B A B II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. MEKANIKA BENDA TITIK

Mekanika merupakan salah satu cabang ilmu fisika klasik, yang mempelajari tentang gerak suatu benda. Mengamati gerak sebuah titik pada benda, sudah cukup untuk melukiskan gerak benda tersebut seluruhnya, atau sering disebut dengan gerak benda titik. Benda titik adalah benda-benda yang diabaikan ukuran, bentuk, rotasi dan getarannya, tetapi massa tidak diabaikan. Benda titik merupakan penyederhanaan dari bentuk benda yang sebenarnya. Sebuah bola dilemparkan, disamping terjadi perubahan posisi, bola juga berputar pada sumbunya sendiri. Mekanika terbagi dalam dua cabang ilmu yaitu dinamika dan kinematika.

2.1.1. DINAMIKA BENDA TITIK

Dinamika adalah pengetahuan tentang gerak dengan memperhatikan penyebab/perubahan gerak. Pengetahuan dasar dari dinamika benda titik adalah pengertian tentang gaya yaitu penyebab perubahan gerak dan massa yaitu ukuran dari inersia. Inersia adalah kecenderungan benda untuk tetap dalam keadaan diam atau bergerak lurus beraturan.

2.1.2. HUKUM-HUKUM NEWTON

Hukum-hukum Newton menyatakan hubungan antar gaya,

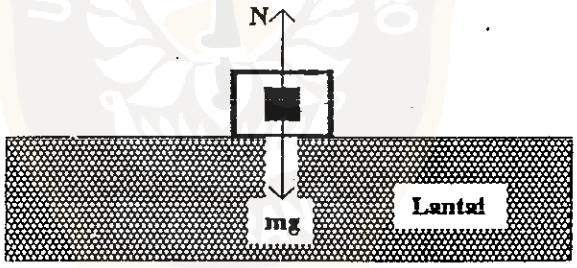
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

massa dan gerak benda atau hukum-hukum yang menerangkan tentang dinamika.

Hukum Newton I :

> **Sebuah benda akan tetap dalam keadaan diam atau bergerak lurus beraturan, kecuali jika dan hanya jika ada gaya atau kekuatan dari luar yang bekerja pada benda tersebut.**

Hukum ini berdasarkan pada prinsip Galileo yaitu untuk merubah kecepatan diperlukan pengaruh atau gaya luar tetepi untuk mempertahankan kecepatan tidak diperlukan gaya luar, juga merupakan pernyataan kesetimbangan (statis dan dinamis) yang menerangkan keadaan suatu benda jika sigma/resultan gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut samadengan nol.



Gambar 2.1. Gaya-gaya yang terjadi pada sebuah benda (diam) di atas lantai.

Suatu benda, misalkan balok yang terletak diam di atas lantai dan tidak ada gaya luar yang bekerja pada balok tersebut. Pada hakekatnya ada gaya berat (karena kecepatan gravitasi bumi) yang bekerja pada balok tersebut, namun balok tidak bergerak. Hal ini disebabkan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

oleh gaya normal yang berasal dari lantai, sebagai reaksi dari gaya berat benda, yang besarnya sama dengan gaya berat benda namun berlawanan arah, seperti ditunjukkan oleh gambar 2.1.

Hukum Newton II :

Percepatan yang dialami suatu benda bila dikerjakan gaya padnya, akan berbanding lurus dengan resultan gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut, dengan suatu konstanta pembanding yang merupakan ciri khas dari benda.

Matematisnya :

$$a = k \sum F$$

$$k = \frac{1}{m}$$

atau

$$\sum F = m\ a$$

dimana

$\sum F$ = resultan gaya-gaya yang bekerja pada benda dan merupakan besaran vektor.

m = massa benda dan merupakan besaran skalar.

a = percepatan yang dialami oleh benda, besaran vektor dan searah gaya F.

Hukum Newton III :

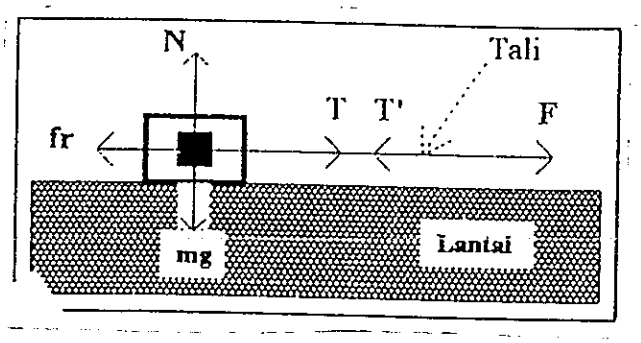
Berlaku untuk sistem dua benda.

Dua benda yang berintaraksi akan menyebabkan gaya pada satu benda karena kedua (aksi) yang sama dan berlawanan arah dengan gaya pada benda kedua karena benda pertama (reaksi).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Hukum ini lebih dikenal dengan **Hukum aksi reaksi** atau

gaya aksi = gaya reaksi



Gambar 2.2. Gaya-gaya yang terjadi pada sebuah benda di atas lantai, yang ditarik dengan tali.

Benda yang diikat dengan tali dan ditarik (gambar 2.2.), maka timbul gaya T (aksi) pada benda dan T' (reaksi) pada tali sebagai akibat dari T, dimana T dan T' sama besar tetapi berlawanan arah. Contoh lainnya adalah **gaya berat** dengan **gaya normal** dari balok di atas tanah seperti terlihat dalam gambar 2.1.

