# SIRKUIT DIGITAL

Oleh

**Drs, Edwin Musdi, M.Pd**

*MAKALAH*

Disampaikan pada Seminar Mingguan Jurusan Pendd. Matematika FPMIPA IKIP Padang

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
DITERIMA TGL. : 11 - 12 - 96
SUMBER / HARGA : Hd /
KOLEKSI : K1
NO. INVENTARIS : 1136/Hd/96 S1 (2)
KLASIFIKASI : 001.642 MUS S1

Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan
P A D A N G

1996

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

# SIRKUIT DIGITAL*

OLEH: DRS EDWIN MUSD, M.PD**

## 1. LATAR BELAKANG .

Beda antara penalaran sehari-hari dengan penalaran dalam logika matematika adalah tidak adanya kekonsistenan dalam penalaran sehari-hari, sedangkan dalam logika matematika kekonsistenan mutlak diikuti.Dalam logika matematika kita menalar berdasarkan tabel-tabel nilai kebenaran, karena itu kita selalu tak lepas dari penggunaan yang bukan matematis, adalah wajar mempertanyakan mengapa kita bisa menerima tabel berdasarkan penalaran yang bukan matematis.

Sistim logika matematika dikenal dengan Boolean Algebra, yang mana hal ini dikembangkan pada tahun 1840 oleh seorang ahli matematika berkebangsaan Inggris yang bernama George Boole (1815-1864). Seorang ahli matematika Amerika membuat aplikasi utama mengenai aljabar boole. Sistim aljabar Shannon juga menggunakan dua elemen seperti pada aljabar boole, yang mana pada dasarnya menggunakan dua sistim.

Bilangan binari 0 dan 1 sangat berguna dalam menerangkan sistim teori atau sistim bentuk, yang mana keduanya dapat membentuk dua penilaian. Contohnya saja pada sistim logika menggunakan TRUE atau FALSE, yang mana secara matematika digambarkan dengan angka 0

---

*Disajikan pada Seminar Mingguan Jurusan Pendidikan Matematika FPMIPA IKIP Padang, tanggal 16 Juni 1996

**Staf pengajar Jurusan Pendidikan Matematika FPMIPA IKIP Padng

dan 1. Juga pada sistim komputer angka 0 dan 1 dapat digambarkan dengan HIGH dan LOW.

Begitu juga dengan sistim lampu elektronik menggunakan ON atau OFF, yang mana fungsi elektronik adalah merupakan pemindahan informasi melalui suatu proses. Meskipun dengan mengalami perubahan bentuk baik secara analog mekanik maupun digital elektronik akan dapat diubah menjadi bentuk sinyal atau gelombang denyut yang merupakan pulsa-pulsa, dengan instrumen digital elektronik. Dan sinyal-sinyal tersebut dapat diubah kembali menjadi angka-angka, huruf-huruf, dan gambar-gambar.

Jelas bahwa matematika logik dan aljabar boole mempunyai peranan penting terutama sekali dibidang elektronik. Oleh karena itu digunakanlah matematika logik dan aljabar boole ini dengan komponen-komponen yang termasuk didalamnya seperti teori himpunan, postulat dan lain sebagainya yang telah menjadi course cottent pada mata pelajaran yang sudah ditetapkan dan dilaksanakan diseluruh wilayah Indonesia.

Salah satu penggunaan yang populer dari logika dan aljabar Boole adalah pada bidang elektronik yang dikenal dengan nama sirkuit digital. Sirkuit digital telah dikenal pada tahun 60-an. Sirkuir digital pada masa ini dirancang untuk mengimplementasikan fungsi dasar logika digital untuk seluruh sistem digital. Perkembangan yang terakhir dari sirkuit ini adalah terciptanya sirkuit terpadu (integrated sirkuit,IC) yang digunakan pada microprosesor, dimana telah melibatkan operasi yang kompleks dari komputer digital. Pengaruh alat ini dalam lapangan elektronik

yaitu bisa menggantikan posisi transistor.

