

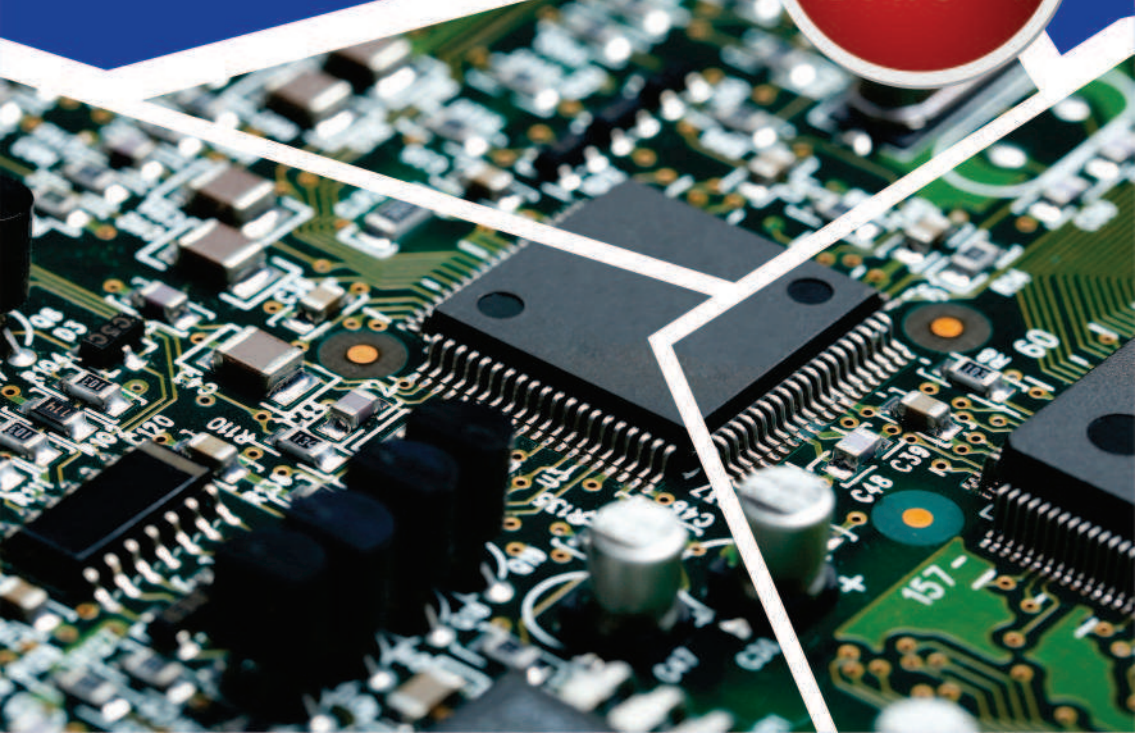
Dr. Jeane V. Tumangkeng, M. Si  
Alfrie M. Rampengan, S. Si. M. Sc  
Ishak Pawarangan, S. Pd, M. Si  
Drs. Hans Wagania, M.Sc



**DASAR**

# ELEKTRONIKA DIGITAL

**Jilid 1**



Penulisan buku ini yang diberi judul “Dasar Elektronika Digital Jilid 1”, dimaksudkan untuk digunakan sebagai suatu sarana penunjang dalam perkuliahan/pembelajaran Elektronika yang isinya adalah Dasar-Dasar Elektronika Digital. Materi dalam buku ini hanya difokuskan pada 3 pokok materi dan kegiatan, sbb :

1. Sistem Bilangan dan Sistem Kode/Sandi
2. Gerbang Logika, yang meliputi gerbang AND, gerbang OR, gerbang NOT (Inverter), gerbang NAND, gerbang NOR, gerbang EXOR dan gerbang EXNOR.
3. Aljabar Boole atau Aljabar Boolean, yang dipecah dalam tiga sub bagian, yaitu :
  - a. Hukum-hukum aljabar Boole sampai dengan penerapan teori de Morgan.
  - b. Pengembangan persamaan Boole dengan metode SOP (menggunakan rangkaian AND-OR) dan POS (menggunakan rangkaian OR-AND).
  - c. Penggunaan / penerapan peta Karnaugh dalam menyederhanakan rangkaian logika.

Mengingat bahwa peralatan praktikum laboratorium elektronika kurang tersedia pada Jurusan atau Sekolah karena mahalnya harga peralatan di pasaran, maka perlu adanya upaya agar praktikum bisa dilaksanakan walaupun dalam bentuk maya (virtual) yang menyerupai praktikum nyata (rill). Ternyata dengan adanya software EWB, praktikum elektronika berbasis laboratorium virtual dapat dilaksanakan. Karena itu, maka untuk mempermudah Pengajar (Dosen/Guru) dan mahasiswa/ Siswa melaksanakan praktikum berbasis laboratorium virtual dalam buku ini dilengkapi juga dengan panduan praktikum virtual.

# DASAR ELEKTRONIKA DIGITAL

Jilid 1



☎ 0858 5343 1992  
✉ eurekaediaaksara@gmail.com  
📍 Jl. Banjaran RT.20 RW.10  
Bojongsari - Purbalingga 53362



# DASAR ELEKTRONIKA DIGITAL JILID 1

Dr. Jeane V. Tumangkeng, M.Si  
Alfrie M. Rampengan, S.Si. M. Sc  
Ishak Pawarangan, S.Pd, M. Si  
Drs. Hans Wagania, M.Sc



**eureka**  
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

## DASAR ELEKTRONIKA DIGITAL JILID 1

**Penulis** : Dr. Jeane V. Tumangkeng, M.Si  
Alfrie M. Rampengan, S.Si. M. Sc  
Ishak Pawarangan, S.Pd, M. Si  
Drs. Hans Wagania, M.Sc

**Desain Sampul** : Eri Setiawan

**Tata Letak** : Rizki Rose Mardiana

**ISBN** : 978-623-120-772-2 (no.jil.lengkap)  
978-623-120-773-9 (jil.1 )

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, MEI 2024**  
**ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH**  
**NO. 225/JTE/2021**

**Redaksi:**

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari  
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992  
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com  
Cetakan Pertama : 2024

**All right reserved**

Hak Cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh  
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,  
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman  
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