2.1.3. MOMENTUM DAN MASSA

Momentum yang dialami oleh suatu benda bermassa m dan bergerak dengan kecepatan v adalah

$$p = mv$$

Jika pada benda dikerjakan gaya luar, maka benda akan mendapat percepatan, yang akan merubah kecepatan serta momentum benda. Jika massa benda konstan maka perubahan momentum benda dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\partial p = \partial(mv)$$

$$\partial p = m\partial v \qquad (2.2)$$

Hubungan antara momentum dengan gaya dinyatakan oleh

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

definisi berikut :

Gaya adalah perubahan momentum per satuan waktu. Atau

$$F = \frac{\partial p}{\partial t}$$

$$F = m\frac{\partial v}{\partial t} \qquad (2.3)$$

Dari persamaan (2.1) dengan persamaan (2.3) didapat :

$$a = \frac{\partial v}{\partial t} \qquad (2.4)$$

Persamaan ini sesuai dengan definisi tentang kinematika benda titik yang menyatakan **percepatan adalah perubahan kecepatan per satuan waktu.**

Massa adalah ukuran dari inersia, ini berarti bila dua benda dengan massa m_1 dan $m_2 (m_1 > m_2)$ diberi gaya F yang sama, maka $a_1 < a_2$. Dengan perkataan lain, massa (inersia) yang lebih besar akan mengalami percepatan yang lebih kecil untuk gaya yang sama. Hukum ini merupakan hukum yang berlaku pada gerak pusat massa.

2.1.4. KINEMATIKA BENDA TITIK

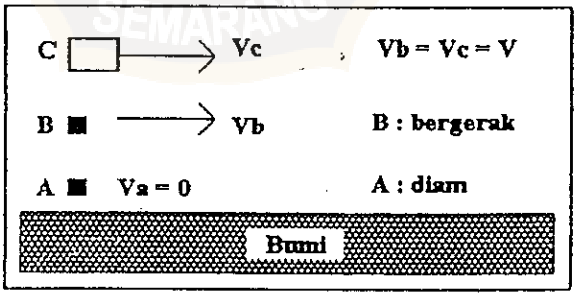
Setiap benda yang berada di permukaan bumi akan mengalami gaya gravitasi bumi, yaitu gaya yang terjadi karena percepatan gravitasi bumi. Gaya inilah yang menyebabkan benda-benda di bumi mempunyai berat, dapat bergerak dari suatu ketinggian atau jatuh walau tanpa ada gaya luar. Gerakan balok pada bidang miring (licin

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

ataupun kasar) juga dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi.

Pengertian dasar tentang gerak adalah perubahan posisi dari suatu objek/benda. Suatu benda dikatakan bergerak apabila terjadi perpindahan tempat atau perubahan posisi dari benda tersebut. Untuk menentukan tempat/posisi suatu benda, diperlukan **pangkal koordinat yang tetap** sebagai **titik acuan/referensi**. Jadi terlebih dahulu harus ditetapkan suatu kerangka yang merupakan kerangka acuan, dimana pengamatan-pengamatan dan perhitungan-perhitungan mengacu pada lerangka acuan tersebut. Kerangka atau sistem yang tidak dipercepat dan pada sistem ini berlaku hukum Newton I, maka sistem ini dikatakan **inersial**.

Suatu benda yang kelihatan bergerak terhadap suatu kerangka acuan tertentu, bisa saja terlihat diam jika benda tersebut diamati terhadap suatu kerangka acuan lainnya, karena itu harus ditentukan dulu kerangka acuan diamnya.



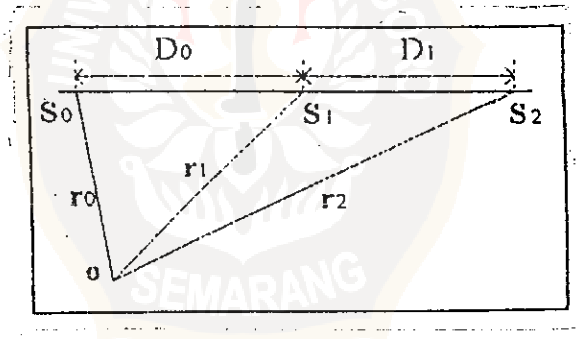
Gambar 2.3. Pengertian tentang gerak relatif dan diam relatif.

Pada gambar 2.3. terdapat dua kerangka acuan yaitu A dan B. A diam relatf terhadap bumi ($v_a = 0$), sedangkan B

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

bergerak relatif terhadap bumi (v_b = v). Benda C dikatakan bergerak relatif terhadap A dengan kecepatan v, tetapi diam relatif terhadap B (sebab B dan C bergerak dengan kecepatan sama, relatif terhadap bumi). Jadi suatu benda dikatakan bergerak jika posisi benda tersebut berubah terhadap suatu kerangka acuan/referensi tertentu yang relatif diam terhadap bumi. Ditinjau dari bentuk lintasan, gerak dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu :

1. Gerak satu dimensi: gerak dengan lintasan berupa garis lurus (satu arah).
2. Gerak dua dimensi: gerak yang lintasannya berada pada bidang datar (dua arah).
3. Gerak tiga dimensi: gerak benda yang lintasannya berada dalam ruang (tiga arah).



Gambar 2.4. Lintasan dari suatu gerak lurus.

S_o, S_1 dan S_2 adalah kedudukan titik pada t_o, t_1 dan t_2 dengan vektor posisi r_o, r_1 dan r_2. S_oS_1 = D_o ditempuh dalam selang $t_1-t_o = \partial t_1$ dan S_1S_2 = D_1 ditempuh dalam selang $t_2-t_1 = \partial t_2$. Garis D_o dan D_1 adalah jarak lintasan dari titik tersebut.