Berdasarkan pentingnya sirkuit digital ini maka makalah ini mencoba membahas bagaimana logika dan aljabar Boole terlibat dalam pembentukan suatu sirkuit digital.

**2. Pembahasan**

Sebelum membahas sirkuit digital perlu dikemukakan sekilas tentang aljabar Boole dan gerbang logika.

Kita tertarik akan aljabar boole karena ia terkait dengan jaringan dalam suatu sistem komputer .Menurut sejarah, Aljabar Boole dikaitkan dengan kajian formal tentang logika oleh George Boole pada jaringan.

Sistim logika matematika ini lebih dikenal dengan ***BOOLEAN ALGEBRA*** (Aljabar Boole). Penelitian dari Boole sama dengan sistim binary yang digunakan oleh Leibnizs. Kita dapat mendefinisikan bahwa sistim aljabar boole adalah merupakan suatu bentuk perhitungan dari dua elemen. Dimana angka yang kita gunakan adalah 0 (nol) dan 1 (satu). Secara bersama-sama operasi yang digunakan dalam bentuk $\oplus$ (penjumlahan) dan * (perkalian).

Bentuk variabel Boole ini bisa juga digambarkan dengan A, B, C, D, dst, yang mana kita menilai dengan 0 dan 1. Bentuk fungsi Boole adalah merupakan fungsi dari variabel boole, sebagai contohnya f(A, B) = A * B.Tiap variabel boole dalam fungsi f mengambil dua nilai.

Simbol yang umum dipakai pada operasi OR ini adalah digambarkan dengan $A \oplus B = A \cup B = A \vee B = A+B$ , atau A OR B, sedangkan pada operasi AND simbol yang sering dipakai adalah



MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

$A * B = AB = A \cdot B$ atau A AND B. Apabila operasi OR dan AND dibuat dalam bentuk penjumlahan dan perkalian, maka sistim logikanya pada aljabar boole sama.

Selain dari operasi OR dan operasi AND, juga ada operasi boole yang lain yang dikenal dengan komplemen atau operasi NOT. Dimana operasi ini menggambarkan sebuah variabel boole A, yang mana A dapat membentuk dua nilai. Apabila A punya satu nilai (misalnya 0) maka NOT A adalah 1. Simbol yang lebih umum untuk komplemen atau NOT A adalah $\bar{A}$ atau $\bar{A}$ atau -A. Sebagai contohnya, NOT $(A \oplus B) = (\overline{\bar{A} \oplus \bar{B}})$. Dengan pernyataan lain jika A = 0 dan B = 1 maka NOT $(A \oplus B)$ **adalah** $\overline{0 \oplus 1} = \bar{1} = 0$.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat tabel kebenaran NOT A berikut :

| A | $\bar{A}$ |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

Ketiga operasi diatas yaitu operasi OR, AND dan NOT adalah merupakan operasi dasar dari sistim boole, juga dapat digunakan untuk mengembangkan beberapa fungsi boole atau pernyataan logika lainnya. Bentuk dari ketiga operasi dasar itu disebut juga dengan dalil sistim aljabar boole, untuk lebih jelasnya perhatikan tabel kebenaran berikut :

| OR | AND | NOT |
|---|---|---|
| $1 \oplus 1 = 1$ | $0 * 0 = 0$ | $\bar{0} = 1$ |
| $1 \oplus 0 = 0 \oplus 1 = 1$ | $0 * 1 = 1 * 0 = 0$ | $\bar{1} = 0$ |
| $0 \oplus 0 = 0$ | $1 * 1 = 1$ | |

Banyak juga perlengkapan-perlengkapan dasar dari aljabar yang diterangkan dalam aljabar boole. Pada bagian ini kita membentuk sejumlah perlengkapan, yang mana hal ini dinamakan dengan Boolean Postulat (dalil boole). Ada beberapa macam teori yang bisa kita gunakan, contohnya pada aljabar boole, hal ini dapat berbentuk invalid dari sebagian besar sistim aljabar ordinary.

