
IF IN$ = "N" OR IN$ = "n" THEN GOSUB NETSET: GOTO SIAP
IF IN$ = "D" OR IN$ = "d" THEN GOSUB TIMB: GOTO SIAP
IF IN$ = "C" OR IN$ = "c" THEN GOSUB BAUD: GOTO SIAP
GOTO PILIH

```

MASUKAN:

```

GOSUB HAPUS
LOCATE 4, 21: INPUT "", BST$
IF BST$ < > "" THEN SETING = VAL(BST$)
LOCATE 4, 20: PRINT USING "##.###"; SETING; : LOCATE 4,
26: PRINT " KG
RETURN

```

TUTUP:

```

GOSUB HAPUS

```

```
OUT &H2FO, 0: 'MENUTUP VALVE .....  
BERAT = FNBERAT
```

```
GOSUB DISPLAY
```

```
COLOR 9, 0
```

```
    LOCATE 4, 45: PRINT "BERAT BRUTO ="
```

```
    LOCATE 6, 45: PRINT "BERAT NETTO ="
```

```
    LOCATE 8, 45: PRINT "SELISIH ="
```

```
BEEP
```

```
LOCATE 24, 20: PRINT "VALVE DITUTUP, TEKAN SPACE BAR UNTUK  
MULAI LAGI"
```

```
TU:
```

```
IF INKEY$ = "" THEN GOTO AWALAN
```

```
GOTO TU
```

```
BUKA:
```

```
GOSUB HAPUS
```

```
    IF SETING = 0 THEN
```

```
        LOCATE 25, 25: COLOR 28
```

```
        PRINT "BERAT TARGET BELUM DISET !!"
```

```
        GOTO BERES
```

```
    END IF
```

```
COLOR 9, 0
```

```
LOCATE 4, 45: PRINT "BERAT BRUTO ="
```

```
LOCATE 6, 45: PRINT "BERAT NETTO ="
```

```
LOCATE 8, 45: PRINT "SELISIH ="
```

```
COLOR 7, 0
```

```
OUT &H2FO, 255
```

```
LOCATE 15, 21: PRINT "KATUP SEDANG TERBUKA !"
```

```
    T = SETING - (TOL*SETING/100)
```

```
LUP:
```

```
    IF INKEY$ = CHR$(27) THEN GOTO BERES
```

```
    NETO = FNBERAT - NETS: GOSUB DISPLAY: COLOR 7, 0
```

```
    IF NETO > T THEN
```

```
        LOCATE 23, 24: PRINT "SELESAI....!"
```

```
        LOCATE 10, 58: PRINT "= ";
```

```
        PRINT "%"
```

```
        GOTO BERES
```

```
    ELSE GOTO LUP
```

```
    END IF
```

```
BERES:
```

```
RETURN
```

```
DISPLAY:
```

```
BERAT = FNBERAT
```

```
net = BERAT - NETS: SELISIH = net - SETING
```

```
COLOR 10, 8
```

```
LOCATE 4, 60: PRINT USING "###.###";
```

```
BERAT; :LOCATE 4, 70: PRINT "KG"
```

```
LOCATE 6, 60: PRINT USING "###.###"; net; :  
LOCATE 6, 70: PRINT"KG"  
LOCATE 8, 60: PRINT USING "+###.###"; SELISIH; :  
LOCATE 8, 70: "PRINT"  
RETURN
```

```
TOLERANSI:  
GOSUB HAPUS  
TOL$ = "0"  
    LOCATE 7, 20: INPUT "", TOL$  
    IF TOL$ < > "" THEN TOL = VAL(TOL$)  
    LOCATE 7, 20: PRINT TOL; "%"  
RETURN
```

```
NETSET:  
GOSUB HAPUS  
LOCATE 4, 45: PRINT"BERAT BRUTO = "  
    LOCATE 6, 45: PRINT "BERAT NETTO = "  
    LOCATE 8, 45: PRINT "SELISIH = "
```

```
NETS = 0  
TIMBANG:  
BERAT = FNBERAT  
    GOSUB DISPLAY: COLOR 7, 0  
    LOCATE 21, 15: PRINT"TEKAN (SPACE) UNTUK MENSET HARGA  
NETTO"  
    IF INKEY$ = CHR$(32) THEN  
        NETS = BERAT  
        BEEP  
        GOTO KEMBALI  
    END IF  
    GOTO TIMBANG
```

```
KEMBALI:  
    GOSUB DISPLAY: COLOR 7, 0  
    LOCATE 21, 20: PRINT"TEKAN (SPACE) LAGI UNTUK KEMBALI KE MENU UTAMA"  
    IF INKEY$ = CHR$(32) THEN GOTO MAINMEN  
    GOTO KEMBALI  
MAINMEN:  
  
RETURN
```

```
TIMB:  
GOSUB HAPUS  
COLOR 9,0  
LOCATE 4, 45: PRINT"BERAT BRUTO = "  
LOCATE 6, 45: PRINT"BERAT NETTO = "  
LOCATE 8, 45: PRINT"SELISIH = "
```

```
TMBG:  
    BERAT = FNBERAT
```

```

        GOSUB DISPLAY: COLOR 7, 0
        LOCATE 21, 15: PRINT"TEKAN (SPACE) UNTUK KEMBALI KE
MENU UTAMA"
        IF INKEY$ = CHR$(32) THEN
            CLS
            GOTO BATAS
        END IF
            GOTO TMBG
        BATAS:

RETURN

```

```

HAPUS:
H$ = "
FOR J = 12 TO 21
    LOCATE J, 24: PRINT H$
NEXT J
RETURN

```

```

BAUD:
GOSUB HAPUS
    LOCATE 12, 24: PRINT"PILIH BAUD RATE:"
    LOCATE 14, 25: PRINT"[1] = 150 baud"
    LOCATE 15, 25: PRINT"[2] = 300 baud"
    LOCATE 16, 25: PRINT"[3] = 600 baud"
    LOCATE 17, 25: PRINT"[4] = 1200 baud"
    LOCATE 18, 25: PRINT"[5] = 2400 baud"
    LOCATE 19, 25: PRINT"[6] = 4800 baud"

```

```

PIL:
    BD$ = INKEY$
IF BD$ = "1" THEN DL = &H0:DH = &H3: BAUDRATE = 150: GOTO SET
IF BD$ = "2" THEN DL = &H80:DH = &H1: BAUDRATE = 300: GOTO SET
IF BD$ = "3" THEN DL = &HCO:DH = 0: BAUDRATE = 600: GOTO SET
IF BD$ = "4" THEN DL = &H60:DH = 0: BAUDRATE = 1200: GOTO SET
IF BD$ = "5" THEN DL = &H30:DH = 0: BAUDRATE = 2400: GOTO SET
IF BD$ = "6" THEN DL = &H18:DH = 0: BAUDRATE = 4800: GOTO SET

```

```

GOTO PIL

```

```

SET:
    LCR = INP(&H3FB)
    LCR = LCR OR 128
    OUT &H3FB, LCR
    OUT &H3F8, DL 'lsb divisor
    OUT &H3F9, dh 'msb divisor
    LCR = INP(&H3FB)
    LCR = LCR AND 127
    OUT &H3FB, LCR
    LOCATE 24, 27

```

```
COLOR 0,14: PRINT"BAUDRATE = "; BAUDRATE: COLOR 7, 0  
RETURN
```

```
ER:  
CLS  
BEEP  
PRINT "ADA ERROR..... !!!"  
END
```

SIMULASI KONTROL KATUP DENGAN LOAD CELL

BERAT SETING = 12 KG
NETTO

TOLERANSI = 0%

BAUD RATE = 300

SIMULASI KONTROL KATUP DENGAN LOAD CELL

BERAT SETING = 12 KG BERAT BRUTO = 123.000 KG
NETTO BERAT NETTO = 123.000 KG
TOLERANSI = 0 % SELISIH = +111.000 KG

TEKAN [SPACE] UNTUK MENSET HARGA NETTO

BAUD RATE = 300

SIMULASI KONTROL KATUP DENGAN LOAD CELL

BERAT SETING = 12KG BERAT BRUTO = 123.000 KG
NETTO

BERAT NETTO = 0.00 KG
TOLERANSI = 0 %
SELISIH = -12.000 KG

KATUP SEDANG TERBUKA !

BAUD RATE = 300

SIMULASI KONTROL KATUP DENGAN LOAD CELL

BERAT SETING = 12 KG.
NETTO

TOLERANSI = 0 %
200

BAUD RATE = 300

SIMULASI KONTROL KATUP DENGAN LOAD CELL

BERAT SETING = 12 KG BERAT BRUTO = 123.000 KG
NETTO

BERAT NETTO = 0.000 KG

TOLERANSI = 0 %

SELISIH = -12.000 KG

TEKAN [SPACE] UNTUK KEMBALI KE MENU UTAMA

BAUD RATE = 300

SIMULASI KONTROL KATUP DENGAN LOAD CELL

BERAT SETING = 12 KG
NETTO

TOLERANSI = 0%

PILIH BAUD RATE:

[1] = 150 baud

[2] = 300 baud

[3] = 600 baud

[4] = 1200 baud

[5] = 2400 baud

[6] = 4800 baud

DAFTAR PUSTAKA

1. Rangan, C.S., "Instrumentation, Device and Systems", Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1987.
2. W & T Avery Limited, "Installation Instructions L105", England.
3. Technical Reference for PC XT, IBM
4. Hall, Douglas V., "Microprocessor and Interfacing", McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1986.
5. Microsoft Quick Basic Compiler, Microsoft Corporation
6. J. Dubovy; Introduction to Biomedical Electronics, Mc Graw-Hill, 1978.
7. Engineer's Note Book, Integrated Circuit Applications-Forrest M. Nims II; Penerbit Archer.
8. R.A. & J/W/PENFOLD; Computer Hobbyists Handbook, Bernard Babani Ltd, England.
9. PIKSI ITB < Kumpulan Makalah Seminar MUSIK ELEKTRONIK DAN KOMPUTER, 1989.
10. INDOSA LOOMDATA, Data Akuisisi untuk Mesin Tenun Makalah pada seminar nasional : Sistem Instrumentasi dan Kontrol Berbasis Komputer (SIK 89), 17-18 Juni 1989 di Bandung.
11. Riginoto W. Wijaya, MSc; Herfin Prakosa; SISTEM AKUISISI DATA REDUDANSI MENGGUNAKAN KOMPUTER PRIBADI - Makalah pada seminar nasional Sistem Instrumentasi dan Kontrol Berbasis Komputer (SIK 89), 17-18 Januari 1989 di Bandung.

PENUTUP

Setelah membaca diktat ini, diharapkan pembaca dapat memperoleh suatu gambaran yang cukup luas baik mengenai fungsi maupun aplikasi sistem Akuisisi data di berbagai bidang dari bahan-bahan yang telah dikumpulkan dan disampaikan pada diktat ini.

Semoga diktat ini dapat dimanfaatkan bagi pihak-pihak yang memerlukannya.