Besaran-besaran kinematis yang menentukan gerak

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

adalah lintasan, kecepatan dan percepatan. Semua besaran ini merupakan besaran vektor yaitu besaran yang mempunyai besar dan arah.

Lintasan adalah tempat kedudukan titik pada setiap saat.

Kecepatan adalah perubahan tempat kedudukan per satuan waktu.

Matematisnya :

$$v = \frac{\partial r}{\partial t} \qquad (2.5)$$

Percepatan adalah besarnya perubahan kecepatan per satuan waktu.

$$a = \frac{\partial v}{\partial t} \qquad (2.6)$$

yang telah dibuktikan oleh persamaan (2.4).

Gerak yang dibahas dalam karya tulis ini adalah gerak satu dimensi yaitu gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB).

2.1.5. GERAK LURUS BERATURAN

Gerak lurus beraturan (GLB) adalah gerak benda titik yang lintasannya berbentuk garis lurus dengan sifat bahwa jarak yang ditempuh tiap satuan waktu tetap.

Percepatan GLB.

Jumlah gaya-gaya yang bekerja pada benda yang melakukan GLB sama dengan nol (hukum Newton I) sehingga percepatan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

yang dialami juga nol atau

$$a = 0 \qquad (2.7)$$

Kecepatan GLB.

Dari persamaan (2.6) dan (2.7) :

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0$$

$$\int_{o}^{v} \partial v = 0$$

$$v = \text{konstan} \qquad (2.8)$$

Lintasan GLL.

Dari persamaan (2.5) dan (2.8) :

$$\frac{\partial r}{\partial t} = v = \text{konstan}$$

$$\partial r = v \partial t \qquad (2.9a)$$

$$\int_{r_o}^{r} \partial r = v \int_{o}^{t} \partial t$$

$$r = r_o + vt \qquad (2.9b)$$

dengan r_o adalah posisi awal (r pada t=0) dari benda. Karena GLB merupakan gerak satu dimensi, maka persamaan umum untuk GLB dapat ditulis :

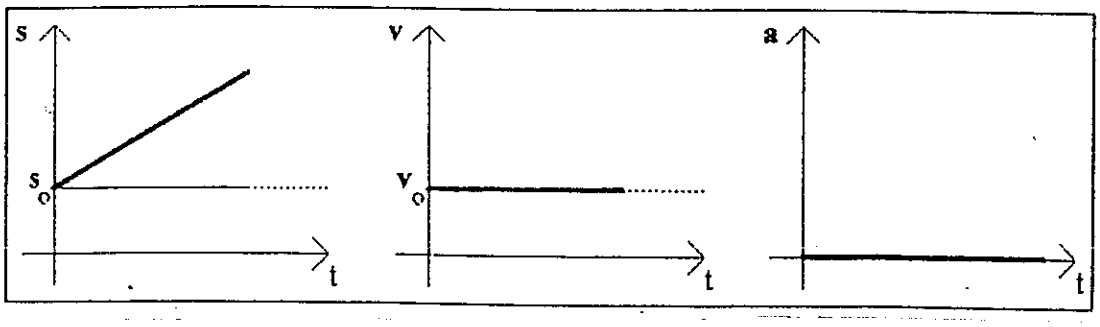
$$a = 0 \qquad (2.10a)$$

$$v = \text{konstan} \qquad (2.10b)$$

$$S = S_o + vt \qquad (2.10c)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Grafik s vs t, v vs t dan a vs t, untuk GLB dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.5. Grafik GLB dimana s merupakan fungsi linier terhadap t, v konstan terhadap t dan a nol.

2.1.6. GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN

Gerak lurus berubah beraturan adalah gerak sebuah benda yang lintasannya berbentuk garis lurus dengan sifat bahwa jarak yang ditempuh tiap satu satuan waktu berubah bisa lebih kecil atau lebih besar namun perubahan itu selalu beraturan, perubahan itu dapat bernilai positif (dipercepat) atau negatif (diperlambat).

Percepatan GLBB.

Sesuai definisi diatas, maka percepatan (a) tidak sama dengan nol (0) tetapi konstan, atau :

$$a = \text{konstan} \qquad (2.11)$$

Kecepatan GLBB.

Dari persamaan (2.6) dan (2.11) didapat :

$$\frac{\partial v}{\partial t} = a = \text{konstan}$$

$$\int_{v_o}^{v} \partial v = a \int_{o}^{t} \partial t$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$v = v_o + at \qquad (2.12)$$

dengan vo adalah kecepatan awal (v pada t=0).

Lintasan GLBB.

Dari persamaan (2.5) dan (2.12) didapat :

$$\frac{\partial r}{\partial t} = v_o + at$$

$$\partial r = (v_o + at)\partial t \qquad (2.13a)$$

$$\int_{r_o}^{r} \partial r = \int_{o}^{t} (v_o + at)\partial t$$

$$r = r_o + V_o t + 1/2\ at^2 \qquad (2.13b)$$

dengan ro adalah posisi awal (r pada t=0) dari benda.