## KATA PENGANTAR

Menyadari adanya perkembangan teknologi pendidikan/ pengajaran yang begitu cepat dan mengagumkan, maka siapa saja yang berkecimpung dalam dunia pendidikan/ pengajaran perlu menyesuaikan diri dan memanfaatkan hasil perkembangan tersebut. Penulisan buku ini yang diberi judul “Dasar Elektronika Digital Jilid 1 ” berbasis lab virtual, dimaksudkan untuk digunakan sebagai suatu sarana penunjang dalam perkuliahan/ pembelajaran Elektronika yang isinya adalah Dasar-Dasar Elektronika Digital. Mengingat bahwa peralatan praktikum laboratorium elektronika kurang tersedia pada Jurusan atau Sekolah karena mahalnya harga peralatan di pasaran, maka perlu adanya upaya agar praktikum bisa dilaksanakan walaupun dalam bentuk maya (virtual) yang meyerupai praktikum nyata (*rill*). Software *Electronis Workbench* yang disingkat EWB yang dikembangkan oleh Prof. Sedra Endorses, memiliki kemampuan dalam menggambar skema rangkaian dan dalam menja-lankan simulasi rangkaian baik simulasi analog maupun simulasi digital atau campuran analog-digital. Dengan kemampuan tersebut, kita dapat melihat dan menganalisa secara teliti bagaimana skema rangkaian yang kita rancang dapat bekerja dengan baik atau belum. Program aplikasi ini sangat berguna untuk digunakan dalam mempelajari rangkaian listrik dan elektronika berbasis laboratorium maya (*virtual laboratory*). Penggunaan lab virtual ini sangat memudahkan guru atau dosen dalam mengajarkan rangkaian listrik dan elektronika sehingga bisa membuat siswa atau mahasiswa tertarik untuk mempelajarinya.

Materi dalam buku ini hanya difokuskan pada 3 pokok materi dan kegiatan, sbb :

1. Sistem Bilangan dan Sistem Kode/Sandi
2. Gerbang Logika, yang meliputi genbang AND, gerbang OR, gebang NOT (Inveter), gerbang NAND, gerbang NOR, gerbang EXOR dan gerbang EXNOR.
3. Aljabar Boole atau Aljabar Boolean, yang dipecah dalam tiga sub bagian, yaitu :

- a. hukum-hukum aljabar Boole sampai dengan penerapan teori de Morgan
- b. pengembangan persamaan Boole dengan metode SOP (menggunakan rangkaian AND-OR) dan POS (menggunakan rangkaian OR-AND).
- c. Penggunaan / penerapan peta Karnaugh dalam menyederhanakan rangkaian logika.

Buku dasar elektronika digital berbasis lab virtual ini diharapkan dapat digunakan sebagai sarana penunjang pembelajaran/perkuliahan oleh pengajar elektronika pada program studi yang ada mata kuliah elektronika dalam kurikulumnya, atau pada jurusan tertentu di SMK yang kurikulumnya memuat mata pelajaran elektronika yang materi pembelajarannya mencakup juga dasar-dasar elektronika digital. Dengan melaksanakan praktikum berbasis lab virtual diharapkan pembelajaran/perkuliahan akan berlangsung lebih efektif, menarik dan menyenangkan.

Software EWB versi terbatas versi EWB512 yang diperlukan untuk diinstal ke komputer atau laptop yang akan digunakan oleh pengguna dapat diunduh bebas lewat internet. Materi pengenalan dan petunjuk penggunaan EWB telah terlampir pada buku ini.

Kami sebagai penyusun menyadari bahwa hasil pekerjaan penulisan buku ini masih banyak kekurangan, karena itu pengguna yang kritis dapat saja melakukan penyempurnaan apabila ingin mengembangkannya. Semoga karya sederhana ini akan bermanfaat bagi para pengguna terutama mahasiswa program studi fisika yang sedang belajar mata kuliah elektronika (khususnya materi dasar elektronika digital), atau siapa saja yang tertarik untuk belajar dasar-dasar elektronika digital..

Manado, April 2024  
Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>PETA KOMPETENSI</b> .....	<b>xx</b>
<b>BAB 1 SISTEM &amp; KODE/SANDI BILANGAN 0-1</b>	
<b>SISTEM BILANGAN</b> .....	<b>1</b>
A. Mengenal Sistem Bilangan dan Konversinya (Pengubahannya) .....	1
B. Operasi Aritmatika Bilangan Biner dan Operasi dalam Sistem Bilangan Basis-n .....	10
<b>BAB 2 SISTEM KODE/SANDI BILANGAN</b> .....	<b>31</b>
A. Pengantar .....	31
B. Sandi/Kode BCD (Binary-Coded Decimal) .....	34
C. Sandi/Kode <i>Excess-3</i> ( <i>XS-3</i> ) .....	35
D. Sandi/Kode Gray .....	37
E. Kode ASCII .....	39
F. Kode Peraga 7 Segmen ( <i>7-Segment Display</i> ) .....	43
<b>GERBANG LOGIKA</b> .....	<b>50</b>
Kegiatan I-1 .....	51
Kegiatan I-2 .....	59
Kegiatan I-3 .....	66
Kegiatan I-4 .....	71
Kegiatan I-5 .....	79
Kegiatan I-6 .....	84
Kegiatan I-7 .....	90
<b>ALJABAR BOOLEAN</b> .....	<b>95</b>
Kegiatan II-1 .....	96
Kegiatan II-2 .....	134
Kegiatan II-3 .....	169
<b>Lampiran - 1</b> .....	<b>201</b>
<b>Lampiran - 2</b> .....	<b>219</b>
<b>Lampiran - 3</b> .....	<b>224</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>227</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Sistem Bilangan .....	2
Tabel 1. 2	Kode BCD .....	9
Tabel 1. 3	Penjumlahan Biner (Basis 2).....	11
Tabel 1. 4	Pengurangan Biner (Basis 2) .....	19
Tabel 1. 5	Tabel Penjumlahan dan Perkalian Bilangan Basis-n (Contoh Basis-5 dan Basis-6).....	29
Tabel 2. 1	Pengubahan Desimal ke Kode/Sandi Gray.....	37
Tabel 2. 2	ASCII 8 Bit .....	41
Tabel 2. 3	Tabel Nilai Heksadesimal Untuk Beberapa Kode ASCII 7 Bit .....	42
Tabel 2. 4	Tabel Nilai Berbagai Sistem Bilangan dan Kode untuk Bilangan Desimal 0 s/d 15 .....	43
Tabel 2. 5	Tabel Kode Peraga 7-Segment Untuk Soal Nomor 11 .....	48
Tabel II-1 1	Tabel Kebenaran Operasi AND.....	97
Tabel II-1 2	Tabel Kebenaran Operasi OR.....	98
Tabel II-1 3	Tabel Kebenaran Operasi NOT.....	99
Tabel II-1 4	Tabel Kebenaran untuk Pers 2.1.10a, Pers 2.1.10b, Pers 2.1.10c, Pers 2.1.10d.....	111
Tabel II-1 5	Tabel Kebenaran Untuk Pers 2-1.11 .....	113
Tabel II-1 6	Tabel Kebenaran Untuk persamaan Boole .....	117
Tabel II-1 7	Tabel Kebenaran Untuk persamaan Boole .....	118
Tabel II-1 8	Tabel Kebenaran Rangkaian Gambar 2-1.6a dan gambar 2-1.6b.....	120
Tabel II-1 9	Tabel Kebenaran rangkaian gambar 2-1.7a dan gambar 2-1.7b.....	123
Tabel II-1 10	Tabel Kebenaran Untuk persamaan Boole $Y = A + AB + BC$ dan $Y = A \cdot AB \cdot BC$ .....	129
Tabel II-2 1	Tabel Kebenaran Latih pers Boole Jenis SOP dan Jenis POS .....	134
Tabel II-2 2	Tabel Kebenaran contoh Latih Bentuk SSP &SPS.....	161
Tabel II-3 1	Peta-K 2 variabel .....	170
Tabel II-3 2	Peta-K 3 variabel .....	172