Perlengkapan dasar atau aksioma aljabar boole itu adalah

1. $A \oplus 0 = A$
2. $A \oplus 1 = 1$
3. $A \oplus A = A$
4. $A \oplus \bar{A} = 1$
5. $A * 0 = 0$
6. $A * 1 = A$
7. $A * A = A$
8. $A * \bar{A} = 0$
9. $A \oplus B = B \oplus A$
10. $A*B = B*A$
11. $A \oplus (B \oplus C) = (A \oplus B) \oplus C$
12. $A*(B \oplus C) = A*B \oplus A*C$
13. $(A \oplus AB) = A$ (AB berarti A*B)
14. $A + \overline{AB} = A + B$
15. $\bar{A}\ (A + B) = AB$
16. $\overline{AB} = (A + B)$
17. $\overline{A.B} = (\bar{A} + \bar{B})$
18. $AB + A\bar{B} = A$
19. $(A + B)\ (A + \bar{B}) = A$

20. $AB \oplus BC \oplus CA = AB \oplus C\bar{A}$

21. $(A \oplus B)*(B \oplus C)*(C \oplus \bar{A}) = (A \oplus B)\ (\ C \oplus \bar{A})$

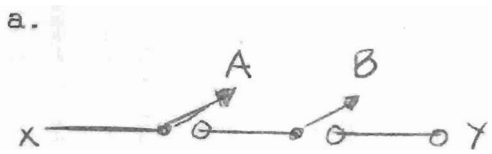
Dibeberapa kasus fungsi boole diberikan ekspresi eksplisit yang berisi variabel boole tapi dapat didefinisikan oleh tabel kebenaran, contohnya dalam penyusunan dua kontak barangkali contoh yang terbaik dari bentuk fisikal dapat diterangkan oleh sebuah sistim boole yang mana juga menerangkan tentang pertukaran kontak listrik. Pada kenyatannya hal ini kita katakan dengan pertukaran kontak. Berdasarkan alasan diatas, fungsi boole kadang dikatakan fungsi pertukaran.

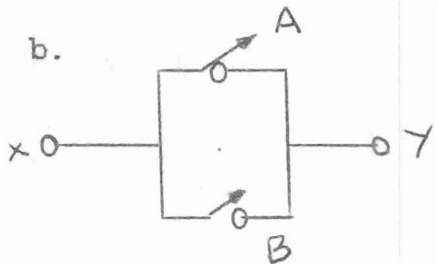
Sebagaimana kita ketahui, kontak itu ada dua seperti open atau close, dimana bentuk ***FALSE*** (0) digunakan untuk open atau kontak dalam keadaan terbuka dan bentuk ***TRUE*** (1) digunakan untuk close atau kontak dalam keadaan tertutup. Gunanya kontak tersebut adalah untuk menyatakan variabel logika, sebagaimana variabel boole lainnya. Contohnya dapat kita lihat seperti gambar di bawah ini :

a. S = 0 b. S = 1

Gambar a. adalah sebuah kontak terbuka atau open (S = 0)dan gambar b. adalah sebuah kontak tertutup atau close (S = 1).

Untuk mengambarkan operasi OR dan AND dengan kontak ini, perhatikan gambar berikut :

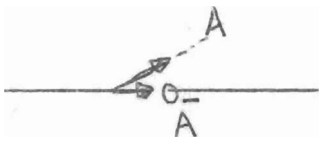


Gambar pertama P = AB menunjukkan kontak A dan B adalah menggambarkan seri dan gambar kedua P = A + B menggambarkan kontak paralel. Untuk P = 1 berarti arus ditutup bila A = B = 1 berarti A dan B keduanya ditutup. hal ini berlaku untuk gambar pertama, dan untuk gambar kedua P = 1 berarti arus ditutup bila A = 1 atau B = 1 atau keduanya. Dan untuk kedua gambar arus akan terbuka bila P = 0. Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel kebenaran untuk A + B dan tabel kebenaran untuk AB berikut :