Seperti GLB,GLBB juga merupakan gerak satu dimensi, sehingga persamaan umum untuk GLBB dapat ditulis :

$$a = \text{konstan} \qquad (2.14a)$$

$$v = v_o + at \qquad (2.14b)$$

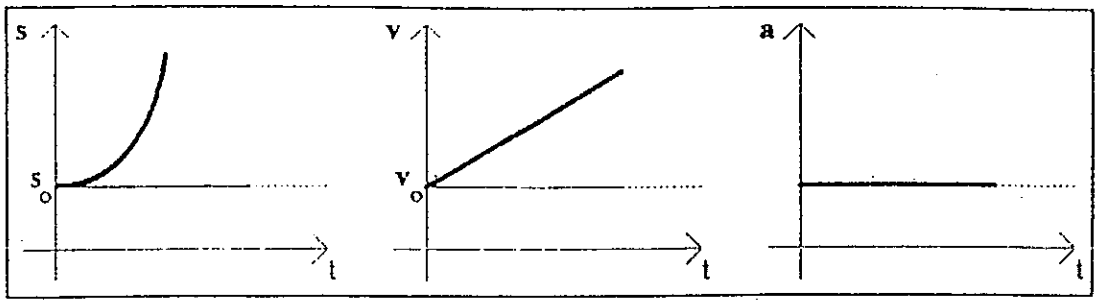
$$s = s_o + v_o t + 1/2\ at^2 \qquad (2.14c)$$

Jika percepatan (a) = 0, maka persamaan-persamaan (2.14) identik dengan persamaan-persamaan (2.10).

Gerak lurus beraturan (GLB) pada prinsipnya merupakan gerak lurus berubah beraturan dimana percepatan gerak sama dengan nol, kecepatan tidak sama dengan nol tetapi konstan dan lintasan berbentuk garis lurus (satu dimensi).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Grafik s vs t, v vs t, dan a vs t untuk GLBB dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.6. GLBB dimana posisi (s) merupakan fungsi kuadrat terhadap t, kecepatan (v) berubah secara linier terhadap t, dan percepatan (a) selalu konstan untuk sembarang waktu.

2.1.6.a. GERAK JATUH BEBAS

Gerak jatuh bebas adalah gerak benda dari suatu tempat di atas permukaan bumi tanpa kecepatan awal.

Arah gerak vertikal kebawah dan dianggap sebagai arah positif (sesuai dengan arah gerak). GJB merupakan contoh dari GLBB, sehingga persamaan-persamaan (2.14) juga berlaku untuk GJB yaitu :

$$s = s_o + v_o t + 1/2\ at^2$$

$$v = v_o + at$$

Karena pada GJB benda bergerak tanpa kecepatan awal (v_o=0) dan posisi awal (s_o) dianggap titik referensi (s_o=0), maka persamaan untuk GJB dapat ditulis :

$$s = 1/2\ at^2 \qquad (2.15a)$$

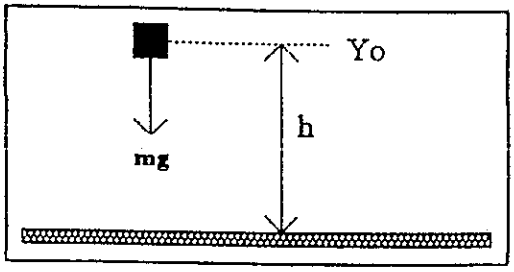
$$v = at \qquad (2.15b)$$

Lalu bagaimana dengan percepatan yang dialami oleh benda. Resultan gaya-gaya yang bekerja pada benda hanya

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

gaya gravitasi bumi (gambar 2.7) atau :

$$\sum F = mg$$



Gambar 2.7. Gaya berat (mg) menyebabkan benda bergerak jatuh bebas.

Berdasarkan hukum Newton II dan persamaan (2.1) maka : percepatan yang dialami benda adalah :

$$a = g$$

sehingga persamaan-persamaan (2.15) menjadi :

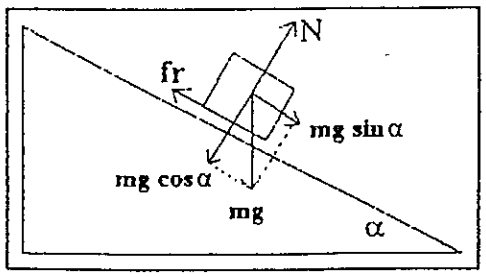
$$s = 1/2\ gt^2 \qquad (2.16a)$$

$$v = gt \qquad (2.16b)$$

2.1.6.b. GERAK LURUS PADA BIDANG MIRING

Seperti halnya GJB, Gerak Lurus pada Bidang Miring (GLBM) juga contoh dari GLBB. Pada GJB, gaya-gaya yang mempengaruhi gerakan hanyalah gaya berat (gaya gesek permukaan benda dengan udara cukup kecil sehingga dapat diabaikan). Sedang pada GLBM disamping gaya berat, gaya gesek (yang terjadi antara permukaan benda dengan permukaan bidang/landasan) dan kemiringan antara bidang/landasan dengan horizon juga mempengaruhi gerak benda.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.8. Gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda yang berada pada suatu bidang miring.

Suatu balok dilepaskan dari jarak tertentu pada bidang miring yang kasar dengan sudut kemiringan α. Gaya-gaya yang menyebabkan terjadinya gerak adalah gaya gesek f_r dan gaya mg sinα, dimana :

$$f_r = \mu N$$

$$N = mg \cos\alpha$$

$$\sum F = mg \sin\alpha - f_r$$

$$\sum F = mg \sin\alpha - \mu\, mg \cos\alpha$$

sehingga :

$$a = g(\sin\alpha - \mu \cos\alpha)$$

merupakan percepatan yang dialami balok, dan persamaan untuk GBLM dengan $s_o = 0$ adalah :

$$s = 1/2g(\sin\alpha - \mu \cos\alpha)t^2 + v_o t \qquad (2.17a)$$

$$v = g(\sin\alpha - \mu \cos\alpha)t + v_o \qquad (2.17b)$$

2.2. ELEKTRONIKA DIGITAL

Rangkaian dasar dari suatu sistem digital pada hakekatnya terdiri dari tiga gerbang dasar. Bahkan dalam

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

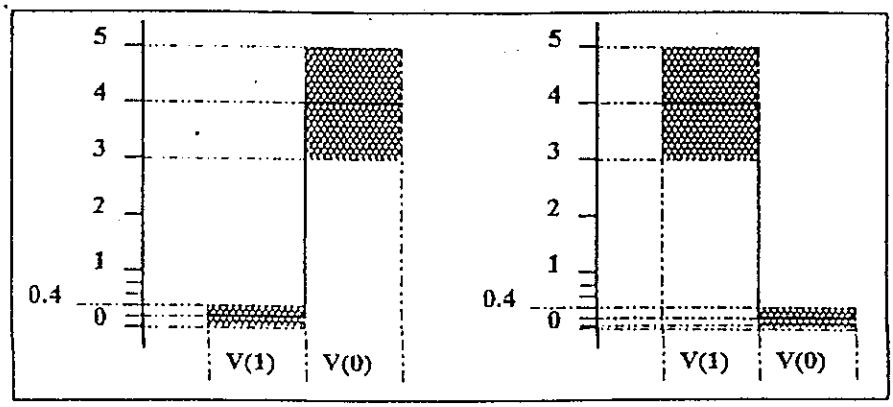
sistem digital berskala besarpun seperti komputer atau pemroses data, sistem kendali atau sistem komunikasi digital, hanya ada beberapa operasi dasar yang dilakukan, tentu saja operasi ini berlangsung berulang-ulang. Tiga rangkaian dasar yang paling sering digunakan dalam sistem demikian dikenal sebagai *Or*, *And* dan *Not*. Ketiga rangkaian ini dinamakan **gerbang-gerbang logika** atau **rangkaian-rangkaian logika**, karena ketiga sistem ini digunakan untuk menerapkan persamaan-persamaan aljabar Boole. Aljabar ini sebagai suatu sistem untuk analisis matematika logika.

Sistem digital beroperasi dalam bentuk biner, mempunyai dua kemungkinan keadaan yaitu 0 dan 1, dan lebih dikenal dengan **bit**. Dalam sistem **logika arus searah** atau **logika tingkat**, suatu bit dilaksanakan sebagai satu dari dua tingkat tegangan.

Suatu sistem, dimana tegangan yang lebih positif melambangkan logika 1 dan tegangan yang lebih negatif melambangkan logika 0, maka sistem ini dikatakan **sistem logika positif**. Sebaliknya, **sistem logika negatif** adalah suatu sistem dimana tegangan yang lebih negatif melambangkan tingkat 1 dan yang lebih positif sebagai tingkat 0, seperti terlihat pada gambar 2.9.

Perlu ditekankan bahwa harga mutlak dari kedua tegangan tidak begitu penting pada definisi ini. Seperti tingkat 0, tidak perlu harus merupakan tegangan nol.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.9. Sistem logika negatif atau positif. Bagian kiri merupakan sistem logika negatif, dimana logika 1 ditunjukkan oleh V(1)= 0,2 v dan logika 0 ditunjukkan oleh v(0)= 4 v. Sistem logika positif merupakan kebalikan dari sistem logika negatif.

Biasanya untuk logika positif, toleransi tegangan yang diijinkan untuk tingkat nol ada dalam daerah 0.2± 0.2 volt dan toleransi tegangan untuk tingkat 1 terdapat dalam daerah 4 ± 1 volt. Parameter-parameter fisis dari alat (misalnya harga $v_{ce\,jenuh}$ pada transistor) tidak sama dari satu alat ke alat lainnya dan juga berubah menurut temperatur.

Dalam sistem dinamis atau sistem logika pulsa, suatu bit dapat diketahui dari ada tidaknya pulsa yang terjadi (biasanya diamati dari osciloscope atau alat ukur lainnya). Logika 1 menunjukkan adanya pulsa positif dalam sistem logika positif (atau adanya pulsa negatif dalam sistem logika negatif). Logika 0 menunjukkan tidak adanya pulsa, baik dalam sistem logika positif maupun sistem logika negaif.

2.2.1. GERBANG-GERBANG LOGIKA

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Gerbang-gerbang logika dapat diklasifikasikan kedalam dua kelompok, yaitu :

1. Sistem logika kombinasi yaitu sistem logika dimana keluarannya hanya bergantung pada kondisi masukannya pada saat itu.
2. Sistem logika sekuensial yaitu sistem logika dimana keluarannya tidak hanya bergantung pada kondisi masukannya semata, tetapi juga bergantung pada suatu masukan yang lain yang disebut dengan masukan pulsa (input clock).

Logika kombinasi terdiri dari tiga operasi logika dasar dan dilaksanakan oleh gerbang Or, And dan Not. Logika sekuensial dilaksanakan oleh Flip-flop dan bekerja secara sinkron dengan rentetan pulsa dengan periode T.

2.2.1.a. GERBANG OR, AND DAN NOT

OR : Suatu gerbang yang mempunyai dua masukan atau lebih dan hanya punya satu keluaran. Kerja gerbang Or sesuai dengan definisi berikut :

Keluaran dari suatu gerbang Or akan berada dalam tingkat/logika 1 jika dan hanya jika salah satu dari masukannya berada dalam tingkat/logika 1.

AND : Seperti halnya gerbang Or, gerbang And juga mempunyai minimal dua masukan dan hanya punya satu keluaran. Prinsip kerja dari gerbang And ini sesuai dengan definisi berikut :

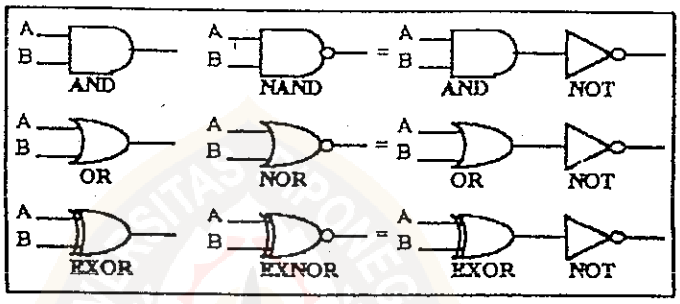
Keluaran dari suatu gerbang And akan berada dalam

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

logika 1 jika dan hanya jika semua masukannya dalam logika 1.

NOT : Rangkaian Not mempunyai satu keluaran dan satu masukan dan membentuk operasi penolakan logika atau bekerja menurut definisi berikut :

Keluaran dari suatu rangkaian Not akan berada dalam tingkat/logika 1, jika dan hanya jika masukannya tidak dalam tingkat/logika 1, rangkaian ini disebut juga rangkaian inverter/pembalik.



Gambar 2.10. Simbol dari gerbang-gerbang logika dasar : And, Or, Exor, Nand, Nor dan Exnor.

Kombinasi ketiga gerbang tersebut dapat melaksanakan fungsi-fungsi seperti Nor (Not Or), Nand (Not And) dan Exor serta Exnor (not Exor). Pada prinsipnya gerbang-gerbang di atas dibangun dari kombinasi gerbang-gerbang Or, And dan Not. Nor merupakan ungkapan Or yang diinversi, Nand merupakan ungkapan And yang diinversi dan Exor (Exnor sebagai inversinya) juga dibangun dari kombinasi ketiga gerbang Or, And, Not. Tabel logika dan pernyataan Boole dari Or, And, Nor, Nand, Exor dan Exnor diperlihatkan oleh tabel=tabel berikut.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Tabel 2.1. Logika Or

Or : Y = A + B		
Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tabel 2.2. Logika And

And : Y = A . B		
Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabel 2.3. Logika Nor

Nor : Y = A + B		
Input		Output
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tabel 2.4. Logika Exor

Exor : Y = A ⊕ B		
Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabel 2.5. Logika Nand

Nand : Y = A . B		
Input		Output
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabel 2.6. Logika Exnor

Exnor : Y = A ⊕ B		
Input		Output
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

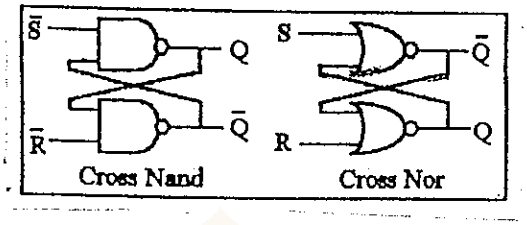
2.2.1.b. FLIP-FLOP

Termasuk dalam sistem logika sekuensial, baru bekerja jika diberi masukan pulsa dan bekerja secara sinkron dengan rentetan pulsa. Flip-flop mempunyai dua keluaran dimana keluaran ini selalu berada pada kondisi yang saling berlawanan. Jika Q=1, maka Q´=0, demikian

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

sebaliknya. Flip-flop dapat mengingat suatu kondisi, dan juga berfungsi sebagai pembagi, yaitu pembagi-2.

Dasar rangkaian dari flip-flop merupakan sebuah rangkaian yang disebut selot *(latch)*, yang dibangun dengan saling menyilangkan dua gerbang *(cross nand)* atau gerbang Nor *(cross nor)*. Rangkaian inilah yang berfungsi sebagai pengingat/memory.



Gambar 2.11. Selot (latch) yang merupakan sel utama dari flip-flop.

Untuk menentukan (diprogram) kondisi yang harus disimpan atau diingat maka selot dilengkapi dengan suatu masukan informasi atau masukan data. Berdasarkan rangkaian internalnya, terdapat empat jenis flip-flop yaitu :

1. **RS flip-flop**

   Mempunyai dua masukan yaitu *set* dan *reset*.

2. **JK flip-flop**

   Mempunyai dua masukan data yaitu J dan K, dan biasanya flip-flop ini dilengkapi dengan dua masukan lain yaitu *Preset(P)* dan *Clear(C)*.

3. **D flip-flop**

   Merupakan modifikasi dari J inversi dari masukan K, atau sebaliknya.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

4. **T flip-flop**

Sepertihalnya D flip-flop, T flip-flop juga merupakan modifikasi dari JK flip-flop dimana masukan J sama dengan masukan K.

Masukan pulsa yang berfungsi untuk menyulut *(trigger)* flip-flop ada 4 jenis, yaitu :

1. **High Level Triggered**

   Flip=flop baru bisa bekerja apabila masukan pulsa dalam kondisi *high*.

2. **Low Level Triggered**

   Flip-flop bekerja apabila masukan pulsa dalam kondisi *low*.

3. **Positif Edge Triggered**

   Flip-flop bekerja apabila masukan pulsa berubah dari kondisi *low* ke kondisi *high* atau pulsa naik.

4. **Negatif Edge Triggered**

   Flip-flop bekerja apabila masukan pulsa berubah dari kondisi *high* ke kondisi *low* atau pulsa turun.

Tabel logika dari flip-flop sangat bervariasi bergantung dari jenis pulsanya dan spesifikasi dari pabrik. Kombinasi dari gerbang-gerbang dasar serta flip-flop dapat melaksanakan operasi aritmetika seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, mencacah dan sebagainya, dapat dilaksanakan dengan membentuk suatu sistem logika yang terdiri dari kombinasi gerbang *And*, *Or*, *Not* dan flip-flop.

Satu hal yang sangat perlu diperhatikan pada sifat fisis dari flip-flop adalah kecepatan pengiriman

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

informasi dari masukan data ke keluaran sangat bergantung pada besaran yang disebut dengan **waktu tunda pengiriman** *(propagationdelay time)*. Setiap komponen elektronik, jika diberikan aksi (masukan) maka komponen tersebut tidak langsung memberikan reaksi (keluaran). Ada waktu (sangat singkat) yang dibutuhkan untuk menghasilkan keluaran pada saat diberikan suatu masukan. Kecepatan operasi dari suatu jenis flip-flop tertentu, sangat bergantung pada *waktu tunda pengiriman* ini (mungkin istilah yang paling tepat adalah **waktu tunda reaksi**).

Waktu tunda reaksi untuk (hampir semua jenis) komponen elektronik digital (termasuk flip-flop) sekitar 25 nano-detik untuk komponen TTL dan 1 nano-detik untuk komponen CMOS. Semakin kecil **waktu tunda reaksi** dari suatu komponen semakin baiklah komponen tersebut, idealnya (tetapi tidak ada) adalah 0 detik.

2.2.2. PENCACAH FREKUENSI

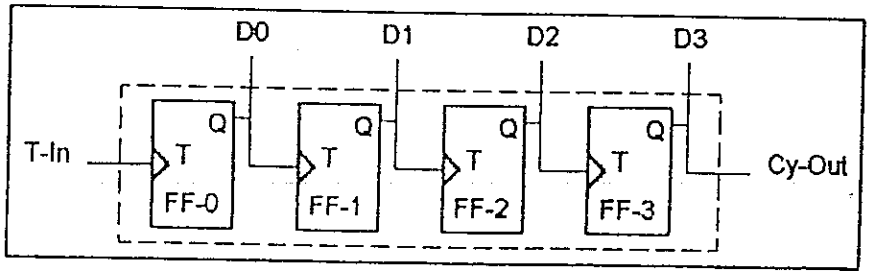
Rangkaian pencacah akan mencacah banyaknya pulsa yang masuk/diberikan dalam selang waktu tertentu. Banyaknya pulsa yang masuk *(counting value)* kemudian dibandingkan dengan lamanya/selang waktu cacahan *(time base)*. Hasil bagi antara banyaknya cacahan *(counting value)* dengan lama cacahan *(time base)* adalah hasil pengukuran waktu yang sesungguhnya.

Penggunaan pencacah yang paling umum adalah untuk

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

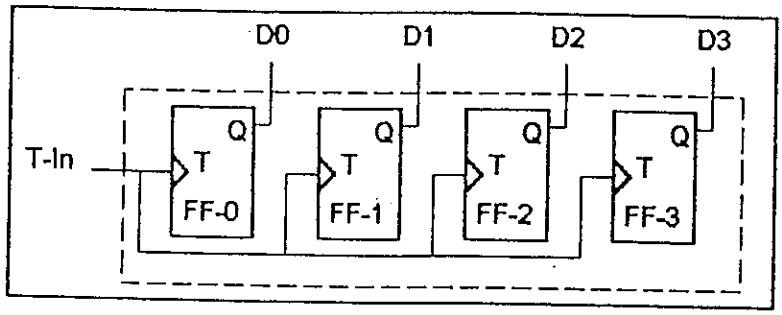
membuat alat ukur waktu digital. Ketelitian suatu alat ukur waktu digital, sangat bergantung pada pencacah yang dipakai. Pencacah yang paling bagus dapat melakukan pengukuran sampai ketelitian 0.1 nano-detik. Untuk pencacah yang paling umum digunakan (standar), ketelitiannya antara 20 s/d 100 nano-detik. Ketelitian dari suatu pencacah ditentukan oleh beberapa faktor, tetapi yang paling menentukan adalah konfigurasi rangkaian internal dari pencacah, yakni konfigurasi dari flip-flop yang terdapat dalam rangkaian pencacah.

Berdasarkan rangkaian internalnya, pencacah terdiri dari dua macam yaitu pencacah tak sinkron dan pencacah sinkron. Pencacah tak sinkron *(asyncrhonous counter)* merupakan rangkaian pencacah yang terdiri beberapa flip-flop, dimana keluaran flip-flop terdepan (Q dari flip-flop-0) dicatukan ke masukan pulsa flip-flop berikutnya (T dari flip-flop-1). Pada pencacah sinkron *(syncrhonous counter)*, seluruh masukan pulsa dari flip-flop oleh pulsa yang sama (dicatu secara serentak).



Gambar 2.12. Rangkaian internal pencacah tak sinkron 4 bit, terlihat (seolah-olah) flip-flop dirangkai secara seri.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.13. Rangkaian internal pencacah sinkron 4 bit flip-flop dicatu oleh pulsa yang sama (dicatu secara serentak) dan terlihat seolah-olah flip-flop dirangkai secara paralel.

Seperti telah diterangkan sebelumnya, (**waktu tunda reaksi flip-flop**), kecepatan pencacahan jelas tidak sama. Kecepatan pencacahan dari pencacah tak sinkron lebih lambat dibandingkan dengan pencacah sinkron. Secara global dapat diterangkan sebagai berikut : misalkan setiap pencacah menggunakan flip-flop yang sama dan mempunyai **waktu tunda reaksi** 25 nano-detik. Total **waktu tunda reaksi** dari pencacah tak sinkron 4 bit dapat diperkirakan yaitu 4x25 = 100 nano-detik, hasil jumlah **waktu tunda reaksi** dari seluruh (4) flip-flop (karena flip-flop dirangkai secara seri). Jika lebar pencacahan dari pencacah tak sinkron adalah n, maka total **waktu tunda reaksi** dari pencacah tak sinkron 4-bit adalah nx25 nano-detik. Sedangkan untuk pencacah sinkron, waktu tundanya sama dengan waktu tunda reaksi flip-flop yaitu 25 nano-detik. Sehingga dapat disimpulkan, bahwa pencacah sinkron lebih singkat dibanding pencacah tak sinkron.

Pencacah yang digunakan dalam membuat alat ini

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

adalah 4 unit pencacah sinkron 4-bit, tipe 74LS164 yang memiliki waktu tunda reaksi sekitar 20 nano-detik, yang berarti dapat mencacah pulsa dengan frekuensi maksimum sekitar 50 MHz.

2.2.3. MEMORI

Seperti telah diterangkan sebelumnya, flip-flop dapat mengingat/menyimpan suatu kondisi tertentu (selama masih ada arus/tenaga listrik) untuk digunakan sewaktu-waktu. Rangkaian memori adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengingat suatu informasi agar dapat digunakan pada waktu yang diinginkan. Informasi ini disimpan dalam suatu tempat yang terdapat pada memori, yang disebut **sel memori**.

Seperti halnya pencacah, memori juga menggunakan flip-flop (ada juga yang menggunakan kapasitor) sebagai komponen utama yaitu sebagai sel memori. Besaran yang perlu diperhatikan pada sebuah memori adalah kapasitas simpan, sebab kapasitas simpan dari suatu memori bergantung pada banyaknya sel yang dimiliki oleh memori, 1 sel hanya dapat menyimpan 1 bit informasi. Berdasarkan jenis selnya, memori terbagi dalam dua macam yaitu memori dinamik : setiap selnya terdiri dari sebuah kapasitor dan harus di refresh (disegarkan : memberikan tenaga listrik) beberapa saat dalam selang tertentu agar informasi yang ada tidak hilang. Memori statik : setiap selnya terdiri sebuah flip-flop sehingga tidak perlu disegarkan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Untuk keperluan yang kecil (tidak menuntut kapasitas yang besar) maka pencacah juga dapat digunakan sebagai memori (karena pencacah terdiri flip-flop), tentu saja hanya terbatas untuk pencacah yang memiliki fasilitas tambahan seperti untuk memprogram (menentukan nilai cacahan awal) dan menahan (menahan hasil cacahan ketika pencacah tidak lagi mencacah/tidak ada pulsa yang masuk). Rangkaian lain yang juga dapat digunakan sebagai memori (untuk kapasitas kecil) adalah register geser *(shift register)*. Register geser juga terdiri dari flip-flop dan berfungsi untuk melakukan manipulasi informasi yaitu menggeser informasi per bit.

Dalam perancangan alat ini, penulis menggunakan rangkaian register geser sebagai memori yaitu 4 unit register universal 4-bit, tipe 74LS194.

2.2.4. PEMILIHAN INFORMASI

Rangkaian pemilih *(multiplexer)* informasi tidak memerlukan flip-flop, sehingga termasuk dalam sistem logika kombinasi. Dilihat dari namanya, *multiplexer* (ganda), berfungsi untuk menyeleksi/memilih salah satu dari sekian banyak informasi yang ada. Rangkaian ini mempunyai beberapa masukan data dan mempunyai saet keluaran data serta masukan alamat *(address input)*. Masukan alamatlah yang menentukan, memilih satu dari sekian banyak informasi/data yang diinginkan.

Dalam perancanagan alat ini, penulis menggunakan 4

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

unit rangkaian pemilih 4-bit, tipe 74LS157.

2.2.5. PENTERJEMAHAN DAN TAMPILAN 7 SEGMEN

Informasi/data yang dihasilkan oleh rangkaian pencacah masih dalam bentuk biner, dalam bentuk kombinasi 0 dan 1. Adakalanya data dalam bentuk biner ini perlu ditampilkan dalam bentuk yang lebih visual (dapat dimengerti oleh manusia). Untuk tujuan tersebut dapat dieujudkan oleh rangkaian peneterjemah 7 segmen *(7-segment decoder)* dan tampilan 7 segmen *(7-segment display)*. Penterjemah 7 segmen termasuk dalam sistem logika kombinasi karena tidak menggunakan flip-flop, sedang tampilan 7 segmen merupakan LED (berbentuk garis/segemen) dan terdiri dari 7 garis/segmen.

Penterjemah akan membaca data (dalam bentuk 0 dan 1) yang diberikan pada masukannya, kemudian menterjemahkan (juga dalam bentuk 0 dan 1) dan hasilnya (keluarannya) akan mengatur 7 buah LED yang terdapat pada tampilan 7 segmen. Pada perancangan alat ini, penulis menggunakan 4 unit penterjemah 7 segmen tipe 74LS247 serta 4 unit tampilan 7 segmen anoda bersama *(common anoda 7-segment display)*.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)