Tabel II-3 3	Peta-K 3 variabel (bentuk lain).....	172
Tabel II-3 4	Tabel Kebenaran 4 Variabel dan Peta-K 4 Variabel .....	177
Tabel II-3 5	Pair dalam peta-K.....	179
Tabel II-3 6	Quad dalam peta-K.....	181
Tabel II-3 7	Overlap 2 Pair dalam peta-K.....	182
Tabel II-3 8	Oktet dalam peta-K.....	183
Tabel II-3 9	Peta-K 2 oktet overlap.....	184
Tabel II-3 10	Tabel Kebenaran dan Peta-K bentuk POS.....	187
Tabel II-3 11	Redundant dalam Peta-K.....	189
Tabel II-3 12	Tabel kebenaran yang mem-punyai output Don't Care .....	191
Tabel II-3 13	Peta-K yang mempunyai output Don't Care .....	192
Tabel II-3 14	Penggunaan Don't Care dalam Peta-K yang diubah.....	192

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Ilustrasi Pengubahan Tampilan Kalkulator.....	32
Gambar 2. 2	Simulasi Ilustrasi Pengubahan Kode .....	33
Gambar 2. 3	Contoh Konversi Sistem Desimal ke Sistem Gray .....	38
Gambar 2. 4	Contoh Pengubahan Bilangan Biner ke Sandi Gray.....	39
Gambar 2. 5	Kode ASCII dengan Bit Paritas Genap untuk Karakter C dan A.....	41
Gambar 2. 6	Diagram Seven Segment Display a. Common Khatode, b. Common Anode ...	44
Gambar 2. 7	Contoh Rangkaian Simulasi Peraga 7 Segment Common Kathode.....	46
Gambar I-1 1	Rangkaian simulasi percobaan gerbang AND 2 masukan Menggunakan Simbol Logika AND.....	51
Gambar I-1 2	Diagram Pin IC AND 2 Input, Versi TTL 7408.....	52
Gambar I-1 3	Gambar Simulasi Gerbang Logika AND Menggunakan IC AND Versi TTL 7408.....	52
Gambar I-1 4	Simulasi Fungsi AND pakai Simbol GL NAND .....	53
Gambar I-1 5	Simulasi Fungsi AND pakai IC NAND...	54
Gambar I-1 6	Simulasi Fungsi AND pakai Simbol Logika GL NOR.....	54
Gambar I-1 7	Simulasi Fungsi AND pakai IC NOR .....	55
Gambar I-1 8	Rangk Simulasi GL NAND 3 Input Menggunakan Simbol Logika .....	56
Gambar I-1 9	Diagram pin IC AND 3 input, versi TTL 7415.....	56
Gambar I-1 10	Gambar simulasi Gerbang Logika AND 3 input menggunakan IC AND versi TTL 7415.....	57

Gambar I-2 1	Rangkaian Simulasi Percobaan Gerbang OR 2 Masukan ..... 59
Gambar I-2 2	Rangkaian simulasi percobaan gerbang OR 2 masukan Dengan IC TTL 7432 ..... 60
Gambar I-2 3	Simulasi Fungsi OR pakai GL universal NAND (Simbol Logika)..... 61
Gambar I-2 4	Simulasi Fungsi OR pakai GL universal dengan IC NAND ..... 61
Gambar I-2 5	Simulasi Fungsi OR pakai GL universal NOR (Simbol Logika) ..... 62
Gambar I-2 6	Simulasi Fungsi OR pakai GL universal NOR (dengan IC) ..... 62
Gambar I-2 7	Rangkaian simulasi percobaan gerbang OR 3 masukan ..... 63
Gambar I-2 8	Rangkaian simulasi percobaan gerbang OR 3 masukan dengan IC NOR & NOT . 64
Gambar I-2 9	Gambar lengkap rangkaian simulasi percobaan gerbang OR 3 masukan Dengan IC NOR 7427 & IC NOT 7404..... 64
Gambar I-3 1	Rangkaian simulasi percobaan gerbang NOT ..... 66
Gambar I-3 2	Rangkaian simulasi percobaan gerbang NOT dengan IC TTL 7404 ..... 67
Gambar I-3 3	Simulasi Fungsi NOT pakai Simbol GL NAND ..... 68
Gambar I-3 4	Simulasi Fungsi NOT pakai IC NAND... 68
Gambar I-3 5	Simulasi Fungsi NOT pakai symbol GL NOR..... 69
Gambar I-3 6	Simulasi Fungsi NOT pakai IC NOR..... 69
Gambar I-4 1	Rangkaian simulasi percobaan gerbang NAND 2 masukan..... 71
Gambar I-4 2	Rangkaian simulasi percobaan gerbang NAND 2 masukan..... 72
Gambar I-4 3	Simulasi Fungsi OR pakai GL universal NAND (Simbol Logika)..... 73

Gambar I-4 4	Simulasi Fungsi NAND pakai GL universal NOR (dengan IC) .....73
Gambar I-4 5	Rangkaian Simulasi GL NAND 3 Input menggunakan Simbol Logika.....74
Gambar I-4 6	Diagram pin IC NAND 3 input, TTL 7410 .....74
Gambar I-4 7	Gambar simulasi Gerbang Logika NAND 3 input menggunakan IC NAND versi TTL 7410.....75
Gambar I-4 8	Rangkaian Simulasi GL NAND 4 Input menggunakan Simbol Logika.....76
Gambar I-4 9	Diagram pin IC NAND 3 input, TTL 7420 .....76
Gambar I-4 10	Gambar simulasi Gerbang Logika NAND 4 Input Menggunakan IC TTL 7420 .....77
Gambar I-5 1	Rangkaian simulasi percobaan gerbang NOR 2 masukan.....79
Gambar I-5 2	Rangkaian simulasi percobaan gerbang NOR 2 masukan dengan IC TTL 7402 .....80
Gambar I-5 3	Simulasi Fungsi NOR pakai GL universal NAND (Dengan Simbol Logika).....81
Gambar I-5 4	Simulasi Fungsi NOR pakai GL universal NAND (dengan IC) .....81
Gambar I-5 5	Rangkaian simulasi percobaan gerbang NOR 3 masukan.....82
Gambar I-5 6	Rangkaian simulasi percobaan gerbang NOR 3 masukan dengan IC TTL 7427 .....82
Gambar I-6 1	Rangkaian simulasi percobaan gerbang EXOR .....84
Gambar I-6 2	Rangkaian simulasi percobaan gerbang EXOR dengan IC TTL 7486.....85
Gambar I-6 3	Rangkaian simulasi percobaan gerbang EXOR Menggunakan Paduan Gerbang