| A | B | A + B | AB |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

Dalam menyajikan operasi NOT pada hubungan dengan kontak, perhatikan label kontak A dalam sirkuit terbuka bila satu label A tertutup, yang lebih penting diperhatikan adalah $\bar{A}$, untuk lebih jelasnya perhatikan gambar kontak $\bar{A}$ berikut :




jelas terlihat pada gambar kontak kontak dengan dua posisi kemungkinan A dan $\bar{A}$. Jika arus P dari X ke Y tertutup berarti P = 1 jika kontak dalam posisi $\bar{A}$ maka berarti P = $\bar{A}$, dapat kita buat A = 0 dan $\bar{A}$ = 1.

Gerbang Logika

Secara sederhana dapat dikatakan bahwa sebuah gerbang logika adalah merupakan sebuah alat elektronik yang membentuk sebuah



MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

operasi boole pada satu atau lebih input untuk menghasilkan output. Dimana input dan output ini adalah merupakan variabel boole yang mempunyai dua nilai kemungkinan yaitu LOW dan HIGH voltages, dengan kata lain tinggi rendahnya voltase, seperti halnya 0 volt dan 5 volt, atau tinggi rendahnya arus listrik seperti 0 miliampere dan 20 miliampere.

***Gerbang OR, AND dan NOT.***

Sebuah sirkuit logika atau gerbang yang membentuk operasi OR pada dua atau lebih variabel input dapat dikatakan dengan sebuah gerbang OR. Secara umum simbol yang digunakan untuk dua variabel input A dan input B dapat kita lihat seperti pada gambar:

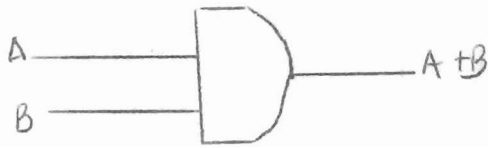
Jelas terlihat pada gambar bahwa yang merupakan inputnya adalah A dan B, sedangkan outputnya adalah A + B. Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel kebenaran berikut:

| A | B | A + B |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Untuk tiga atau lebih inputnya pada gerbang OR ini seperti A, B, C, ... outputnya kita tulis sebagai f = A + B + C....

Jelaslah bahwa pada definisi penjumlahan logika, f akan berharga 1 jika paling sedikit sebuah dari variabel inputnya adalah 1

Sebuah gerbang AND adalah sebuah alat yang melakukan operasi AND pada dua atau lebih variabel input. Operasi yang digunakan pada gerbang AND dengan dua variabel input dapat dilihat pada gambar berkut:




Variabel outputnya adalah A AND B atau AB, dan tabel kebenaran untuk gerbang AND adalah sebagai berikut:

| A | B | AB |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Sebuah gerbang NOT atau inverter adalah sebuah alat yang melakukan operasi NOT, gerbang NOT ini kita lihat seperti pada gambar berikut:

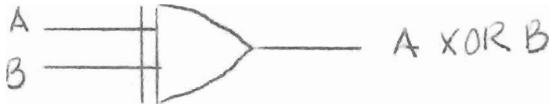
Adalah merupakan input tunggal, tabel kebenaran untuk gerbang NOT ini adalah sebagai berkut:

| A | $\bar{A}$ |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

***Gerbang EXCLUSIVE - OR (XOR)***

Pemasangan operasi OR pada dua variabel boole A dan B menghasilkan 1 jika A = 1 atau B = 1, atau keduanya A = 1 dan B = 1.Operasi exclusive ini lebih dikenal dengan XOR, simbol

alternatif untuk gerbang XOR ini adalah $\ominus$ atau A XOR B = A $\ominus$ B. Fungsi gerbang ini adalah guna untuk melengkapkan fungsi A + B, karena gerbang OR, AND, NOT adalah merupakan set lengkap. Dan juga operasi XOR ini merupakan sebuah operasi yang cukup penting pada sirkuit logika. Operasi pelengkap XOR dapat digambarkan seperti berikut:




Pada umumnya operasi exclusive OR pada dua atau lebih variabel menghasilkan outputnya 1 jika dan hanya jika banyaknya angka 1 pada INPUT adalah sebuah nomor ganjil.

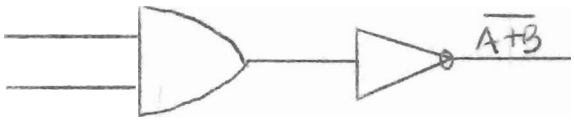
***GERBANG NAND (NOT AND).***

Sebuah gerbang NAND adalah sebuah gerbang logika yang outputnya 0 dan inputnya 1. Operasi NAND didefinisikan sebagai A NAND B.

Sebagai ilustrasi penggunaan gerbang NAND, kita mensintesa fungsi F = AB + C, karena output dari sebuah gerbang NAND adalah produk dari sebuah komplement.

3.2.4. ***Gerbang NOR (NOT OR)>***

Sebuah operasi boole dengan operasi NAND adalah juga komplet. Operasi ini didefinisikan sebagai A NOR B = $\overline{A + B}$ operasi NOR dapat dilakukan dengan sebuah gerbang OR dan sebuah pengganti yang dapat dilihat pada gambar berikut:






MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

output dari gerbang ini akan bernilai 0 bila semua inputnya 1 dan output bernilai 1 bila semua inputnya 0. Gerbang OR, AND dan NOT dapat dikonstruksikan dengan gerbang NOR, juga fungsi boole dapat diimplementasikan dengan gerbang NOR.

**Sirkuit Digital**

Pertama-tama akan dibahas tentang disain komparator digital satu bit, yaitu suatu alat yang akan membandingkan dua bilangan A dan B dengan satu bit. Misal F1 adalah output yang mengaktifkan cahaya bila A=B, yaitu F1=1 bila A=B=0 dan bila A=B= 1 . Juga jika dimisalkan F2 output yang bernilai 1 bila A<B (A=0,B=1), dan F3 output yang bernilai 1 bila A>B (A=1, B=0). Maka tabel kebenarannya adalah:

| A | B | $F_1$ | $F_2$ | $F_3$ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Menggunakan minterm diperoleh:

$$F1 = \overline{A}\,\overline{B} + AB$$

$$F2 = \overline{A}\,B$$

$$F3 = A\,\overline{B}$$

Dari ekspresi ini diperoleh sirkuit digital menggunakan gerbang AND, OR dan NOT. Output F1, F2, dan F3 dapat mengaktifkan suatu cahaya seperti Light Emitting Diode (LED) bila A=B, A<B atau A>B

Gambar Comparator satu digit

*Code* digunakan untuk mentransmisikan bilangan atau karakter melalui kawat telepon, kedalam komputer, dan sebagainya. Sebagai contoh bilangan atau karakter bisa disajikan dalam bilangan biner. *Encoder* adalah alat yang mentranslasikan karakter kedalam codenya yang setara, dan *decoder* mentranslasikan kode tersebut kembali kedalam karakter semula.

Perhatikan contoh berikut ini tentang disain dekoder biner 2 bit, yang mana merupakan suatu sirkuit digital yang akan menampilkan bilangan desimal yang setara bila inputnya merupakan bilangan biner 2 bit. Contoh ini adalah bentuk khusus dari bentuk umum dengan input bilangan biner N bit.

Misal Fo, F1, F2, dan F3 adalah output yang mengaktifkan suatu sumber cahaya untuk menunjukan bilangan desimal 0,1,2,3. Tabel kebenaran berikut menunjukan input yang terdiri dari bilangan biner A dan B dengan dua bit $(AB)_2$.