	AND, OR 2 Masukan dan Gerbang	
	NOT (Inverter).....	85
Gambar I-6 4	Rangkaian simulasi percobaan gerbang EXOR Dengan Paduan IC AND, OR 2 Masukan dan IC NOT (Inverter) .....	86
Gambar I-6 5	Simulasi Fungsi EXOR pakai Simbol GL Univ NAND .....	87
Gambar I-6 6	Simulasi Fungsi EXOR pakai IC NAND .....	87
Gambar I-6 7	Simulasi Fungsi EXOR pakai symbol GL Univ NOR.....	88
Gambar I-6 8	Simulasi Fungsi EXOR pakai IC NOR.....	88
Gambar II-1 1	Simbol logika untuk multiplikasi Boolean.....	97
Gambar II-1 2	Simbol logika untuk Penjumlahan Boolean.....	98
Gambar II-1 3	Simbol logika untuk Inversi Boolean .....	99
Gambar II-1 4	Rangkaian Simulasi Untuk Pers 2.1.5a..	103
Gambar II-1 5	Rangkaian Simulasi Untuk Pers 2.1.5b..	104
Gambar II-1 6	Rangkaian Simulasi Untuk Pers 2.1.6ab (Hukum Komulatif) .....	105
Gambar II-1 7	Rangkaian Simulasi untuk Pers 2.1.7ab (Hukum Distributif) .....	106
Gambar II-1 8	Rangkaian Simulasi untuk Pers 2.1.8ab (Hukum Asosiatif).....	108
Gambar II-1 9	Rangkaian Simulasi untuk Pers 2.1.9 abcde (Hukum Absorbtif) .....	109
Gambar II-1 10	Latihan mengembangkan persamaan Boolean dan tabel kebenaran berdasarkan gambar rangkaian logika..	110
Gambar II-1 11	Rangkaian logika yang dijadikan dasar analisis gerbang per gerbang .....	112
Gambar II-1 12	Rangkaian Simulasi untuk Pers 2-1.11 $Y=(AB)+(BC)$ .....	112
Gambar II-1 13	Rangkaian simulasi untuk pers 2-1.12 $Y = A+B+C$ .....	113

Gambar II-1 14	Rangkaian simulasi untuk pers 2-1.12 $Y = A \cdot B \cdot C$ ..... 114
Gambar II-1 15	Rangkaian simulasi untuk pers 2-1.13 $Y = A + B$ ..... 114
Gambar II-1 16	Rangkaian simulasi untuk pers 2-1.13 $Y = A \cdot B \cdot C$ ..... 115
Gambar II-1 17	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $Y = A + B$ ..... 116
Gambar II-1 18	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $Y = A \cdot B$ ..... 116
Gambar II-1 19	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $Y = A + B$ ..... 117
Gambar II-1 20	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $Y = A \cdot B$ ..... 118
Gambar II-1 21	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $A + BC$ ..... 119
Gambar II-1 22	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $A \cdot BC$ ..... 119
Gambar II-1 23	Rangkaian simulasi Persamaan Boole $Y = AB + AC + BD + CD$ ..... 121
Gambar II-1 24	Rangkaian simulasi pers Boole $Y = (A+D)(B+C)$ ..... 122
Gambar II-1 25	Rangkaian logika soal no 2 ..... 123
Gambar II-1 26	Analisis gerbang per gerbang rangkaiian logika untuk mendapatkan persamaan aljabar Boole outputnya ..... 124
Gambar II-1 27	Rangkaian simulasi pers Boole $Y = B(A+C) + C$ ..... 124
Gambar II-1 28	Rangkaian simulasi pers Boole $Y = AB + C$ ..... 125
Gambar II-1 29	Rangkaian simulasi pers Boole $Y =$ $(A+B).B'+B'+BC$ ..... 126
Gambar II-1 30	Rangkaian simulasi pers Boole $Y = B' + C$ ..... 126

Gambar II-1 31	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $Y = (A'BC') + AB'C + ABC' + ABC$ ..... 127
Gambar II-1 32	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $Y = BC' + AC$ ..... 128
Gambar II-1 33	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $Y = A + AB + BC$ ..... 128
Gambar II-1 34	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $Y = A + AB + BC$ ..... 129
Gambar II-1 35	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $Y = A \cdot AB \cdot BC$ ..... 130
Gambar II-1 36	Rangkaian simulasi persamaan aljabar Boole $Y = A + AB + BC$ ..... 130
Gambar II-2 1	Rangkaian simulasi untuk pers 2-2.01a $Y = \bar{A} \bar{B} \bar{C} + \bar{A} B \bar{C} + A \bar{B} \bar{C}$ ..... 135
Gambar II-2 2	Rangkaian simulasi untuk pers 2-2.01a $Y = (A+B+C) (A+B) ( +B+C) ( + +C) ( + +)$ ..... 136
Gambar II-2 3	Rangkaian simulasi bentuk SOP yang merepresentasikan persamaan Boole $Y = \bar{A} \bar{B} \bar{C} + \bar{A} B \bar{C} + A \bar{B}$ ..... 137
Gambar II-2 4	Rangkaian simulasi bentuk AND-OR yang merepresentasikan persamaan $Y = \bar{A} \bar{C} + A \bar{B}$ ..... 137
Gambar II-2 5	Latihan mengembangkan rangkaian logika bentuk SOP berdasarkan penyederhanaan persamaan Boolean menjadi setara bentuk AND-OR..... 138
Gambar II-2 6	Rangkaian simulasi persamaan Boolean $Y = B C + A C + B + ABC$ ..... 139
Gambar II-2 7	Rangkaian simulasi persamaan Boole $Y = B + A C$ yang disederhanakan dari persamaan $Y = \bar{A} B C + A \bar{B} C + B \bar{C} + ABC$ ..... 139

Gambar II-2 8	Latihan mengubah bentuk SOP ke rangkaian logika ..... 141
Gambar II-2 9	Rangkaian simulasi bentuk SOP yang merepresentasikan persamaan Boole $Y = \overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{A} B \overline{C} + A \overline{B} \overline{C}$ ..... 142
Gambar II-2 10	Rangkaian simulasi bentuk AND-OR yang merepresentasikan persamaan $Y = \overline{A} \overline{C} + A \overline{B}$ ..... 142
Gambar II-2 11	Latihan mengembangkan rangkaian logika bentuk SOP berdasarkan penyederhanaan persamaan Bolean menjadi setara bentuk AND-OR ..... 143
Gambar II-2 12	Rangkaian simulasi persamaan Bolean $Y = \overline{A} B C + A \overline{B} C + B \overline{C} + ABC$ ..... 144
Gambar II-2 13	Rangkaian simulasi persamaan Boole $Y = B + A C$ Hasil penyederhanaan dari persamaan $Y = \overline{A} B C + A \overline{B} C + B \overline{C} + ABC$ ..... 144
Gambar II-2 14	Latihan mengubah bentuk POS ke rangkaian logika ..... 146
Gambar II-2 15	Rangkaian simulasi untuk latihan mengubah bentuk POS ke rangkaian logika ..... 147
Gambar II-2 16	Gambaran suatu unit BUS ..... 148
Gambar II-2 17	Ilustrasi penggunaan unit BUS ..... 148
Gambar II-2 18	Latihan menggambarkan rangkaian simulasi bentuk SOP dengan menggunakan unit BUS ..... 149
Gambar II-2 19	Latihan menggambarkan rangkaian simulasi bentuk POS dengan menggunakan konsep BUS ..... 150
Gambar II-2 20	Rangkaian logika $Y = (A+)(A+C)$ yang telah disederhanakan hanya dengan NAND ..... 152



Gambar II-2 21	Rangkaian simulasi $Y = (A+)(A+C)$ Bentuk POS.....	152
Gambar II-2 22	Rangkaian simulasi $Y = (A+ BC)$ Bentuk SOP.....	153
Gambar II-2 23	Rangkaian logika/simulasi hanya dengan NAND .....	153
Gambar II-2 24	Contoh-2 Penyederhanaan rangkaian logika hanya dengan NAND .....	154
Gambar II-2 25	Rangkaian simulasi persamaan 2.2.04b1 $Y = AB + A C$ yang belum diubah ke bentuk NAND .....	154
Gambar II-2 26	Rangkaian simulasi persamaan 2.2.04b2 yang sudah diubah ke bentuk NAND .....	155
Gambar II-2 27	Contoh-1 penyederhanaan rangkaian logika hanya dengan NOR.....	156
Gambar II-2 28	Rangkaian simulasi persamaan 2-2.04c1 $Y = AB + A C$ yang belum diubah ke bentuk NOR saja .....	156
Gambar II-2 29	Rangkaian simulasi persamaan 2-2.04c2 yang sudah diubah ke bentuk NOR saja .....	157
Gambar II-2 30	Rangkaian simulasi persamaan 2-2.05a1 $Y = B + A C$ yang belum diubah ke bentuk SSP .....	158
Gambar II-2 31	Rangkaian simulasi persamaan 2-2.05a2 yang sudah diubah ke bentuk SSP .....	159
Gambar II-2 32	Rangkaian simulasi persamaan 2-2.05b1 $Y = AB + A C$ yang belum diubah ke bentuk SPS .....	160
Gambar II-2 33	Rangkaian simulasi persamaan 2-2.05b2 yang sudah diubah ke bentuk SPS .....	161

Gambar II-2 34	Rangkaian simulasi persamaan 2-2.05c5 (hasil penyederhanaan dengan peta- K).....	163
Gambar II-2 35	Rangkaian simulasi persamaan 2-2.05c6 (hasil penyederhanaan dengan peta- K).....	163
Gambar II-3 1	Rangkaian logika bentuk AND-OR hasil penyederhanaan dengan peta-K 2 variabel dengan meninjau minterm....	171
Gambar II-3 2	Rangkaian logika bentuk OR-AND hasil penyederhanaan dengan peta-K 2 variabel dengan meninjau maxterm ...	171
Gambar II-3 3	Rangkaian logika bentuk AND-OR hasil penyederhanaan dengan peta-K 3 variabel dengan meninjau minterm....	173
Gambar II-3 4	Rangkaian simulasi bentuk AND-OR hasil penyederhanaan dengan peta-K 3 variabel dengan meninjau minterm....	174
Gambar II-3 5	Rangkaian simulasi persamaan 2.3c yang belum disederhanakan dengan peta-K 3 variabel dengan meninjau minterm .....	174
Gambar II-3 6	Rangkaian logika bentuk OR-AND hasil penyederhanaan dengan peta-K 3 variabel dengan meninjau maxterm ...	175
Gambar II-3 7	Rangkaian simulasi bentuk AND-OR hasil penyederhanaan dengan peta-K 3 variabel dengan meninjau maxterm ...	175
Gambar II-3 8	Rangkaian simulasi persamaan 2.3g yang belum disederhanakan dengan peta-K 4 variabel dengan meninjau minterm .....	178
Gambar II-3 9	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3i hasil penyederhanaan lewat pasangan pair dengan meninjau minterm .....	179

Gambar II-3 10	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3j yang belum disederhanakan lewat pasangan pair....	180
Gambar II-3 11	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3k yang sudah disederhanakan lewat peta-K dengan 2 kelompok quad.....	181
Gambar II-3 12	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3l yang sudah disederhanakan lewat peta-K dengan 2 kelompok quad yang overlap .....	182
Gambar II-3 13	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3m yang sudah disederhanakan lewat peta-K dengan 1 kelompok octed .....	183
Gambar II-3 14	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3n yang belum disederhanakan lewat peta-K .....	184
Gambar II-3 15	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3n yang sudah disederhanakan dengan peta-K.....	185
Gambar II-3 16	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3n yang belum disederhanakan lebih lanjut dengan peta-K.....	186
Gambar II-3 17	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3p yang sudah disederhanakan dengan peta-K.....	188
Gambar II-3 18	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3q yang belum disederhanakan dengan peta-K.....	188
Gambar II-3 19	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3s yang sudah disederhanakan dengan peta-K.....	190
Gambar II-3 20	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3r yang sudah	

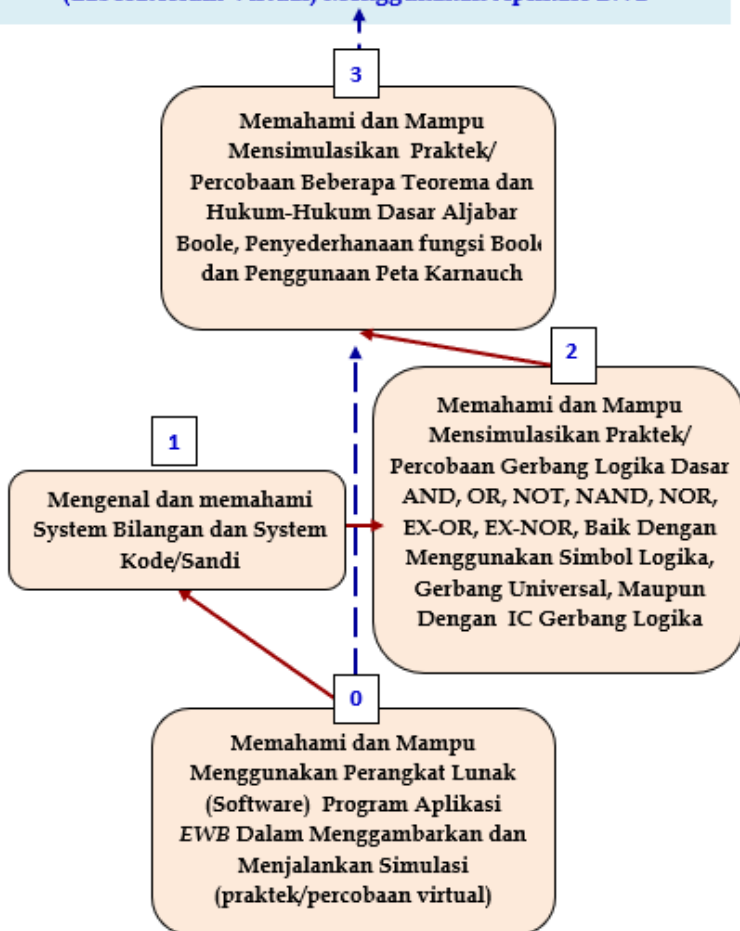
	disederhanakan dengan peta-K tapi belum mengabaikan quad yang overlap dengan keempat pair.....	190
Gambar II-3 21	Rangkaian logika/ simulasi persamaan 2.3t yang sudah disederhanakan dengan peta-K.....	193
Gambar Lampiran-1 1	Bentuk lembar kerja EWB setelah dibuka.....	202
Gambar Lampiran-1 2	Komponen Dasar .....	203
Gambar Lampiran-1 3	Macam – macam komponen pada bagian sumber.....	203
Gambar Lampiran-1 4	Macam – macam komponen.....	204
Gambar Lampiran-1 5	Macam – macam komponen.....	204
Gambar Lampiran-1 6	Macam – macam komponen pada bagian IC Analog.....	205
Gambar Lampiran-1 7	Macam – macam komponen pada bagian Mixed IC .....	205
Gambar Lampiran-1 8	Macam – macam komponen pada .....	205
Gambar Lampiran-1 9	Macam – macam komponen pada Gerbang Logika .....	206
Gambar Lampiran-1 10	Macam – macam komponen digital.....	207
Gambar Lampiran-1 11	Macam – macam komponen pada Indikator.....	207
Gambar Lampiran-1 12	Macam – macam komponen pada Kontrol.....	208
Gambar Lampiran-1 13	Macam – macam komponen pada Miscellaneous.....	208
Gambar Lampiran-1 14	Macam – macam komponen pada Instrumen .....	209
Gambar Lampiran-1 15	Tombol On/OFF dan Pause .....	209
Gambar Lampiran-1 16	Rangkaian untuk Latihan-1 .....	212
Gambar Lampiran-1 17	Bentuk tampilan Rangkaian Simulasi Praktikum Gerbang Logika AND 3 masukan setelah dibuka.....	214
Gambar Lampiran-1 18	Padts Bin Gerbang Logic.....	214
Gambar Lampiran-1 19	Parts Bin Sources .....	215

Gambar Lampiran-1 20 Parts Bin Sources .....	215
Gambar Lampiran-1 21 Parts Bin Indicators .....	216
Gambar Lampiran-1 22 Penggambaran rangkaian.....	216
Gambar Lampiran-1 23 Rangkaian percobaan proses pengisian dan pengosongan kapasitor .....	217
Gambar Lampiran-1 24 Rangkaian percobaan Multiplexer (MUX) 4 ke 1.....	217
Gambar Lampiran-1 25 Rangkaian percobaan SR Flip-Flop .....	218
Gambar Lampiran - 2 1 Pengukuran arus dan tegangan AC pada R .....	220

## PETA KOMPETENSI

### Bagian I

**Memahami Dengan Cepat dan Mudah Konsep-Konsep Dasar Elektronika Digital Melalui Kegiatan Simulasi Praktikum (Laboratorium Virtual) Menggunakan Aplikasi EWB**



# BAB

# 1

## SISTEM & KODE/SANDI BILANGAN 0-1 SISTEM BILANGAN

### A. Mengenal Sistem Bilangan dan Konversinya (Pembahannya)

Sistem Bilangan adalah kumpulan simbol khusus yang digunakan dalam membangun sebuah bilangan. Sistem bilangan yang umum dipakai manusia adalah Desimal yang terdiri dari sepuluh simbol yaitu 0 s/d 9. Sistem bilangan desimal biasanya disebut sistem bilangan berbasis 10. Penulisan basis sistem bilangan biasanya diakhir bilangan berupa angka yang diperkecil / subscript, misalnya :  $200_{10}$ , akan tetapi biasanya untuk sistem bilangan desimal tidak dituliskan

Sistem bilangan yang digunakan dalam mesin digital seperti komputer dan kalkulator, juga dalam elektronika digital adalah :

1. Sistem Bilangan Biner – Basis dua
2. Sistem Bilangan Oktal – Basis Delapan
3. Sistem Bilangan Desimal – Basis Sepuluh
4. Sistem Bilangan Heksadesimal – Basis Enam Belas

# BAB

# 2

## SISTEM KODE/SANDI BILANGAN

### A. Pengantar

Pada mesin digital, baik instruksi (perintah) maupun informasi (data) diolah dalam bentuk biner. Karena mesin digital hanya dapat 'memahami' data dalam bentuk biner. Kita sering menggunakan mesin-mesin digital seperti jam digital, multimeter digital, thermometer digital, kalkulator, computer, dan sebagainya. Tampilan yang langsung dapat dilihat berupa angka decimal atau kumpulan huruf latin yang dikenal dalam keseharian, padahal proses yang terjadi didalam mesin-mesin tersebut berbentuk biner. Sedangkan instruksi maupun informasi dalam bentuk biner tidak disukai karena diluar kebiasaan sehingga terasa sangat rumit dan kurang praktis. Kita telah terbiasa dengan huruf latin dari A sampai Z dan angkaangka dari 0, 1, 2, ..., sampai 9. Sehingga apabila disajikan bilangan atau kata dalam bentuk biner tidak segera dapat diketahui maknanya. Misalnya pada sederet bit biner 00010111, kita tidak segera tahu bahwa deretan bit biner itu menyatakan bilangan atau huruf. tahu bahwa deretan bit itu menyatakan bilangan atau huruf..

Dalam pemakaian kalkulator, bilangan yang dimasukan melalui tombol kunci (tuts) perlu diubah dari bentuk decimal menjadi biner. Sebaliknya bilangan yang muncul pada tampilan kalkulator mengalami proses pengubahan dari bentuk biner ke dalam format 7-segmen yang umumnya berbentuk desimal. Perhatikan ilustrasi pengubahan tampilan kalkulator pada di bawah ini. Kita akan memasukan bilangan decimal 5 dengan



## GERBANG LOGIKA

### Deskripsi Singkat

Dalam penuntun simulasi praktikum (Lab Virtual) Gerbang Logika ini, Anda akan melakukan simulasi praktek/percobaan untuk gerbang logika AND, OR, NOT, NAND, NOR, EX-OR, dan EX-NOR. Cara yang akan dilakukan : (1) Menggunakan simbol-simbol logika dan IC untuk masing-masing gerbang. (2) Menggunakan Gerbang Logika Universal NAND dan NOR untuk ketujuh gerbang logika tersebut di atas, baik dengan simbol logika maupun dengan IC virtualnya.

Karena itu, maka sasaran belajar untuk simulasi praktek/percobaan pada bagian pertama ini, adalah sebagai berikut :

- ❖ Mampu melakukan simulasi praktek/percobaan gerbang logika dasar AND, OR, NOT, NAND, NOR, EXOR, EXNOR, baik menggunakan simbol-simbol logika maupun IC untuk masing-masing gerbang.
- ❖ Mampu melakukan simulasi praktek/percobaan untuk semua gerbang logika dasar tersebut di atas dengan menggunakan gerbang NAND dan NOR sebagai gerbang universal, baik dengan symbol logika maupun dengan IC virtualnya.

## ALJABAR BOOLEAN

### Deskripsi Singkat

Deskripsi ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran umum mengenai urutan proses kegiatan simulasi praktikum aljabar Boolean yang akan dilakukan. Materinya mencakup :

- ❖ *pertama*: dimulai dengan sifat-sifat khusus (identitas dasar) aljabar Boole, hukum-hukum aljabar Boole sampai dengan penerapan teori de Morgan;
- ❖ *kedua*, pengembangan persamaan Boole dengan metode *SOP* (*Sum Of Product*) dan pengubahannya ke bentuk AND-OR, serta metode *POS* (*Product Of Sum*) dan pengubahannya ke bentuk OR-AND); penyederhanaan fungsi Boolean hanya dengan gerbang NAND saja dan hanya dengan gerbang NOR saja; pengembangan dan penyederhanaan fungsi Boolean dengan metode *SSP* (*Standar Sum of Product*) dan *SPS* (*Standar Product of Sum*)
- ❖ *ketiga*, berkaitan dengan penggunaan/penerapan peta Karnaugh dalam mengembangkan dan menyederhanakan fungsi atau persamaan Boolean.

Karena itu, maka kompetensi dasar yang diharapkan dikuasai untuk kegiatan pada bagian ini, adalah sebagai berikut :

- ❖ Mampu melakukan simulasi praktek/percobaan berkaitan dengan beberapa sifat khusus dan hukum-hukum aljabar Boole serta penerapan teori de Morgan yang digunakan dalam menuliskan persamaan logika dari suatu rangkaian logika, dengan menggunakan symbol-simbol gerbang logika, dan
- ❖ Mampu melakukan simulasi praktek/percobaan yang berkaitan dengan pengembangan persamaan Boole dengan metode SOP dan POS, penggunaan rangkaian AND-OR dan rangkaian OR-AND, penyederhanaan fungsi Boolean dengan gerbang NAND saja atau NOR saja. Pengembangan bentuk standar fungsi Boolean dengan metode SSP dan SPS.
- ❖ Mampu melakukan simulasi praktek/percobaan yang berkaitan serta peta Karnaugh dan penggunaannya dalam menyederhanakan fungsi Boolean.

## **Lampiran - 1**

### **Mengenal Program Aplikasi EWB**

#### **Pengantar**

Sekarang ini telah banyak ditemukan di pasaran berbagai program aplikasi komputer yang dirancang khusus untuk bidang elektronika, misalnya untuk tujuan menggambar rangkaian dan sekaligus menjalankannya atau mensimulasikannya, seperti : Electronics WorkBench, Proteus, Circuit Maker, Pintar Media, dll. Dengan mempergunakan software tersebut, cukup banyak waktu, tenaga dan biaya yang dapat dihemat jika dibanding dengan bekerja secara manual. Dari sejumlah penelitian yang telah dilakukan oleh banyak orang, juga oleh tim pengajar elektronika di jurusan fisika FMIPA UNIMA, baik yang dilakukan di sekolah menengah maupun perguruan tinggi, mengenai penggunaan program simulasi dalam pembelajaran fisika maupun elektronika, antara lain ditemukan bahwa siswa atau mahasiswa lebih aktif terlibat dalam proses pembelajaran, lebih cepat memahami materi pembelajaran dan lebih tertarik (tidak bosan) mengikuti pembelajaran. Dengan bantuan simulasi maka situasi belajar menjadi hidup karena simulasi itu sendiri dipadukan dengan pendekatan konstruktivis. Siswa seakan-akan terlibat langsung dalam melakukan percobaan dan siswa dimungkinkan terlibat dalam melakukan atau mengalami proses sains seperti: melakukan pengukuran, mengamati, mencatat data, memanipulasi variabel, membuat dugaan/hipotesis dan mengujinya, membuat dan menginterpretasi grafik, dan lain-lain. Ujicoba penggunaan EWB dalam praktikum elektronika dasar yang diawali dengan simulasi percobaan sebelum percobaan itu dilakukan, memberikan hasil yang positif. Pelaksanaan praktikum menjadi lancar karena kesulitan yang biasanya dihadapi mahasiswa dalam melakukan praktikum relatif berkurang. Mahasiswa memperoleh gambaran yang jelas sebelum melakukan praktikum tentang data yang akan dicatat, apa yang mesti dilakukan untuk mendapatkannya dan bagaimana mengolah atau memperlakukan data tersebut.

## Berlatih Menggunakan Aplikasi EWB

### *Contoh pertama:*

Misalnya sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 loop untuk percobaan Hukum Kirchhoff.

Langkah-langkahnya adalah sbb :

- ❖ Bukalah program EWB (pakai salah satu dari 3 cara yang telah dikemukakan di bagian depan).
- ❖ Perhatikan komponen apa saja yang akan ditampilkan, misalnya 3 buah resistor, dua buah batere, tiga ammeter dan satu voltmeter.
- ❖ Untuk menggambar resistor, masuk dari *Parts Bin basic (dasar)* yang gambar simbolnya resistor. Klik disitu, kemudian klik dan tarik (drag) gambar resistor yang ada dalam kelompok komponen tersebut, lepaskan dalam lembaran kerja. Lakukan dua kali lagi mengambil resistor dengan cara yang sama (drag).
- ❖ Untuk menggambar batere, masuk dari *Parts Bin Sumber (Sources)* yang menggunakan gambar symbol batere. Klik disitu, maka muncul kelompok/pustaka komponen. Klik dan tarik (drag) gambar batere, bawa ke lembaran kerja dan lepaskan disana. Demikian juga cara menggambar ground yang terdapat dalam parts bin (pustaka komponen) yang sama.
- ❖ Untuk memunculkan ammeter dan voltmeter, masuk dari *Parts Bin Instrumen*. Klik dan tarik (drag) berturut-turut gambar ammeter dan voltmeter, lepaskan di lembaran kerja.

Catatan :

*Sebenarnya kita dapat juga menggunakan multimeter dengan mendrag gambar multimeter dari kelompok instrumen, namun kelemahannya multimeter hanya dapat dimunculkan satu kali, pada hal kita memerlukan 3 alat ukur arus untuk mengukur arus di tiga tempat (cabang) secara bersamaan. Bisa saja kita pakai satu multimeter untuk semua pengukuran arus dan tegangan dalam satu percobaan, tapi tiap kali kita harus memindahkan multimeter itu dan merubah fungsinya (mengukur arus atau tegangan atau hambatan). Itu berarti kita juga harus merombak rangkaian karena akan memasukkan alat ukur itu untuk mengukur arus dalam satu cabang.*

## Lampiran - 2

### PETUNJUK CARA MENJALANKAN FILE SIMULASI DENGAN EWB

UNTUK MENJALANKAN SIMULASI YANG SUDAH DISEDIAKAN DALAM KEGIATAN PAKTIKUM BERBASIS LAB VIRTUAL, TERLEBIH DAHULU ANDA PERLU MENGENAL DAN BISA MENGGUNAKAN PROGRAM APLIKASI EWB.

UNTUK MENGENAL EWB, BACA/PELAJARI MATERI PENGENALAN SOFTWARE EWB YANG SUDAH DISEDIAKAN DALAM KEMASAN INI.

DALAM MELAKUKAN SIMULASI/PRAKTIKUM VIRTUAL UNTUK BERBAGAI CONTOH YANG DISEDIAKAN DALAM PERANGKAT BAHAN INI, IKUTI LANGKAH-LANGKAH BERIKUT:

- ❖ KETIKA ANDA MENJUMPAI PADA BAGIAN TERTENTU DIPERLUKAN SIMULASI, KONTROL KLIK SAJA KOTAK KECIL YANG DIBERI WARNA YANG DITEMPATKAN DI ATAS ATAU DISAMPING GAMBAR RANGKAIAN YANG AKAN DISIMULASIKAN, YANG BERTULISKAN CTRL KLIK ATAU DOUBLE CLICK UNTUK SIMULASI.

**CONTOH SALAH SATU KOTAK BERISI TULISAN CTRL KLIK UNTUK SIMULASI.**

**Ctrl & Klik disini**  
Pilih File 02a-SIM AND pakai NAND

- ❖ YANG ANDA LAKUKAN SEKARANG, ADALAH TEKAN KONTROL BERSAMAAN DENGAN KLIK MOUSE –  
*Jika komputer anda sudah terinstal software EWB maka file simulasi yang dituju akan muncul. Tapi, jika belum diinstal, anda harus menginstal software tsb. Software tersebut sudah tersedia di dalam CD yang merupakan lampiran terpisah dari buku ini, di dalam folder yang bertuliskan SOFTWARE*
- ❖ Selanjutnya anda tinggal menjalankan simulasi mengikuti petunjuk yang ada dalam penuntun praktikum ini. Setelah simulasi selesai, anda harus keluar dari file simulasi itu sebelum masuk ke simulasi lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali Muhamad, Chandra Nugraha. 2018. *Teknik Digital - Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: UNY Press
- Diefenderfer, Holton, 1993, *Principles of Electronic Instrumentation*, Third edition, International Edition
- Digital Experiments, <http://www.playhookey.com/digital/experiments/> diakses 31 Januari 2012.
- Digital Logic, [http://www.williamson-labs.com/480\\_logic.htm](http://www.williamson-labs.com/480_logic.htm), diakses 31 Januari 2012. Gatot Santosa Purnomo, 2006. *Simulasi Elektronika Digital Menggunakan EWB*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Latif Amalia Nova , Muchlas dan Ishafit, 2009. "Pengembangan e-laboratory untuk praktikum elektronika pada mahasiswa pendidikan fisika Universitas Ahmad Dahlan", *Prosiding seminar nasional penelitian, pendidikan dan penerapan MIPA*", Fakultas MIPA, Universitas Yogyakarta
- Logic Lab, Digital Electronics, SweetHaven Publishing Services, <http://www.sweethaven.com/sweethaven/ModElec/digital/CombLogic/CombLab01.asp> ---diakses 2 Oktober 2011
- Malvino, Leach. 1981. *Digital Princiles and Applications*. Mc Graw-Hill Inc. (diterjemahkan dengan judul *Prinsip-Prinsip dan Penerapan Digital*, oleh Irwan Wijaya, ed. III, Erlangga, Jakarta, 1987).
- Muchlas, 2005. *Rangkaian Digital*. Jogyakarta : Penerbit Gaya Media.
- Sumarna, 2006. *Elektronika Digita (konsep Dasar dan Aplikasinya)*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Thomas A. Adamson. 1989. *Digital: System, Logic and Applications*. New York : Dalmar Publishers Inc.
- Tocci, R. J. & Widmer, R. S. 2001. *Digital Systems: Principles and Applications*, 8th Edition. Englewood Cliff: Prentice Hall, Inc.

Tutorial Electronics Experiment, Chapter 7 *Digital Integrated circuits*,  
[http://www.opamp-lectronics.com/tutorials/experiments\\_ch\\_007.html](http://www.opamp-lectronics.com/tutorials/experiments_ch_007.html)

diakses 31 Januari 2012

Tumangkeng, Rampengan, Wagania, 2023. *Implementasi Penggunaan Software Autoplay Media Studio 8 & Electronic WorkBench (EWB) Dalam Pembelajaran IPA-Fisika di Sekolah Menengah*, Penerbit : Tangguh Denara Jaya, Kupang, NTT.

Wagania, Komansilan, Tumangkeng, Mandang. *Development of Electro-nic Media (E-Media) - Guiding Practical Simulation Lab (Virtual) as Supporting lectures and Practical Basic Electronics II For The Department of Physics: International Journal Of Science and Engineering Investigations*, vol 6 October 2017.

Wagania Hans. (2012). "Pengembangan CD Praktikum Virtual Gerbang Logika Sebagai Penunjang Kuliah & Praktikum Elektronika Digital ". Laporan Penelitian. Proyek DIPA UNIMA.

William J. Strelb. 1990. *Digital Circuits*. Illinois : The Goodheart-Willcox Company, Inc