Tabel Kebenaran untuk dua bit Decoder Biner

| A | B | $F_0$ | $F_1$ | $F_2$ | $F_3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Dari tabel kebenaran dapat ditarik kesimpulan bahwa

$F_0 = \bar{A}\bar{B} = \overline{A + B} = A \text{ NOR } B$

$F_1 = \bar{A}B = \overline{A + B} = A \text{ NOR } \bar{B}$

$F_2 = AB = \overline{\bar{A} + B} = \bar{A} \text{ NOR } B$

$F_3 = AB = \overline{\bar{A} + B} = \bar{A} \text{ NOR } \bar{B}$

Karena itu dapat dibentuk sirkuit dengan 4 gerbang NOR dan dua inverter.

Gambar : Decoder Biner 2 Bit

Sebagai contoh jika bilangan 10 (bilangan desimalnya 2) sebagai Input maka F2=1 yang mana dapat mengaktifkan suatu sumber cahaya dengan bentuk angka 2. Karena setiap fungsi output dalam gambar diatas adalah 1 untuk satu kemungkinan nilai A,B, maka sirkuit ini merubah input satu dari 4 kemungkinan output. Keadaan ini dinamakan dengan decoder 1 dari 4 (1 of 4 decoder). Secara umum suatu decoder 1 dari N dapat merubah input kedalam satu dari N kemungkinan.



MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Anggaplah kita ingin membuat sirkuit seperti gambar diatas yang menunjukan desimal yang setara dengan input binernya melalui sumber cahaya. Contoh ini seperti bagaimana kalkulator bekerja menunjukan angka-angka desimal 0 sampai 9 (ini bisa diperluas sampai 10 digit).

Bilangan desimal dapat didisplay melalui segmen-segmen garis bercahaya seperti gambar berikut.

Gambar : Contoh Bilangan dan Segmen Bilangan

Dalam gambar bilangan diatas digit 0 ditunjukan bila segmen 0,1,2,3,4, dan 5 bercahaya, digit 1 ditunjukan bila segmen 1 dan 2 bercahaya dan seterusnya. Jadi sebarang bilangan bulat desimal dapat didisplay dengan memnerikan cahaya pada segmen-segmen tertentu. Bagaimana bentuk fungsi segmen tersebut ? Untuk itu dicoba hanya pada digit 0,1,2, dan 3. Tabel berikut adalah menunjukan segmen So, S1, S2, S3, S4, S5, dan S6 yang dapat menghasilkan bilangan bulat desimal.

Tabel Kebenaran untuk Segmen yang menunjukan Bilangan Desimal

| Desimal | Binary A | B | $S_0$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | $S_4$ | $S_5$ | $S_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Dari tabel diatas dapat dibentuk fungsi segmen-segmennya

$S_0 = A + \overline{B}$

$S_1 = 1 = A + \overline{A}$

$S_2 = \overline{A} + B$

$S_3 = A + \overline{B}$

$S_4 = \overline{A}\overline{B} + A\overline{B} = \overline{B}$

$S_5 = \overline{A}\overline{B}$ = A NOR B

$S_6 = A\overline{B} + AB = A$

Sirkuit yang diperoleh dengan fungsi Boole $S_0$, $S_1$, $S_2$, $S_3$, $S_4$, $S_5$, dan $S_6$ sebagai output dan bit A dan B sebagai Input adalah seperti berikut.

Gambar: Sirkuit untuk mendisplay bilangan Desimal

Sebagai contoh, misalkan bilangan biner untuk didisplay adalah 11(desimalnya 3) maka A=B=1. Bila ditelusuri jalur gambar diatas terlihat bahwa $S_0$=1, $S_1$=1, $S_3$=1, $S_4$=0, $S_5$=0 dan $S_6$=1. Jadi gambar bilangan yang terbentuk dari kombinasi segmen tersebut adalah angka 3.

001.642
MUS
S1

# DAFTAR PUSTAKA

JOHNSON. E. DAVID " Digital circuit and microcomputers", Prentice Hall International Editions, 1979, London

HUDOYO, HERMAN. Prof. Drs. "Aljabar dan Kalkulus " 1989, Dept P & K LPTK. Jakarta.

CLARK. J. FRANK, " Matematika Untuk Pemrosesan data Erlangga, 1985, Jakarta.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG