

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pendidikan diselenggarakan melalui kegiatan belajar mengajar untuk mencapai tujuan pendidikan dan melatih kemampuan siswa dalam berbagai kegiatan. Siswa harus diberi kesempatan siswa dalam berbagai kegiatan. Siswa harus diberikan kesempatan untuk mengembangkan kemampuan melalui berbagai kegiatan, baik di sekolah ataupun di luar sekolah. Misalnya, kegiatan sekolah ialah siswa mengerjakan tugas-tugas yang diberikan guru di sekolah. Pada proses belajar mengajar untuk memilih suatu metode mengajar perlu memperhatikan beberapa hal, seperti materi yang akan disampaikan, tujuan, waktu, dan banyaknya siswa serta hal lain yang berkaitan dengan kegiatan pembelajaran di sekolah.

Dalam kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), contoh di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 7 Kota Bekasi menggunakan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) yang mengacu pada Standar isi dan Standar Kompetensi Lulusan. SMK Negeri 7 Kota Bekasi terdapat 4 Jurusan, yaitu Teknik Otomasi Industri, Teknik Audio Video, Teknik Kendaraan Ringan, dan Akutansi. Pada proses kegiatan pembelajaran Sistem Kendali Digital di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 7 Kota Bekasi masih belum optimal, masih banyak siswa yang kurang memperhatikan saat guru menjelaskan materi ajar Sistem Kendali Digital yang diberikan khususnya tentang materi Gerbang Logika. Siswa cenderung kurang aktif dan tidak bergairah dalam mengikuti kegiatan pembelajaran Sistem Kendali Digital khususnya materi tentang Gerbang Logika.

Gerbang Logika adalah rangkaian dengan satu atau lebih dari satu sinyal masukan tetapi hanya menghasilkan satu sinyal berupa tegangan tinggi atau tegangan rendah. Analisis Gerbang logika dilakukan dengan Aljabar Boolean, maka gerbang logika sering juga disebut Rangkaian logika. Rangkaian logika sering kita temukan dalam sirkuit digital yang diimplementasikan secara elektronik dengan menggunakan dioda atau transistor.

Pada saat melakukan observasi di lapangan peneliti menemukan permasalahan di kelas. Berikut ini informasi guru dan observasi di lapangan tentang gambaran keadaan siswa dan hasil belajar siswa ; (1) Siswa cenderung pasif pada proses belajar yang difasilitasi oleh guru. (2) Sebagian siswa masih banyak yang kurang memperhatikan pelajaran, antara lain siswa asyik mengobrol di dalam kelas, bermain, bercanda, dan lain-lain. (3) Siswa tidak mencatat apa yang disampaikan oleh guru (4) Siswa cenderung takut dan tidak ada keberanian dalam mengajukan pertanyaan (5) Rendahnya hasil belajar siswa pada mata pelajaran Sistem Kendali Digital khususnya materi tentang Gerbang Logika, sehingga pada pembelajaran Sistem Kendali Digital khususnya materi tentang Gerbang Logika masih kurang hasil belajarnya dan menjadi tidak bergairah. Maka guru berupaya membuat suasana pembelajaran kreatif dalam kelas untuk meningkatkan hasil belajar. Dalam penguasaan materi Gerbang Logika, yaitu menerapkan materi Gerbang Logika dengan menggunakan Simulasi *Electronics Workbench* diharapkan dengan adanya Simulasi *Electronics Workbench* siswa dapat mencapai peningkatan hasil belajar. Berdasarkan acuan dalam penelitian, peneliti meyakini dapat meningkatkan hasil belajar yaitu dengan menerapkan Model Pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan).

PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan) merupakan model pembelajaran dan menjadi pedoman dalam bertindak untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dengan pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan), diharapkan berkembang berbagai macam inovasi kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pembelajaran yang partisipatif, aktif, kreatif, efektif, dan menyenangkan. Pembelajaran merupakan implementasi kurikulum di sekolah, dari kurikulum yang sudah dirancang dan menurut aktifitas dan kreativitas guru dan siswa sesuai dengan rencana yang telah diprogramkan secara efektif dan menyenangkan. Ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Brooks bahwa “Pembaruan dalam pendidikan harus dimulai dari ‘bagaimana anak belajar’ dan ‘bagaimana guru mengajar’, bukan dari ketentuan-ketentuan hasil”.¹

Guru harus dapat mengambil keputusan atas dasar penilaian yang tepat ketika siswa belum dapat membentuk kompetensi dasar, Standar kompetensi berdasarkan interaksi yang terjadi dalam kegiatan pembelajaran partisipatif, aktif, kreatif, efektif, dan menyenangkan, supaya kompetensi dasar dan standar kompetensi yang telah dirancang dapat tercapai. Dalam model PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan) ini, guru dituntut untuk dapat melakukan kegiatan pembelajaran yang dapat melibatkan siswa melalui partisipatif, aktif, kreatif, efektif, dan menyenangkan, yang pada akhirnya membuat siswa dapat membuat karya, gagasan, pendapat, ide atas hasil penemuannya dan usaha sendiri.

¹ Dr. Rusman, M.Pd., Model – Model Pembelajaran (Jakarta : PT RajaGrafindo Persada, 2012), hal

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah, peneliti menulis rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah meningkatkan motivasi siswa kelas XI TOI (Teknik Otomasi Industri) dalam Mata Pelajaran Sistem Kendali Digital dengan menggunakan model pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan) di SMK Negeri 7 Kota Bekasi ?
2. Bagaimanakah meningkatkan hasil belajar Sistem Kendali Digital dengan menggunakan model pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan) pada siswa XI TOI (Teknik Otomasi Industri) di SMK Negeri 7 Kota Bekasi ?
3. Bagaimanakah persepsi siswa dalam proses pembelajaran Sistem Kendali Digital dengan menggunakan model PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan) pada siswa Kelas XI TOI (Teknik Otomasi Industri) di SMK Negeri 7 Kota Bekasi ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk meningkatkan hasil belajar Sistem Kendali Digital dengan menggunakan model pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif Dan Menyenangkan) pada siswa kelas XI TOI (Teknik Otomasi Industri) di SMK Negeri 7 Kota Bekasi.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian tindakan kelas ini diharapkan dapat bermanfaat, diantaranya :

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Menerapkan disiplin ilmu yang ditekuni di perkuliahan.
 - b. Menambah pengetahuan mengenai mata pelajaran Sistem Kendali Digital dibantu dengan Aplikasi Simulasi *Electronics Workbench*.
2. Bagi peserta didik
 - a. Memotivasi siswa untuk berimajinasi tentang proses Gerbang Logika dan berkreatifitas dalam hal berkarya.
 - b. Dapat digunakan sebagai masukan untuk meningkatkan prestasi mata pelajaran produktif menunjang dengan adanya aplikasi Simulasi *Electronics Workbench* di mata pelajaran Sistem Kendali Digital khususnya materi Gerbang Logika.
 - c. Memberikan gambaran, pengalaman dan wawasan dalam sebuah proses Gerbang-Gerbang Logika .
 - d. Dapat digunakan sebagai masukan untuk meningkatkan belajar dan pemahaman tentang Gerbang-Gerbang Logika.

3. Bagi pendidik atau guru
 - a. Menjadi masukan untuk meningkatkan aspek-aspek kreatifitas dan motivasi dalam belajar siswa.
 - b. Menjadi pertimbangan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran siswa agar mandiri dan siap bekerja.
4. Bagi sekolah
 - a. Dapat bermanfaat sebagai acuan terhadap penelitian ini agar dapat meningkatkan proses belajar dan mengajar di sekolah.

BAB II

POKOK BAHASAN DAN STRUKTUR POKOK BAHASAN

2.1. Pengertian Gerbang Logika

Pengertian Gerbang logika yaitu rangkaian logika dengan salah satu atau lebih dari satu sinyal masukan tetapi hanya menghasilkan satu sinyal keluaran dimana analisisnya dapat dilakukan dengan aljabar Boole. Gerbang logika merupakan rangkaian digital, karena sinyal masukan dan sinyal keluarannya hanya berupa tegangan tinggi atau tegangan rendah.

Hakekat rangkaian elektronika digital adalah menghasilkan keluaran digital dari masukan digital. Peralatan atau mesin-mesin digital hanya mampu mengenal dan mengelolah data yang berbentuk biner. Dalam sistem biner hanya dikenal dua keadaan yang berbeda. Contoh dua keadaan yang berbeda adalah hidup-mati, siang-malam, besar-kecil, susah-senang, dan sebagainya. Dua keadaan dari sistem biner itu disimbolkan dengan angka biner 0 dan 1. Misalnya hidup = 1 dan mati = 0, tinggi = 1 dan rendah = 0, benar = 1 dan salah = 0 dan seterusnya.²

Nilai 0 dan 1 dari sistem biner merupakan status atau keadaan logika. Bila keadaan 1 menyatakan potensial tinggi dan 0 menyatakan potensial rendah maka sistemnya disebut status atau keadaan logika. Pada alat digital keadaan biner disebut potensial tinggi (biasanya +5 Volt). Keadaan biner dapat diperhatikan dengan lampu yang menyala atau padam. Pada gerbang logika memenuhi aturan dan fungsi aljabar logika atau aljabar boolean. Aljabar boolean hanya mengenal tiga operasi dasar yaitu OR, AND, dan NOT.³

² Rimulyo Wicaksono, Muhammad Yusro, 2008, Rangkain Logika, Universitas Negeri Jakarta, hal 25

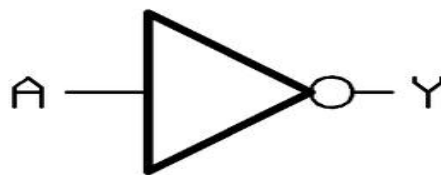
³ Ibid, hal 26

Operasi tersebut dapat direalisasikan dalam bentuk rangkaian elektronik berupa gerbang logika. Ketiga gerbang logika dapat dikembangkan menjadi gerbang logika lain yang sangat bermanfaat seperti NAND (NOT-AND), NOR (NOT-OR), EX-OR (EXCLUSIVE OR), dan EX-NOR (EXCLUSIVE NOT OR). Pada gerbang logika memiliki satu atau lebih masukan dan hanya satu keluaran. Hubungan antara keadaan keluaran dan semua kombinasi keadaan masukan ditunjukkan melalui tabel kebenaran.⁴

2.2. Gerbang Logika Dasar (NOT, OR dan AND)

1. Gerbang logika NOT (IC 7404)

Sebuah *inverter* (pembalik) adalah gerbang dengan sinyal masukan dan satu sinyal keluaran. Dan keadaan keluarannya selalu berlawanan dengan keadaan masukan. Inverter disebut juga dengan gerbang NOT (bukan), karena keluarannya tidak sama dengan masukan. Keluaran inverter kadang-kadang disebut *komplemen* (lawan) dari masukan. A sebagai Input dan Y sebagai Output maka hubungan antara A dan Y dituliskan sebagai berikut : $Y = \text{NOT } A$ atau $Y = \bar{A}$



Gambar 2.1 Simbol Gerbang NOT⁵

⁴ Log. Cit

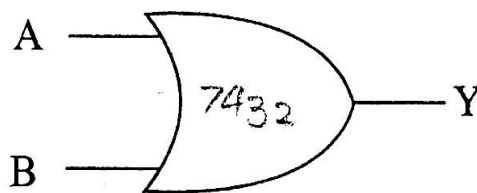
⁵ <http://mekatronika-smk.blogspot.com/2013/06/gerbang-logika-logic-gate.html> unduh tgl : 23 mei 2014

Tabel 2.1 Tabel Kebenaran Gerbang NOT

NO	Input A	Output $Y = \bar{A}$
1	0	1
2	1	0

2. Gerbang logika OR (IC 7432)

Gerbang logika OR memiliki dua atau lebih dari dua sinyal masukan tetapi hanya satu sinyal keluaran. Cara untuk membuat sebuah gerbang OR, bila kedua masukan dalam keadaan rendah, maka keluarannya akan menjadi rendah. Bila salah satu masukannya tinggi, maka akan menghasilkan keluarannya akan menjadi tinggi. Hal ini akan terjadi karena mempunyai dua buah masukan, rangkaian ini disebut dengan gerbang OR dua-masukan. Hubungan antara masukan dan keluaran pada Gerbang OR tersebut dapat dituliskan sebagai berikut : $Y = A \text{ OR } B$ atau dirumuskan $Y = A + B$

Gambar 2.2 Simbol Gerbang OR .⁶

⁶ <http://abraoximenes.wordpress.com/2010/02/23/bab-1-gerbang-dasar-and-dan-or/> unduh tgl : 23 mei 2014

Tabel 2.2 Tabel Kebenaran Gerbang OR.

NO	Input		Output
	A	B	$Y = A + B$
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	1

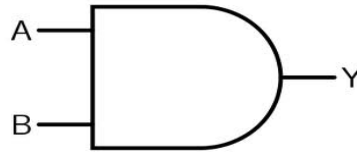
Hal-hal yang penting untuk diperhatikan berkaitan dengan gerbang OR adalah :

1. Keluaran gerbang OR bernilai 1 jika ada masukannya yang nilai 1 (aktif).
2. Keluaran gerbang OR bernilai 0 jika semua masukannya bernilai 0 (tidak aktif).
3. Pada operasi OR berlaku antara lain dimasukan rumus $Y = A + B$, dimana $A = 0$ dan $B = 0$ maka $Y = 0 + 0$ maka hasilnya $Y = 0$, lalu $A = 1$ dan $B = 0$ maka $Y = 1 + 0$ maka hasilnya $Y = 1$, dan seterusnya disesuaikan dengan tabel kebenaran gerbang OR.

3. Gerbang logika AND (IC 7408)

Gerbang AND mempunyai dua atau lebih dari dua sinyal masukan tetapi hanya satu sinyal keluaran. Semua masukan harus dalam keadaan tinggi untuk mendapatkan keluaran tinggi. Gerbang logika AND ada 2 -3 masukan. Berapapun jumlah masukan yang dimiliki oleh sebuah gerbang AND, operasinya tetap dapat dirangkumkan sebagai berikut: semua masukan harus bertegangan tinggi untuk memperoleh keluaran tinggi. Hubungan antara masukan dan keluaran pada

gerbang AND tersebut dapat dituliskan sebagai berikut : $Y = A \text{ AND } B$ atau dirumuskan $Y = A \times B$
atau $Y = A \cdot B$



Gambar 2.3 Simbol Gerbang AND.⁷

Tabel 2.3 Tabel Kebenaran Gerbang AND.

NO	Input A	Input B	Output $Y = A \cdot B$
1	0	0	0
2	0	1	0
3	1	0	0
4	1	1	1

Hal-hal yang penting berkaitan dengan gerbang AND adalah :

1. Keluaran gerbang AND bernilai 1 bila semua masukannya bernilai 1 (aktif).
2. Keluaran gerbang AND bernilai 0 jika ada masukannya yang bernilai 0 (tidak aktif).
3. Pada operasi AND berlaku antara lain dimasukkan rumus $Y = A \cdot B$, dimana $A = 0$ dan $B = 0$ maka $Y = 0 \times 0$ atau $Y = 0 \cdot 0$ maka hasilnya $Y = 0$, lalu $A = 0$ dan $B = 1$ maka $Y = 0 \cdot 1$ maka hasilnya $Y = 0$, dan seterusnya sesuai dengan tabel kebenaran gerbang AND.

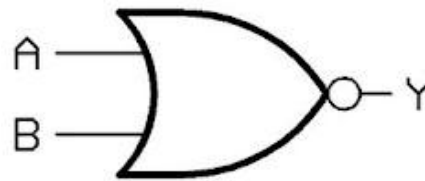
⁷ <http://muhfakhri.wordpress.com/tag/gerbang-logika/> unduh tgl : 23 mei 2014

2.3. Gerbang Logika Lanjutan (NOR, NAND, EX-OR dan EX-NOR)

1. Gerbang logika NOR (IC 7402)

Gerbang NOR memiliki dua atau lebih dari dua sisi masukan dan hanya satu sinyal keluaran. Untuk memperoleh keluaran tinggi gerbang ini semua masukan harus dalam keadaan rendah. Dalam perkata lain, gerbang NOR hanya mengenal kata masukan yang semua bitnya sama dengan nol.

Struktur logika dari sebuah gerbang NOR, yang merupakan gabungan sebuah OR dengan sebuah inverter. Keluaran NOT dari hasil operasi OR masukan-masukannya. Semula gerbang ini dinamakan gerbang NOT-OR, tetapi lebih dikenal dengan gerbang NOR. Maka akan menjadi bentuk persamaan aljabar Boole adalah $Y = A \text{ NOR } B$ atau dirumuskan $Y = \overline{A + B}$.



Gambar 2.4 Simbol Gerbang NOR .⁸

Tabel 2.4 Tabel Kebenaran Gerbang NOR .

NO	Input A	Input B	Output $Y = \overline{A + B}$
1	0	0	1
2	0	1	0
3	1	0	0
4	1	1	0

⁸ <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Logic-gate-nor-us.png> unduh tgl : 23 mei 2014

Dengan memperhatikan tabel kebenaran untuk gerbang NOR dapat disimpulkan bahwa :

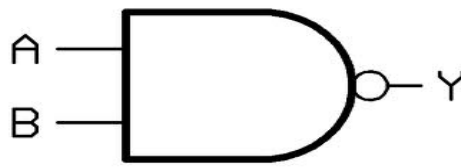
1. Keluaran gerbang NOR bernilai 1 bila semua masukannya bernilai 0 (tidak aktif).
2. Keluaran gerbang NOR bernilai 0 jika ada masukannya berniali 1 (aktif).
3. Pada operasi NOR berlaku antara lain dimasukan rumus $Y = \overline{A + B}$, dimana $A = 0$ dan $B = 0$ maka $Y = \overline{0 + 0} = \overline{0}$ maka hasil $Y = 1$, lalu $A = 1$ dan $B = 0$ maka $Y = \overline{1 + 0} = \overline{1}$ maka hasil $Y = 0$ dan seterusnya sesuai dengan tabel kebenaran gerbang NOR.

2. Gerbang logikan NAND (IC 7400)

Gerbang NAND terdiri dari dua atau lebih dari dua sinyal masukan dan sebuah sinyal keluaran. Semua masukan harus berharga tinggi menghasilkan keluaran yang rendah. Struktur gerbnag logika NAND, yang terdiri dari sebuah gerbang AND dan sebuah inverter. Keluaran akhir adalah hasil operasi NOT-AND dari masukannya. Piranti ini disebut gerbang NOT-AND, tetapi sekarang lebih dikenal dengan sebagai gerbang NAND.

Kerja dari gerbanng logika NAND, jika salah satu atau lebih dari satu masukanya merupakan keadaan rendah, maka operasi AND akan menghasilkan keluaran rendah sehingga *inverse* terhadap hasil ini memberikan keluaran hasil akhir tinggi.

Hanya jika seluruh masukannya tinggi, maka operasi AND akan menghasilkan sinyal yang tinggi dan selanjutnya keluaran akhir yang rendah. Maka akan menjadi rumusan dalam aljabar Boole adalah $Y = A \text{ NAND } B$ atau dirumuskan $Y = \overline{A \cdot B}$.

Gambar 2.5 Simbol Gerbang NAND.⁹

Tabel 2.5 Tabel Kebenaran Gerbang NAND .

NO	Input A	Input B	Output $Y = \overline{A \cdot B}$
1	0	0	1
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	0

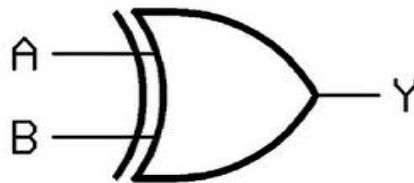
Dengan memperhatikan tabel kebenaran untuk gerbang NAND dapat disimpulkan bahwa :

1. Keluaran gerbang NAND bernilai 0 bila semua masukannya bernilai 1 (aktif)
2. Keluarannya gerbang NAND bernilai 1 jika ada masukannya yang bernilai 0 (tidak aktif).
3. Pada operasi NAND berlaku antara lain dirumuskan $Y = \overline{A \cdot B}$, dimana A = 0 dan B = 0 maka $Y = \overline{0 \cdot 0} = \overline{0}$ maka hasilnya $Y = 1$, lalu jika A = 1 dan B = 0 maka $Y = \overline{1 \cdot 0} = \overline{0}$ maka hasilnya $Y = 1$, dan seterusnya sesuai dengan tabel kebenaran gerbang NAND.

⁹ <http://electrozone94.blogspot.com/2013/09/gerbang-logika-logic-gate.html> unduh tgl : 23 mei 2014

3. Gerbang logika EX-OR atau Exclusive-OR (IC 7486)

Gerbang logika OR mengenali kata-kata masukan dengan salah satu atau lebih dari satu bit. Tidak dengan gerbang logika Exclusive-OR, gerbang ini hanya mengenali kata yang memiliki bit 1 dalam jumlah ganjil. XOR dengan dua masukan. Cara membuat gerbang logika Exclusive-OR atau XOR adalah dengan cara gerbang logika AND atas membentuk perkalian $A\bar{B}$ atau gerbang AND bawah menghasilkan $\bar{A}B$. Maka akan menjadi persamaan aljabar Boole yang berlaku adalah $Y = \bar{A}.B + A\bar{B}$ Atau $Y = A \oplus B$.



Gambar 2.6 Simbol Gerbang logika EX-OR atau XOR .¹⁰

Tabel 2.6 Tabel Gerbang logika EX-OR atau XOR .

NO	Input A	Input B	Output $Y = \bar{A}B + A\bar{B}$
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	0

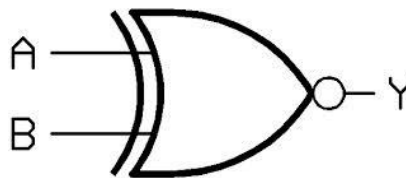
¹⁰ <http://fayezfeziawan.wordpress.com/2013/03/26/gerbang-logika-dasar-logic-gate/> unduh tgl : 23 mei 2014

Untuk gerbang EX-OR dapat dikemukakan bahwa :

1. Gerbang EX-OR yang memiliki dua masukan dan satu keluaran Y yang dinyatakan sebagai dalam rumus $Y = \bar{A}.B + A.\bar{B}$ Atau $Y = A \oplus B$.
2. Keluaran gerbang EX-OR pada tingkat logika tinggi bila dua masukannya pada tingkat logika yang berbeda ($A = 1$ dan $B = 0$ atau $A = 0$ dan $B = 1$).
3. Pada operasi gerbang EX-OR dirumuskan $Y = \bar{A}.B + A.\bar{B}$, dimana $A = 0$ dan $B = 1$ maka $Y = \bar{0}.1 + 0.\bar{1} = 1.1 + 0.0 = 1 + 0$ maka hasil $Y = 1$, jika $A = 0$ dan $B = 0$ maka $Y = \bar{0}.0 + 0.\bar{0} = 1.0 + 0.1 = 0 + 0$ maka hasil $Y = 0$, dan seterusnya sesuai dengan tabel kebenaran gerbang EX-OR.

4. Gerbang Logika EX-NOR atau EXCLUSIVE – NOR (IC 74266)

Pada gerbang EX-NOR akan tinggi dan hanya bila tingkat logika kedua masukannya sama. Pada mulanya gerbang EX-NOR tidak pernah memiliki lebih dari 2 masukan. Jika A dan B menyatakan dua masukan pada gerbang EX-NOR dan Y menyatakan keluarannya, maka operasi EX-NOR itu ditulis menjadi persamaan aljabar Boole yang berlaku adalah $Y = \overline{A \oplus B}$ atau dirumuskan $Y = \overline{\bar{A}.B + A.\bar{B}}$.



Gambar 2.7 Simbol Gerbang logika EX-NOR atau XNOR .¹¹

¹¹ <http://fayezfeziawan.wordpress.com/2013/03/26/gerbang-logika-dasar-logic-gate/> unduh tgl : 23 mei 2014

Table 2.7 Tabel Gerbang logika EX-NOR atau XNOR .

NO	Input A	Input B	Output $Y = \overline{\overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}}$
1	0	0	1
2	0	1	0
3	1	0	0
4	1	1	1

Untuk gerbang EX-NOR dapat dikemukakan dari tabel kebenaran bahwa :

1. Gerbang EX-NOR pada mulanya hanya memiliki dua masukan dan satu keluaran Y yang dinyatakan sebagai $Y = \overline{A \oplus B}$ atau dirumuskan $Y = \overline{\overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}}$.
2. Keluaran gerbang EX-NOR pada tingkat logika tinggi bila kedua masukannya pada tingkat logika yang sama ($A=B=0$ atau $A=B=1$).
3. Pada operasi gerbang EXOR berlaku diantara lain dirumuskan $Y = \overline{\overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}}$, dimana $A = 0$ dan $B = 1$ maka $Y = \overline{0 \cdot 1 + 0 \cdot \overline{1}} = \overline{0 + 0} = \overline{0} = 1$, jika $A = 1$ dan $B = 0$ maka $Y = \overline{1 \cdot 1 + 0 \cdot 0} = \overline{1 + 0} = \overline{1} = 0$, jika $A = 0$ dan $B = 0$ maka $Y = \overline{0 \cdot 0 + 0 \cdot \overline{0}} = \overline{0 + 0} = \overline{0} = 1$, dan seterusnya sesuai dengan tabel kebenaran gerbang EXNOR.

2.4. ALJABAR BOOLEAN

2.4.1 Pengantar Aljabar Boolean

Aljabar Boolean berasal dari nama seorang ahli matematika asal Inggris yang bernama George Boole (1854). Pada dasarnya aturan aljabar boole tidak berbeda dengan aljabar biasa. Beberapa aturan dasar aljabar boole memiliki sifat yang sama dengan aljabar biasa, yakni adanya aturan/hukum komutatif, asosiatif, dan distributif. Namun, dalam beberapa hal aljabar boole memiliki perbedaan dengan aljabar biasa. Perbedaan inilah yang membuat aljabar boole sangat berguna dalam perancangan teknik digital, misalnya dalam menyederhanakan rangkaian logika yang rumit dan kompleks menjadi rangkaian logika yang lebih sederhana dan padat, sehingga biaya produksi menjadi lebih murah.¹²

Aljabar boole kemudian diterapkan pada elektronika digital yang beroperasi dalam mode biner, yaitu level logika 0 dan level logika 1. Dalam sistem digital, level logika 0 dinyatakan dengan tegangan 0V (rentang tegangan 0V - 0,8V) dan level logika 1 dinyatakan dengan tegangan 5V (rentang tegangan 0,9V - 5V). Dalam aljabar boole hanya ada tiga operasi, yakni : penambahan logika (operasi OR), perkalian logika (operasi AND) dan komplemen logika (operasi NOT). Operasi boole tersebut diimplementasikan dengan gerbang OR, gerbang AND dan gerbang NOT.¹³

¹² Rimulyo Wicaksono, Muhammad Yusro, Op. Cit, hal 40

¹³ Loc Cit.

2.4.2 Aturan dan Fungsi Aljabar Boolean

Dalam aljabar boolean terdapat 3 aturan/hukum, yakni:

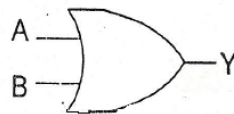
1. Hukum Komutatif

Hukum komutatif dalam aljabar boole memiliki kesamaan dengan aljabar biasa. Berikut ini dijelaskan tentang penggunaan hukum komutatif dalam gerbang-gerbang logika.¹⁴

a. Hukum komutatif untuk gerbang logika OR

Pada gerbang OR dengan dua masukan yaitu A dan B yang dapat diubah urutan sinyal-sinyal masukannya (gambar 2.8), maka perubahan tersebut tidak akan mengubah keluarannya.¹⁵ Persamaan booleannya ditulis sebagai berikut :

$$A + B = B + A = Y$$



Gambar 2.8. Gerbang OR pada hukum komutatif¹⁶

Tabel 2.8. Tabel kebenaran hukum komutatif untuk gerbang OR

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(a)

B	A	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(b)

¹⁴ Ibid, hal 41

¹⁵ Log cit

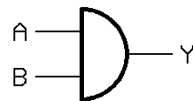
¹⁶ <http://fayezfeziawan.wordpress.com/2013/03/26/gerbang-logika-dasar-logic-gate/> unduh tgl : 23 mei 2014

Pada tabel 2.8 (a) dan (b) terlihat bahwa jika kedua masukan, yaitu A dan B ditukar sinyal masukannya, hasilnya akan tetap sama dan jika urutan sinyal masukannya diubah, hasilnya pun tetap sama.

b. Hukum komutatif untuk gerbang logika AND

Pada gerbang AND dengan dua masukan yaitu A dan B yang dapat diubah urutan sinyal-sinyal masukannya (gambar 2.9), maka perubahan tersebut tidak akan mengubah keluarannya.¹⁷ Persamaan booleannya ditulis sebagai berikut :

$$A \cdot B = B \cdot A = Y$$



Gambar 2.9. Gerbang AND pada hukum komutatif¹⁸

Tabel 2.9. Tabel kebenaran hukum komutatif untuk gerbang AND

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(a)

B	A	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(b)

¹⁷ Rimulyo Wicaksono, Muhammad Yusro, Op. Cit, hal 42

¹⁸ <http://fayezfeziawan.wordpress.com/2013/03/26/gerbang-logika-dasar-logic-gate/> unduh tgl : 23 mei 2014

Pada tabel 2.9 (a) dan (b) terlihat bahwa jika kedua masukan, yaitu A dan B dipertukarkan sinyal masukannya, hasilnya akan tetap sama dan jika urutan sinyal masukannya diubah, hasilnya pun tetap tidak berubah, tetap sama.

2. Hukum Asosiatif

Hukum asosiatif dalam aljabar boole juga memiliki kesamaan dengan aljabar biasa. Berikut ini dijelaskan tentang hukum asosiatif dalam gerbang-gerbang logika.¹⁹

a. Hukum asosiatif untuk gerbang logika OR

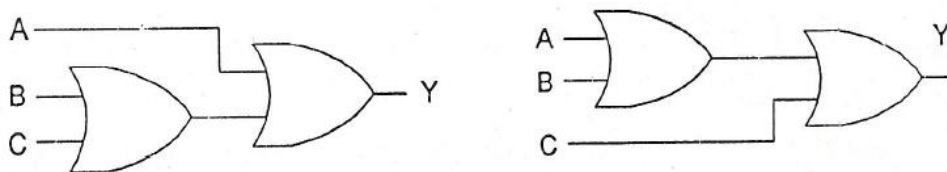
Pada gerbang OR dengan tiga masukan tertentu, yaitu A, B dan C, dapat dikelompokkan tempatnya dan dapat diubah urutan sinyal-sinyal masukannya (gambar 2.10). Perubahan tersebut tidak akan mengubah keluarannya.²⁰

Persamaan booleannya ditulis sebagai berikut :

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$

Pada hakikatnya cara pengelompokkan variabel dalam suatu operasi OR tidak berpengaruh pada keluarannya, yang berarti keluarannya akan tetap sama dengan:

$$Y = A + B + C$$



Gambar 2.10. Gerbang OR pada hukum asosiatif

¹⁹ Rimulyo Wicaksoio, Muhammad Yusro, Op. Cit, hal 42

²⁰ Ibid, hal 43

Tabel 2.10. Tabel kebenaran hukum asosiatif untuk gerbang OR

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Pada tabel 2.10 (a) dan (b) terlihat bahwa jika ketiga masukan, yaitu A, B dan C dikelompokkan sinyal masukannya, hasilnya akan tetap sama dan jika urutan sinyal masukannya diubah, hasilnya pun tetap tidak berubah, tetap sama.²¹

b. Hukum asosiatif untuk gerbang logika AND

Pada gerbang AND dengan tiga masukan tertentu, yaitu A, B, dan C, dapat dikelompokkan tempatnya dan dapat diubah urutan sinyal-sinyal masukannya (gambar 2.11).²²

²¹ Ibid, hal 43

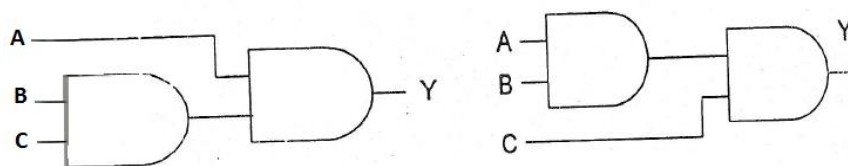
²² Log. Cit.

Perubahan tersebut tidak akan mengubah keluarannya. Persamaan boolean ditulis sebagai berikut:

$$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$$

Pada hakikatnya, cara pengelompokan variabel dalam suatu operasi AND tidak akan berpengaruh pada keluarannya, artinya keluarannya akan tetap sama :

$$Y = A \cdot B \cdot C$$



Gambar 2.11. Gerbang AND pada hukum asosiatif²³

Tabel 2.11. Tabel kebenaran hukum asosiatif untuk gerbang AND

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

(a)

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

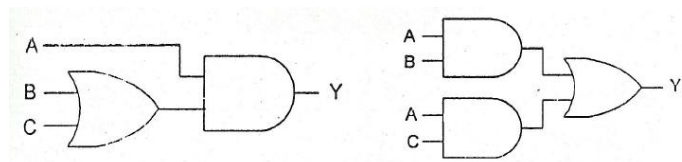
(b)

²³ Ibid, hal 44

3. Hukum Distributif

Pada gerbang AND dan OR dengan masukan-masukan tertentu, yaitu A, B, dan C, dapat disebar tempatnya dan dapat diubah urutan sinyal-sinyal masukannya (gambar 2.12).²⁴ Perubahan tersebut tidak akan mengubah keluarannya. Persamaan booleannya ditulis sebagai berikut :

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$



Gambar 2.12. Gerbang AND-OR pada hukum distributif (a)

Tabel 2.12. Tabel kebenaran hukum distributif untuk gerbang AND-OR

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

(a)

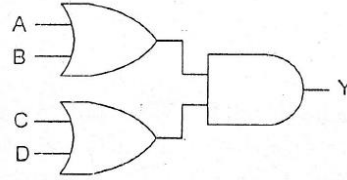
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

(b)

²⁴ Ibid, hal 44

Hukum distributif lainnya adalah,

$$(A + B) \cdot (C + D) = A \cdot C + A \cdot D + B \cdot C + B \cdot D$$

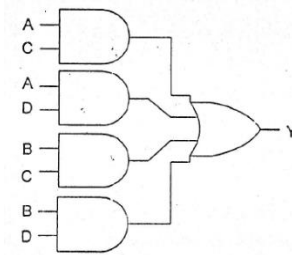


Gambar 2.13. Gerbang AND-OR pada hukum distributif (b)

Tabel 2.13. Tabel kebenaran hukum distributif untuk 4 masukan

A	B	C	D	Y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

Setara dengan,



Gambar 2.14. Gerbang AND-OR pada hukum distributif (c)

Tabel 2.14. (b) Tabel kebenaran hukum distributif untuk 4 masukan

A	B	C	D	Y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

Pada tabel 2.14.(a) dan (b) terlihat bahwa jika keempat masukan, yaitu A, B, C, dan D dikelompokkan sinyal masukannya, hasilnya akan tetap sama dan jika urutan sinyal masukannya diubah, hasilnya pun tidak berubah, tetap sama.²⁵

2.4.3 Aturan Khusus Aljabar Boole

Dalam aturan aljabar boole, ada beberapa aturan atau kaidah aljabar boole yang memiliki sifat khusus yang membuatnya memiliki kelebihan dalam perancangan teknik digital dan berguna dalam proses penyederhanaan rangkaian logika.²⁶

1. Aturan khusus dalam operasi gerbang OR

- **Kaidah pertama: $A + 0 = A$**

Pada gerbang OR dengan dua masukan, jika keadaan sebuah masukannya adalah A, sedangkan keadaan masukan yang lainnya adalah 0, akan menghasilkan kembali masukan yang semula yaitu A.²⁷ Hal ini dinyatakan dengan :



$$A + 0 = A$$

A	0	Y
0	0	0
1	0	1

- **Kaidah Kedua: $A + 1 = 1$**

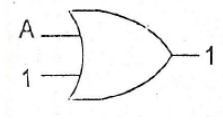
Pada gerbang OR dengan dua masukan, jika salah satu masukannya dinyatakan dengan logika 1, sedangkan masukan yang lainnya adalah A,

²⁵ Ibid, hal 46

²⁶ Ibid, hal 47

²⁷ Loc. Cit.

maka hasil keluarannya akan tetap 1.²⁸ Apapun logika masukan A, keluaran gerbang OR selalu tetap 1. Hal tersebut dinyatakan sebagai:

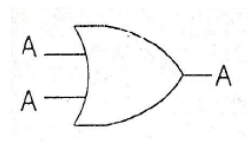


$$A + 1 = 1$$

A	1	Y
0	1	1
1	1	1

▪ **Kaidah Ketiga: $A + A = A$**

Jika suatu gerbang OR memiliki dua masukan yang sama, keadaan A misalnya, maka hasilnya adalah masukan tersebut, dinyatakan sebagai:²⁹

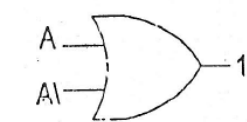


$$A + A = A$$

A	A	Y
0	0	0
1	1	1

▪ **Kaidah Keempat: $\bar{A} + A = 1$**

Pada gerbang OR dengan dua masukan, jika salah satu masukannya dinyatakan dengan A, sedangkan masukan yang lainnya adalah kebalikan dari A atau \bar{A} , maka hasil keluarannya akan tetap 1, Hal tersebut dinyatakan dengan:



$$\bar{A} + A = 1$$

A	\bar{A}	Y
0	1	1
1	0	1

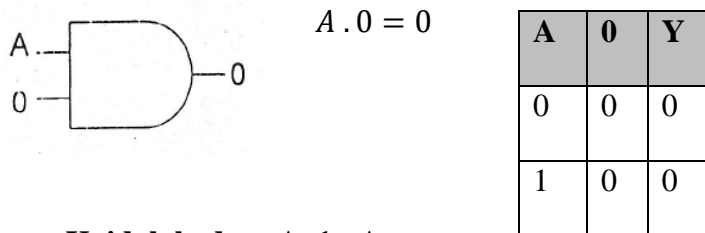
²⁸ Rimulyo Wicaksono, Muhammad Yusro, Loc. Cit.

²⁹ Loc. Cit.

2. Aturan khusus dalam operasi gerbang AND

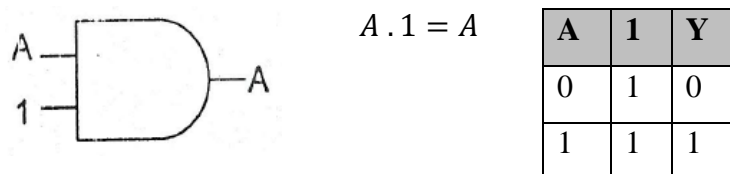
- **Kaidah Pertama: $A \cdot 0 = 0$**

Pada gerbang AND dengan dua masukan, jika keadaan sebuah masukannya adalah A, sedangkan keadaan masukan yang lainnya adalah 0, maka keluarannya dinyatakan dengan 0.³⁰ Hal ini dinyatakan dengan:



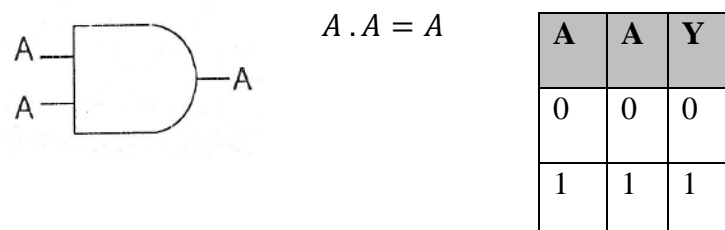
- **Kaidah kedua: $A \cdot 1 = A$**

Pada gerbang AND dengan dua masukan, jika keadaan sebuah masukannya adalah A, sedangkan keadaan masukan yang lainnya adalah 1, maka keluarannya dinyatakan dengan A.³¹ Hal ini dinyatakan dengan:



- **Kaidah Ketiga: $A \cdot A = A$**

Pada gerbang AND dengan dua masukan, jika salah satu masukannya dinyatakan dengan A, sedangkan masukan yang lainnya juga A, maka hasil keluarannya akan tetap A.³² Hal tersebut dinyatakan dengan:



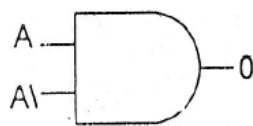
³⁰ Ibid hal 48

³¹ Log Cit

³² Log Cit

- **Kaidah Keempat: $\bar{A} \cdot A = 0$**

Pada gerbang logika AND dengan dua masukan, jika salah satu masukannya dinyatakan dengan A, sedangkan masukan yang lainnya adalah kebalikan dari A atau \bar{A} , hasil keluarannya adalah 0.³³ Hal tersebut dinyatakan dengan:



$$A \cdot \bar{A} = 0$$

A	\bar{A}	Y
0	1	0
1	0	0

- **Kaidah Inversi Ganda**

Jika suatu keadaan logika dibalik (diinversi) dua kali, hasilnya adalah keadaan logika itu sendiri.³⁴ Hal ini dinyatakan dengan:



$$A = \bar{\bar{A}}$$

- **Ringkasan Aljabar Biasa dengan Aljabar Boole**

Di bawah ini ditampilkan tabel ringkasan untuk mempermudah pemahaman tentang aturan aljabar.

³³ Ibid, hal 49

³⁴ Log Cit

Tabel 2.15. Ringkasan Aturan Khusus Aljabar Boole

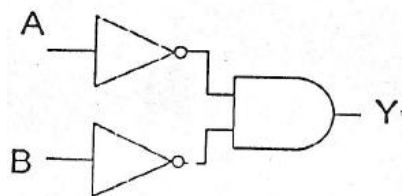
Gerbang Logika	Aljabar Biasa	Aljabar Boole
Operasi gerbang OR	$A + 0 = A$	$A + 0 = A$
	$A + 1 = A + 1$	$A + 1 = 1$
	$A + A = 2 A$	$A + A = A$
	$A + \bar{A} = 0$	$A + \bar{A} = 1$
Operasi gerbang AND	$A \cdot 0 = 0$	$A \cdot 0 = 0$
	$A \cdot 1 = A$	$A \cdot 1 = A$
	$A \cdot A = A^2$	$A \cdot A = A$
	$A \cdot \bar{A} = - A^2$	$A \cdot \bar{A} = 0$

3. Teorema De Morgan

Teorema pertama de Morgan adalah hubungan antara gerbang logika kombinasional NOR dengan gerbang logika dasar AND dan inventer. Pada gerbang NOR persamaan aljabar booleannya adalah:³⁵

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

Menurut de Morgan, gerbang logika NOR tersebut dapat digantikan dengan



gerbang logika yang setara yaitu gerbang logika AND yang kedua masukannya dibalik menggunakan gerbang logika inventer (*not*).³⁶

$$Y = \overline{A + B} = Y = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

³⁵ Ibid, hal 50

³⁶ Log Cit

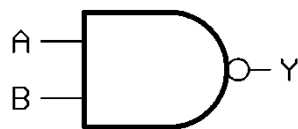
Kedua gerbang logika adalah ekivalen atau setara. Meskipun gerbangnya berbeda, fungsi logikanya sama. Dengan kata lain, dengan masukan-masukan yang sama akan diperoleh keluaran yang sama pula. Supaya lebih jelas, perhatikanlah tabel

kebenaran berikut:

Tabel 2.16. Tabel kebenaran gerbang NOR dan persamaannya

A	B	$Y = \overline{A + B}$	A	B	$Y = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$
0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	0
0	1	0	0	1	0
1	1	0	1	1	0

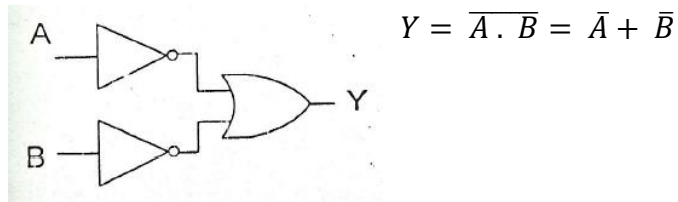
Teorema kedua *de morgan* adalah hubungan antara gerbang logika kombinasi NAND dengan gerbang logika kombinasi OR dan inverternya. Pada gerbang NAND persamaan aljabar booleannya adalah:³⁷



$$Y = \overline{A \cdot B}$$

³⁷ Ibid, hal 51

Menurut *de morgan* gerbang logika NAND tersebut dapat digantikan dengan gerbang logika yang setara, yaitu gerbang logika OR dengan kedua masukannya dibalik menggunakan gerbang logika inverter (Not).³⁸



Kedua gerbang logika adalah ekivalen atau setara. Meskipun gerbangnya berbeda tetapi fungsi logikanya sama (identik). Dengan kata lain dari masukan-masukan yang sama akan diperoleh keluaran yang sama pula. Agar lebih jelas coba perhatikan tabel kebenaran berikut:

Tabel 2.17. Tabel kebenaran gerbang NAND dan persamaannya

A	B	$Y = \overline{A \cdot B}$
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

A	B	$Y = \overline{A} + \overline{B}$
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

2.4.4 Penyederhanaan Fungsi Boolean

Penyederhanaan fungsi boolean dapat dilakukan menggunakan beberapa metode diantaranya adalah secara aljabar dan menggunakan peta karnough. Berikut ini akan dijelaskan masing-masing proses penyederhaan fungsi boolean.³⁹

³⁸ Ibid ,hal 51

³⁹ Log. Cit

1. Penyederhanaan secara Aljabar

Penyederhanaan secara aljabar dapat dilakukan dengan menggunakan teorema aljabar boole. Dalam menggunakan metode ini, ada beberapa langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut: ⁴⁰

a. Penjumlahan Produk

Implementasi untai logika memerlukan ekspresi logika dalam bentuk penjumlahan produk (sum of product, SOP) yang berarti penjumlahan hasil perkalian atau operasi OR dari hasil operasi-operasi AND. Contoh ekspresi dalam bentuk SOP adalah:⁴¹ $y = AB+CD$

$$y = ABC+AB+C$$

Ekspresi SOP ini terdiri dari dua suku AND atau lebih yang di OR kan bersama-sama. Variabel yang di AND kan dapat dalam bentuk takterkomplemen atau terkomplemen (terinversi).⁴²

b. Produk Fundamental

Produk fundamental (*fundamental product*) adalah cara penggabungan dua variabel masukan atau lebih dengan gerbang AND agar diperoleh keluaran 1. Sehingga bila variabel masukan bernilai 0, maka dilakukan inversi sebelum dimasukkan ke gerbang AND. Contoh produk fundamental untuk tiga variabel (A, B, dan C) terlihat pada tabel 2.18.⁴³

⁴⁰ Ibid, hal 52

⁴¹ Log . Cit

⁴² Log . Cit

⁴³ Log . Cit

Tabel 2.18. Produk fundamental untuk tiga variabel

A	B	C	Produk fundamental
0	0	0	\overline{ABC}
0	0	1	$\overline{AB}C$
0	1	0	$A\overline{B}C$
0	1	1	$A\overline{B}C$
1	0	0	$A\overline{B}\overline{C}$
1	0	1	$A\overline{B}C$
1	1	0	$AB\overline{C}$
1	1	1	ABC

Untuk memperoleh ekspresi logika dalam bentuk SOP dari suatu tabel kebenaran, langkahnya sebagai berikut:⁴⁴

- 1) Tulislah produk fundamental untuk setiap kasus yang menghasilkan keluaran 1 dalam tabel kebenaran
- 2) Setiap produk fundamental berisi variabel masukan yang bernilai 0 atau 1. Bila variabel masukan 0 maka variabel tersebut diinversi, tetapi bila bernilai 1 tidak diinversi
- 3) Semua produk fundamental kemudian digabung secara OR untuk memperoleh ekspresi SOP

Contoh 1 :

Rancang untai logika yang memiliki tiga masukan A, B, C dan keluarannya menjadi tinggi (1) bila mayoritas masukannya rendah (0).

⁴⁴ Ibid, hal 53

Penyelesaian:

Tabel kebenaran untuk kedelapan kasus dari tiga masukan tersebut terlihat pada tabel 2.19 berikut ini :

Tabel 2.19. Fungsi mayoritas nol

A	B	C	Y	Produk fundamental
0	0	0	1	\overline{ABC}
0	0	1	1	$\overline{A}BC$
0	1	0	1	$A\overline{B}\overline{C}$
0	1	1	0	
1	0	0	1	$A\overline{B}\overline{C}$
1	0	1	0	
1	1	0	0	
1	1	1	0	

Dari tabel 2.19 terlihat ada empat kasus yang keluarannya 1. Kemudian ditulis produk fundamental untuk setiap kasus tersebut. Ekspresi keluaran y diperoleh dengan menggabungkan secara OR dari keempat produk fundamental tersebut sehingga diperoleh:

$$Y = \overline{ABC} + \overline{A}BC + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}\overline{C}$$

Untuk mengurangi cacah gerbang logika dilakukan penyederhanaan dengan teorema aljabar boole. Ekspresi keluaran terdiri dari empat suku AND. Karena suku AND pertama \overline{ABC} mempunyai dua variabel yang sama dengan ketiga suku AND yang lain, maka penyelesaiannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Y &= \overline{ABC} + \overline{A}BC + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} \\ &= \overline{AB} \cdot (\overline{C} + C) + \overline{C} \cdot (\overline{AB} + A\overline{B}) \\ &= \overline{AB} + \overline{C} \cdot (\overline{AB} + A\overline{B}) \end{aligned}$$

Keterangan :

$(\bar{C} + C)$ hilang karena menggunakan aljabar boole

2. Penyederhanaan dengan Peta Karnough

Metode peta karnough dapat digunakan untuk masalah yang melibatkan sembarang cacah variabel masukan. Tetapi penggunaannya yang praktis hanya untuk empat variabel, sedangkan untuk cacah variabel yang lebih banyak, metode ini dapat dilakukan dengan program komputer.⁴⁵

a. Pembentukan peta karnough dari tabel kebenaran

Langkah pembentukan peta karnough adalah sebagai berikut:

- 1) Dibuat peta dengan kolom vertikal dan baris horizontal yang berlabel variabel atau produk variabel dengan urutan progresi sandi Gray (bukan sandi biner). Sebagai contoh progresi sandi Gray dua bit adalah: 00, 01, 11, dan 10. Maka untuk dua variabel A dan B, progresinya adalah:⁴⁶

$$\bar{A}\bar{B}, \bar{A}B, AB, A\bar{B}$$

Tujuan progresi menurut sandi Gray ini adalah agar hanya satu variabel saja yang berubah dari takterkomplemen ke terkomplemen atau sebaliknya selama progresi.⁴⁷

- 2) Dicari produk fundamental dari tabel kebenaran, misalnya produk fundamentalnya adalah: \bar{A} dan $A\bar{B}$ (tabel 2.20)

⁴⁵ Ibid, hal 54

⁴⁶ Log. Cit

⁴⁷ Op. Cit 55

Tabel 2.20. Tabel kebenaran dengan dua variabel

A	B	Y	Produk fundamental	SOP
1	1	0		$Y = \bar{A}B + A\bar{B}$
0	1	1	$\bar{A}B$	
1	0	1	$A\bar{B}$	
1	1	0		

Peta Karnough

	\bar{B}	B
\bar{A}	0	1
A	1	0

Produk fundamental $\bar{A}B$ dipetakan dengan menulis bit 1 pada kotak perpotongan antara baris \bar{A} dan kolom B. Sedangkan produk fundamental $A\bar{B}$ dipetakan dengan menulis bit 1 pada kotak perpotongan antara baris A dan kolom \bar{B} .

- 3) Setelah semua produk fundamental dipetakan ke kotak yang sesuai, maka kotak-kotak sisanya pada peta Karnough diisi dengan bit 0. Berikut ini adalah penggunaan peta karnough untuk tiga variabel masukan.

Tabel 2.21. Tabel kebenaran dengan tiga variabel

A	B	C	Y	Produk fundamental	SOP
0	0	0	0		$Y = \bar{A}BC + A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + ABC$
0	0	1	0		
0	1	0	0		
0	1	1	1	$\bar{A}BC$	
1	0	0	1	$A\bar{B}\bar{C}$	
1	0	1	1	$A\bar{B}C$	
1	1	0	0		
1	1	1	1	ABC	

Peta Karnough

	\bar{C}	C
$\bar{A}\bar{B}$	0	0
$\bar{A}B$	0	1
AB	0	1
$A\bar{B}$	1	1

Berikut ini adalah penggunaan peta karnough untuk empat variabel masukan.

Tabel 2.22. Tabel kebenaran dengan empat variabel

A	B	C	D	Y	Produk fundamental	SOP
0	0	0	0	1	\overline{ABCD}	$Y = \overline{ABCD} + \overline{AB}CD + A\overline{BCD} + A\overline{BC}D$
0	0	0	1	0		
0	0	1	0	0		
0	0	1	1	0		
0	1	0	0	0		
0	1	0	1	0		
0	1	1	0	0		
0	1	1	1	1	$\overline{AB}CD$	
1	0	0	0	1	$\overline{ABC}D$	
1	0	0	1	0		
1	0	1	0	1	$A\overline{BC}D$	
1	0	1	1	0		
1	1	0	0	0		
1	1	0	1	0		
1	1	1	0	0		
1	1	1	1	0		

Peta Karnough

	\overline{CD}	$\overline{C}D$	CD	$C\overline{D}$
$\overline{A}\overline{B}$	1	0	0	0
$\overline{A}B$	0	0	1	0
AB	0	0	0	0
$A\overline{B}$	1	0	0	1

b. Pengelompokan bit dalam peta Karnaugh

Beberapa bit 1 yang berdekatan secara horizontal dan vertikal di dalam peta Karnaugh dapat dikelompokkan dalam pasangan (pair), quad, dan oktet (octet).⁴⁸

- Pasangan

Pasangan merupakan kelompok dua bit 1 yang berdekatan baik secara vertikal maupun horizontal di dalam peta karnaugh. Pada tabel 2.23 pasangan ditunjukkan dengan melingkari dua bit 1 yang berdekatan tersebut.⁴⁹

Tabel 2.23. Pasangan pada peta karnaugh

	\overline{CD}	$\overline{C}D$	CD	$C\overline{D}$
$\overline{A}\overline{B}$	0	0	0	0
$\overline{A}B$	0	1	1	0
AB	0	0	0	0
$A\overline{B}$	0	0	0	0

Dari peta Karnaugh tersebut ekspresi SOP yang sesuai untuk variabel keluaran y adalah:

$$Y = \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}BCD$$

Ekspresi ini dapat disederhanakan secara aljabar sebagai berikut:

$$Y = \overline{A}BD(\overline{C} + C) = \overline{A}BD$$

Terlihat bahwa variabel C hilang dari ekspresi tersebut. Bila dilihat pada peta Karnaugh, ternyata variabel C yang sesuai dengan pasangan tersebut berubah bentuk ketika melakukan progresi horizontal (melangkah maju horizontal) dari bit

⁴⁸ Ibid, hal 57

⁴⁹ Log. Cit

1 pertama ke bit 1 kedua. Variabel C berubah dari C terkomen (C̄) ke C takterkomen (C). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pasangan akan menghapus satu variabel yang berubah dari terkomen ke takterkomen atau sebaliknya (dari tak terkomen ke terkomen).⁵⁰

▪ Quad

Quad merupakan kelompok dari empat bit 1 yang berdekatan secara horizontal atau vertikal. Contoh Quad terlihat pada tabel 2.24

Tabel 2.24. Quad pada peta karnough

	$\overline{C}\overline{D}$	$\overline{C}D$	CD	$C\overline{D}$
$\overline{A}\overline{B}$	0	0	0	0
$\overline{A}B$	0	1	1	0
AB	0	1	1	0
$A\overline{B}$	0	0	0	0

Quad ini bisa dipandang terdiri atas dua pasangan vertikal atau horizontal. Misalkan dipandang sebagai dua pasangan vertikal maka persamaan logikanya adalah:⁵¹

$$Y = q = p_1 + p_2 = B\overline{C}D + BCD$$

Ekspresi ini bisa disederhanakan secara aljabar menjadi:

$$Y = BD(\overline{C} + C) = BD$$

Ternyata dua variabel A dan C terhapus dalam ekspresi ini, karena A berubah menjadi \overline{A} ke A pada progresi vertikal, dan C berubah dari \overline{C} ke C pada progresi horizontal. Sehingga pada quad dua variabel akan terhapus dari ekspresi logika.⁵²

⁵⁰ Rimulyo Wicaksono, Muhammad Yusro, Loc. Cit.

⁵¹ Ibid, hal 58

- Oktet

Oktet merupakan kelompok delapan bit 1 yang berdekatan baik secara vertikal maupun horizontal seperti terlihat pada tabel 2.25.⁵³

Tabel 2.25. Oktet pada peta karnough

	\overline{CD}	$\overline{C}D$	CD	$C\overline{D}$
$\overline{A}\overline{B}$	0	1	1	0
$\overline{A}B$	0	1	1	0
AB	0	1	1	0
$A\overline{B}$	0	1	1	0

Oktet dapat dipandang terdiri atas dua quad seperti terlihat pada tabel 2.25, maka ekspresi logika untuk octet tersebut adalah:

$$Y = q_1 + q_2 = \overline{A}D + AD$$

2.5 Software Pendukung Pembelajaran Gerbang Logika dengan menggunakan Simulasi *Electronic WorkBench (EWB)*

Electronic WorkBench (EWB) merupakan salah satu *software* komputer elektronika yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi terhadap cara kerja dari suatu rangkaian elektronika baik analog maupun digital. Dalam mempelajari rangkaian elektronika, diperlukan pemahaman yang baik terhadap komponen elektronika, teori rangkaian listrik dan kemampuan analisis.⁵⁴

⁵² Rimulyo Wicaksono, Muhammad Yusro, Log. Cit

⁵³ Log. Cit

⁵⁴ Muhamad Ali, ST, M, 2012, Modul Simulasi Rangkaian Elektronika Analog dan Digital Dengan EWB, Universitas Negeri Yogyakarta, hal 2 unduh <http://muhal.wordpress.com> . tgl : 23 mei 2014

Untuk itu *software* ini sangat berguna bagi siapa saja yang ingin memperdalam materi elektronika baik analog maupun digital. Kita dapat membuat simulasi rangkaian elektronika di depan komputer tanpa takut terjadi salah sambung, resiko kerusakan alat, dan tentunya dapat melakukan percobaan berkaitan dengan teori yang ada. Simulasi rangkaian elektronika diperlukan untuk menguji apakah rangkaian itu dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan pendekatan teori yang digunakan pada buku -buku elektronika, tanpa harus membuat rangkaian itu secara nyata.⁵⁵

Yang perlu dipahami dalam melakukan simulasi dengan menggunakan *software Electronic WorkBench (EWB)* adalah, hasil simulasi bersifat ideal yang berarti keluaran atau output dari rangkaian ini tidak terpengaruh oleh faktor -faktor ketidakidealan seperti gangguan (dikenal dengan noise dalam elektronika) seperti halnya gangguan yang sering terjadi pada rangkaian listrik dan elektronika yang sebenarnya (nyata). *Electronic WorkBench (EWB)* merupakan alat bantu pembelajaran elektronika sehingga perlu didukung oleh pengetahuan dasar tentang elektronika. Tanpa pengetahuan dasar elektronika yang memadai seperti cara pemakaian alat ukur (osiloskop, multimeter dan lain sebagainya), tentu saja akan lebih sukar untuk memahami cara kerja dari *software* ini. *Software EWB* menggunakan tampilan sistem *GUI (Graphic User Interface)* seperti halnya *Windows* sehingga pemakai *software* yang sudah memahami pengetahuan dasar elektronika akan mudah menguasai penggunaan *software* ini.⁵⁶

⁵⁵ Muhamad Ali, ST, M, Log. Cit unduh <http://muhal.wordpress.com> . tgl : 23 mei 2014

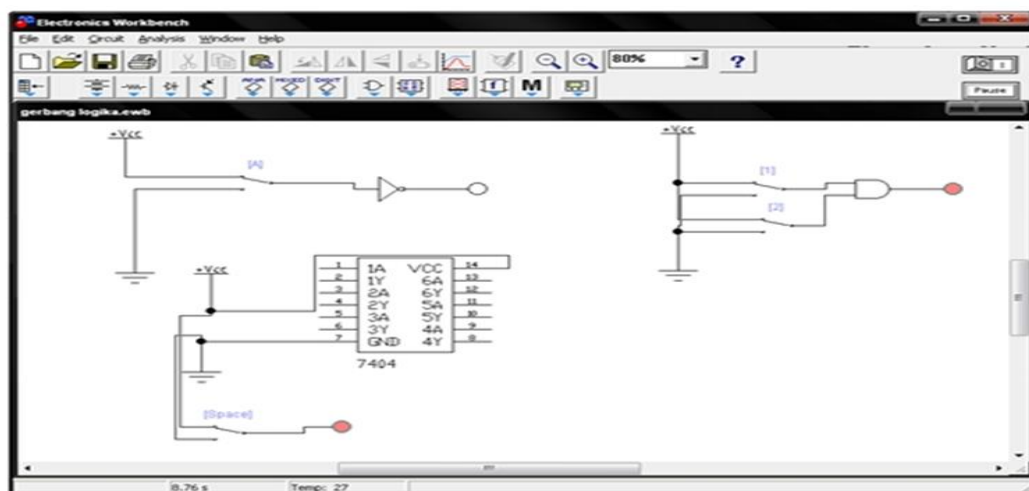
⁵⁶ Log. Cit

Program *Electronic WorkBench (EWB)* pertama kali dibuat pada tahun 1989 oleh perusahaan yang bernama *Electronics Workbench* yang merupakan bagian dari perusahaan *National Instrument*, dan Pertama kali dikenal dengan nama *Electronics Instruments* yang saat itu ditujukan sebagai alat bantu pengajaran dalam bidang elektronika.⁵⁷

Untuk dapat menjalankan program *Electronics Workbench 5.12* pada komputer anda dibutuhkan *spesifikasi hardware* sebagai berikut :⁵⁸

1. Kapasitas *hard disk* yang dibutuhkan sebesar 50 MB.
2. Sistem operasi berbasis *Windows (Windows 9x, XP, Window 7 32 Bit)*
Prosesor minimal setara dengan Intel Pentium III.
3. *Memory* minimal 64 MB RAM (*Windows 9x*), 256 Win *XP*, 1 GB *Windows 7*.
4. Resolusi layar 800 x 600.

Berikut ini adalah tampilan dari program simulasi rangkaian elektronika *Electronic Workbench 5.12*:



⁵⁷ Muhamad Ali, ST, M, Op. Cit hal 3, unduh <http://muhal.wordpress.com> . tgl : 23 mei 2014

⁵⁸ Log. Cit

Gambar 2.15 Tampilan Program simulasi Rangkaian Elektronika

Keuntungan menggunakan simulasi rangkaian elektronika dengan *software Electronics Workbench* antara lain :⁵⁹

1. Dapat menghemat waktu dan biaya untuk membeli komponen-komponen elektronika yang dibutuhkan untuk keperluan praktikum .
2. Tidak diperlukan kemampuan dan keterampilan seperti menyolder, menyambung, memasang secara mekanis sehingga dapat menghemat waktu sebelum membuat rangkaian yang sebenarnya .
3. Tidak perlu lagi mengeluarkan dana untuk membeli instrument pengukuran seperti multimeter, voltmeter, amperemeter dan osiloskop yang harganya cukup mahal.
4. Sebagai media pembelajaran mandiri bagi siswa pada saat di rumah dan tidak menimbulkan rasa jenuh dan rasa bosan menggunakan *software Electronics Workbench*.

2.6 Model Pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan).

PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan) berasal dari konsep bahwa pembelajaran harus berpusat pada anak (*Student – Centered Learning*) dan pembelajaran harus bersifat menyenangkan (*Learning is Fun*), agar mereka termotivasi untuk terus belajar sendiri tanpa diperintah dan agar mereka tidak merasa terbebani atau takut. Untuk itu, maka aspek *fun is learning* menjadi

⁵⁹ Muhamad Ali, ST, M, Op. Cit hal 4, unduh <http://muhal.wordpress.com> . tgl : 23 mei 2014

upaya untuk terus memotivasi anak agar anak mengadakan eksplorasi, kreasi, dan bereksperimen terus dalam pembelajaran.⁶⁰

Di samping itu, PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan) adalah penerjemah dari empat pilar pendidikan yang dirancang oleh UNESCO : (1) *learning to know*, yaitu mempelajari ilmu pengetahuan berupa aspek kognitif dalam pembelajaran, (2) *learning to do*, yaitu belajar melakukan yang merupakan aspek pengalaman dan pelaksanaannya, (3) *learning to be*, yaitu belajar menjadi diri sendiri berupa aspek kepribadian dan kesesuaian dengan diri anak (ini juga sesuai dengan konsep “*multiple intelligence*” dari *Howard Gerdner*, dan (4) *learning to life together*, yaitu belajar hidup dalam kebersamaan yang merupakan aspek kesosialan anak, bagaimana bersosialisasi, dan bagaimana hidup toleransi dalam keberagaman yang ada di sekeliling siswa.⁶¹

Tujuan PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan) ini adalah terdapatnya perubahan paragdigma di bidang pendidikan, seperti yang dirancang oleh Depdiknas, bahwa pendidikan di Indonesia saat ini sudah harus beranjak dari : (1) *schooling* menjadi *learning*, (2) *instructive* menjadi *facalitative*, (3) *government role* menjadi *community role*, dan (4) *centralistic* menjadi *decentralistic*. Ini berarti pada saat sekarang, pendidikan tidak hanya tanggung jawab lembaga formal seperti sekolah, tapi sudah menjadi tanggung jawab semua pihak. Ini juga berdasarkan konsep pendidikan yang diciptakan oleh Ki Hajar Dewantara, yaitu : (1) pendidikan di lembaga pendidikan, pendidikan di masyarakat, dan pendidikan di keluarga.⁶²

⁶⁰ Dr. Rusman, M.Pd, Op. Cit, hal 321

⁶¹ Ibid, hal 322

⁶² Log. Cit

Perubahan paradigma juga harus terjadi seorang fasilitator yang dapat membantu siswanya dalam belajar, bukan sekedar menyampaikan materi saja tanpa mengetahui apakah materi yang disampaikan sudah bisa dipahami oleh siswa atau belum. Perubahan paradigma juga berkenaan dengan pengambilan keputusan. Dulunya, keputusan selalu ada di tangan pemerintah pusat (pusat kurikulum-depdiknas) tanpa memperhatikan aspek-aspek yang terjadi keputusan yang bisa diambil oleh masing- masing daerah atau satuan pendidikan dengan acuan yang telah diberikan oleh pemerintah pusat.⁶³

PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan) merupakan model pembelajaran dan menjadi pedoman dalam bertindak untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dengan pelaksanaan pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan), diharapkan berkembangnya berbagai macam inovasi kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pembelajaran yang Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan. Pembelajaran merupakan implementasi kurikulum di sekolah dari kurikulum yang sudah dirancang dan menuntut aktifitas dan kreatifitas guru dan siswa yang sesuai dengan rencana yang telah diprogramkan secara efektif dan menyenangkan. Ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Brooks bahwa “ pembaharuan dalam pendidikan harus dimulai dari ‘bagaimana anak belajar’ dan ‘bagaimana guru mengajar’, bukan dari ketentuan-ketentuan hasil”.⁶⁴

Guru harus dapat mengambil keputusan atas dasar penilaian yang tepat ketika siswa belum dapat membentuk kompetensi dasar dan standar kompetensi berdasarkan interaksi yang terjadi dalam kegiatan pembelajaran . Oleh karena itu,

⁶³ Dr. Rusman, M.Pd, Op. Cit, hal 322

⁶⁴ Op. Cit, hal 323

guru harus mampu menciptakan suasana pembelajaran partisipatif, aktif, kreatif, efektif, dan menyenangkan supaya kompetensi dasar dan standar kompetensi yang telah dirancang dapat tercapai.⁶⁵

Guru harus menyadari bahwa pembelajaran memiliki sifat yang sangat kompleks. Artinya, pembelajaran tersebut harus menunjukkan kenyataan bahwa pembelajaran berlangsung dalam suatu lingkungan pendidikan dan guru pun harus mengerti bahwa siswa-siswa pada umumnya memiliki taraf perkembangan yang berbeda-beda. Cara memahami materi yang diajarkan berbeda-beda, ada yang bisa menguasai materi lebih cepat dengan keterampilan motorik (kinestetik), ada yang menguasai materi lebih cepat dengan mendengar (auditif), dan ada juga yang menguasai materi lebih cepat dengan melihat atau membaca (visual).⁶⁶

Untuk itu, guru harus memiliki pengetahuan yang luas mengenai jenis-jenis belajar (multimetode dan multimedia) dan suasana belajar yang kondusif, baik eksternal maupun internal. Dalam metode PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan) ini, guru dituntut untuk dapat melakukan kegiatan pembelajaran yang dapat melibatkan siswa melalui partisipatif, aktif, kreatif, efektif, dan menyenangkan yang pada akhirnya membuat siswa dapat penemuannya dan usaha sendiri, bukan dari gurunya. Penjelasan dari metode pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan) akan dijelaskan secara terperinci dibawah ini :⁶⁷

1. Pembelajaran Partisipatif

Pembelajaran partisipatif yaitu pembelajaran yang melibatkan siswa dalam kegiatan pembelajaran secara optimal. Pembelajaran ini menitikberatkan pada

⁶⁵ Dr. Rusman, M.Pd, Op. Cit, hal 323

⁶⁶ Loc. Cit.

⁶⁷ Log. Cit

keterlibatan siswa pada kegiatan pembelajaran (*child center/student center*) bukan pada dominan guru dalam penyampaian materi pelajaran (*teacher center*). Jadi pembelajaran akan lebih bermakna bila siswa diberikan kesempatan untuk berpartisipasi dalam berbagai aktivitas kegiatan pembelajaran, sementara guru berperan sebagai fasilitator dan mediator sehingga siswa mampu berperan dan berpartisipasi aktif dalam mengaktualisasikan kemampuan di dalam dan di luar kelas.⁶⁸

2. Pembelajaran Aktif

Pembelajaran aktif merupakan pendekatan pembelajaran yang lebih banyak melibatkan aktifitas siswa dalam mengakses berbagai informasi dan pengetahuan untuk dibahas dan dikaji dalam proses pembelajaran dan pengetahuan untuk dibahas dan dikaji dalam proses pembelajaran di kelas, sehingga mereka mendapatkan berbagai pengalaman yang dapat meningkatkan pemahaman dan kompetensinya. Lebih dari itu, pembelajaran aktif memungkinkan siswa mengembangkan kemampuan berfikir tingkat tinggi, seperti menganalisis dan mensintesis, serta melakukan penilaian terhadap berbagai peristiwa belajar dan menerapkan dalam kehidupan sehari-hari. pembelajaran aktif memiliki persamaan dengan model pembelajaran *self discovery learning*, yakni pembelajaran yang dilakukan oleh siswa untuk menemukan kesimpulan sendiri sehingga dapat dijadikan sebagai nilai baru yang dapat diimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari.⁶⁹

Dalam pembelajaran aktif, guru lebih banyak memosisikan dirinya sebagai fasilitator, yang bertugas memberikan kemudahan belajar (*to facilitate of learning*)

⁶⁸ Dr. Rusman, M.Pd, Op. Cit. hal 324

⁶⁹ Log. Cit

kepada siswa. Siswa terlibat secara aktif dan berperan dalam proses pembelajaran, sehingga mengatur sirkulasi dan jalannya proses pembelajaran.

3. Pembelajaran Kreatif

Pembelajaran kreatif merupakan proses pembelajaran yang mengharuskan guru untuk dapat memotivasi dan memunculkan kreativitas siswa selama pembelajaran berlangsung, dengan menggunakan beberapa metode dan strategi yang bervariasi, misalnya kerja kelompok, bermain peran, dan pemecahan masalah.⁷⁰

Pembelajaran kreatif menuntut guru untuk merangsang kreativitas siswa, baik dalam mengembangkan kecakapan berpikir maupun dalam melakukan suatu tindakan. Berpikir kreatif selalu dimulai dengan berpikir kritis, yakni menemukan dan melahirkan sesuatu yang sebelumnya tidak ada atau memperbaiki sesuatu.⁷¹

Berpikir kritis harus dikembangkan dalam proses pembelajaran agar siswa terbiasa mengembangkan kreativitasnya. Pada umumnya, berpikir kreatif memiliki empat tahapan sebagai berikut (Mulyasa, 2006;192).⁷²

- a. *Tahap pertama* : persiapan, yaitu proses pengumpulan informasi untuk diuji.
- b. *Tahap kedua* : inkubasi, yaitu suatu rentang waktu untuk merenungkan hipotesis informasi tersebut sampai diperoleh keyakinan bahwa hipotesis tersebut rasional.
- c. *Tahap ketiga* : iluminasi, yaitu suatu kondisi untuk menemukan keyakinan bahwa hipotesis tersebut benar, tepat dan rasional.

⁷⁰ Dr. Rusman, M.Pd, Log, Cit

⁷¹ Ibid. hal 324

⁷² Log, Cit

- d. *Tahap keempat* : verifikasi, yaitu pengujian kembali hipotesis untuk dijadikan sebuah rekomendasi, konsep, atau teori.

Siswa dikatakan kreatif apabila mampu melakukan sesuatu yang menghasilkan sebuah kegiatan baru yang diperoleh dari hasil berpikir kreatif dengan mewujudkannya dalam bentuk sebuah hasil karya baru.⁷³

4. Pembelajaran Efektif

Pembelajaran dapat dikatakan efektif jika mampu memberikan pengalaman baru kepada siswa membentuk kompetensi siswa, serta mengantarkan baru kepada siswa membentuk kompetensi siswa, serta mengantarkan mereka ke tujuan yang ingin dicapai secara optimal. Hal ini dapat dicapai dengan melibatkan serta mendidik mereka dalam perencanaan, pelaksanaan dan penilaian pembelajaran. Seluruh siswa harus dilibatkan secara penuh agar bergairah dalam pembelajaran, sehingga sesuatu pembelajaran betul-betul kondusif dan terarah pada tujuan dan pembentukan kompetensi siswa.⁷⁴

Pembelajaran efektif menuntut keterlibatan siswa secara aktif, karena mereka merupakan pusat kegiatan pembelajaran dan pembentukan kompetensi. Siswa harus didorong untuk menafsirkan informasi yang disajikan oleh guru sampai informasi tersebut dapat diterima oleh akal sehat. Dalam pelaksanaannya, hal ini memerlukan proses pertukaran pikiran, diskusi, dan perdebatan dalam rangka pencapaian pemahaman yang sama terhadap materi standar yang harus dikuasai siswa.⁷⁵

⁷³ Dr. Rusman, M.Pd, Log, Cit

⁷⁴ Ibid. hal 325

⁷⁵ Log, Cit

Pembelajaran efektif perlu didukung oleh suasana dan lingkungan belajar yang memadai atau kondusif. Oleh karena itu, guru harus mampu mengelola siswa, mengelola kegiatan pembelajaran, mengelola isi atau materi pembelajaran, dan mengelola sumber-sumber belajar. Menciptakan kelas yang efektif dengan peningkatan efektivitas proses pembelajaran tidak bisa dilakukan secara parsial, melainkan harus menyeluruh mulai dari perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi. Menurut Kenneth D. More, ada tujuh langkah dalam mengimplementasikan pembelajaran efektif, yaitu (1) perencanaan, (2) perumusan tujuan atau kompetensi, (3) pemaparan perencanaan pembelajaran kepada siswa, (4) proses pembelajaran dengan menggunakan berbagai strategi (multistrategi), (5) evaluasi, (6) menutup proses pembelajaran, dan (7) *follow up* atau tindak lanjut.⁷⁶

Proses pelaksanaan pembelajaran efektif dilakukan melalui prosedur sebagai berikut : (1) melakukan apersepsi, (2) melakukan eksplorasi, yaitu memperkenalkan materi pokok dan kompetensi dasar yang akan dicapai, serta menggunakan variasi metode, (3) melakukan konsolidasi pembelajaran, yaitu mengaktifkan siswa dalam membentuk kompetensi dan mengaitkannya dengan kehidupannya siswa, (4) melakukan penilaian, yaitu mengumpulkan fakta-fakta dan data atau dokumen belajar siswa yang valid untuk melakukan perbaikan program pembelajaran. Untuk menciptakan pembelajaran yang efektif, guru harus memperhatikan beberapa hal yaitu : (1) pengelolaan kegiatan pembelajaran, (4) pengelolaan konten atau materi pelajaran, dan (5) pengelolaan media dan sumber belajar.⁷⁷

⁷⁶ Dr. Rusman, M.Pd, Op. Cit. hal 326

⁷⁷ Log. Cit.

5. Pembelajaran Menyenangkan

Pembelajaran menyenangkan (*joyfull instruction*) merupakan sesuatu proses pembelajaran yang di dalamnya terdapat suatu kohesi yang kuat antara guru dan siswa, tanpa ada perasaan terpaksa atau tertekan (*not under pressure*) (Mulyasa, 2006:194).⁷⁸

Dengan kata lain, pembelajaran menyenangkan adalah adanya pola hubungan yang baik antara guru dengan siswa dalam proses pembelajaran. Guru memosisikan diri sebagai mitra belajar siswa, bahkan dalam hal tertentu tidak menutup kemungkinan guru belajar dari siswanya.⁷⁹

Dalam hal ini perlu diciptakan suasana yang demokrasi dan tidak ada beban, baik guru maupun siswa dalam melakukan proses pembelajaran. Untuk mewujudkan proses pembelajaran yang menyenangkan, guru harus mampu merancang pembelajaran dengan baik, memilih materi yang tepat, serta memilih dan mengembangkan strategi yang dapat melibatkan siswa secara optimal.⁸⁰

⁷⁸ Dr. Rusman, M.Pd, Op. Cit. hal 326

⁷⁹ Log. Cit

⁸⁰ Ibid. hal 327

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Perencanaan Penelitian ini dilakukan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 7 Kota Bekasi. SMK tersebut menjadi pilihan penulis untuk melakukan penelitian tentang “Meningkatkan Hasil Belajar Sistem Kendali Digital Menggunakan Model Pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif Dan Menyenangkan) Di Smk Negeri 7 Kota Bekasi “ waktu penelitian tindakan kelas ini berlangsung selama kurang lebih 1 bulan.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen. Dalam metode ini terdapat dua kelompok kelas yang akan diteliti, yaitu kelompok kelas eksperimen dan kelompok kelas kontrol. Dalam pemilihan kedua kelompok tersebut menggunakan kelas yang sudah terbentuk sebelumnya tanpa membentuk kelas yang baru.

3.3 Sasaran penelitian

Adapun populasi yang menjadi subyek penelitian ini adalah siswa kelas XI Program Keahlian Teknik Otomasi Industri (TOI) di SMK Negeri 7 Kota Bekasi tahun ajaran 2013/ 2014, yaitu kelas XI TOI 1 dengan jumlah siswa sebanyak 29 siswa dan kelas XI TOI 2 dengan jumlah murid sebanyak 33 siswa.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini akan menggunakan data-data yang nantinya akan digunakan sebagai sumber informasi yang bermanfaat untuk analisis dan kesimpulan penelitian, adapun teknik pengumpulan data yang digunakan adalah

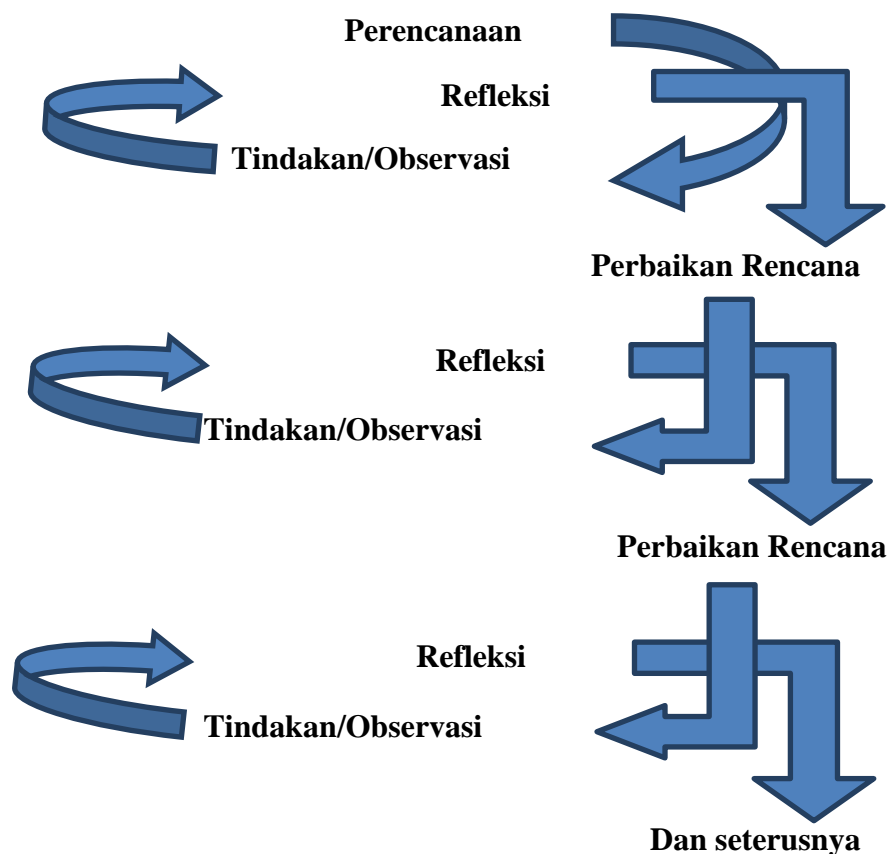
- a. Observasi yaitu melakukan pengawasan terhadap kegiatan sekolah yang berhubungan dengan model pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif Dan Menyenangkan) Mata Pelajaran Sistem Kendali Digital di Smk Negeri 7 Kota Bekasi.
- b. Wawancara, yaitu melakukan tanya jawab, mendapatkan keterangan dan pendapat mengenai model pembelajaran PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif Dan Menyenangkan) Mata Pelajaran Sistem Kendali Digital, apakah sudah menggunakan atau belum metode pembelajaran PAKEM tersebut diterapkan di Smk Negeri 7 Kota Bekasi.

3.5 Rencana Tindakan

Menurut suharsimi Arikunto, Suhardjon, dan Supardi yang dikutip dalam buku penelitian tindakan kelas adalah penelitian yang dilakukan di kelas. Pada penelitian kelas ini terdiri dari 3 siklus 1 (Pertama), siklus 2 (Kedua), dan siklus 3 (Ketiga), penelitian kelas dilakukan oleh guru yang sekaligus sebagai penelitian dikelas merancang, melaksanakan, dan merefleksikan tindakan secara kolaboratif yang bertujuan memperbaiki dan meningkatkan kualitas proses pembelajaran di kelas.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan desain penelitian *Classroom action research* (Penelitian tindakan Kelas) model Hopkins adalah model tindakan penelitian yang bersifat spiral, dimana pada penelitian tindakan kelas

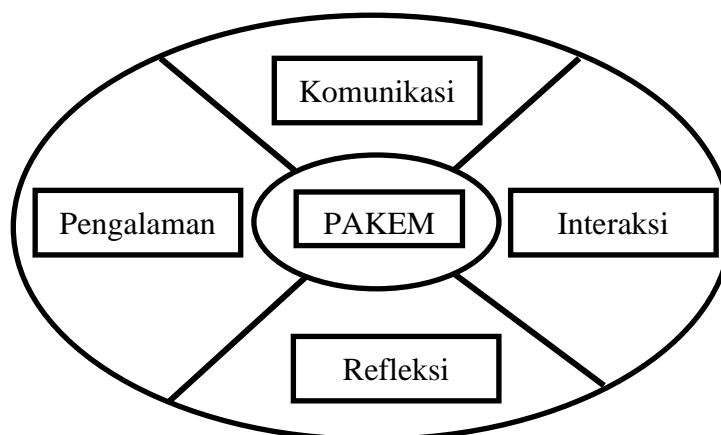
terdiri dari empat tahapan, adalah : 1) Perencanaan (Planning), 2) Tindakan (Acting), 3) Pengamatan (Observing) dan 4) Refleksi (Reflecting).⁸¹ Untuk lebih jelasnya mengenai siklus Penelitian Tindakan Kelas (PTK) model Hopkins dibawah ini gambar siklus tentang penelitian, yaitu sebagai berikut :



Gambar 3.1 Siklus Spirial Penelitian Tindakan Kelas (Hopkins, 1993)

Terdapat empat aspek yang mempengaruhi model PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif Dan Menyenangkan), yaitu pengalaman, komunikasi, interaksi, dan refleksi. Apabila dalam sebuah pembelajaran terdapat keempat aspek tersebut, maka kriteria PAKEM (Partisipatif, Aktif, Kreatif, Efektif Dan Menyenangkan) terpenuhi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut

⁸¹ Suharsimi Arikunto, Suharjono, dan Supardi, Penelitian Tindakan Kelas (Jakarta: Bumi Aksara, 2006), h.2



Gambar 3.2 Aspek-aspek dalam Model Pembelajaran PAKEM.⁸²

a. Pengalaman

Di aspek pengalaman ini siswa diajarkan untuk dapat belajar mandiri. Di dalamnya terdapat banyak cara untuk penerapannya, antara lain seperti eksperimen, pengamatan, percobaan, penyelidikan, dan wawancara. Karena di aspek pengalaman, anak belajar banyak melalui berbuat dan dengan melalui pengalaman langsung, dapat mengaktifkan banyak indra yang dimiliki anak tersebut.⁸³

Seperti yang dikemukakan oleh Edgar Dale dalam Kerucut pengalamannya (*cone experience*) bahwa dengan pengalaman langsung sekitar 90% materi yang didapatkan oleh anak akan cepat terserap dan bertahan lebih lama.⁸⁴

b. Komunikasi

Aspek komunikasi ini dapat dilakukan dengan beberapa bentuk, antara lain mengemukakan pendapat, presentasi laporan, dan memajangkan hasil kerja. Di aspek ini ada hal-hal yang ingin didapatkan, misalnya anak dapat mengungkapkan

⁸² Dr. Rusman, M.Pd, Op. Cit. hal 327

⁸³ Log. Cit

⁸⁴ Log. Cit

gagasan, dapat mengonsolidasi pikirannya, mengeluarkan gagasannya, memancing gagasan orang lain, dan membuat bangunan makna mereka dapat diketahui oleh guru.⁸⁵

c. Interaksi

Aspek interaksi ini dapat dilakukan dengan cara interaksi, tanya jawab, dan saling melempar pertanyaan. Dengan hal-hal seperti itulah kesalahan makna yang diperbuat oleh anak-anak berpeluang untuk terkoreksi dan makna yang terbangun semakin mantap, sehingga dapat menyebabkan hasil belajar meningkat.⁸⁶

d. Refleksi

Dalam aspek ini yang dilakukan adalah memikirkan kembali apa yang telah diperbuat atau dipikirkan oleh anak selama mereka belajar. Hal ini dilakukan supaya terdapatnya perbaikan gagasan atau makna yang telah dikeluarkan oleh anak dan agar mereka tidak mengulangi kesalahan. Di sini anak diharapkan juga dapat menciptakan gagasan-gagasan baru.⁸⁷

Model PAKEM ini diharapkan dapat menghasilkan pembelajaran yang berkualitas/bermutu dan menghasilkan perubahan yang signifikan, seperti dalam peran guru di kelas, perlakuan terhadap siswa, pertanyaan, latihan, interaksi, dan pengelolaan kelas. Selanjutnya, Wahyudin (2006) menjelaskan tentang perubahan yang diharapkan dalam pembelajaran PAKEM sebagai berikut :

⁸⁵ Dr. Rusman, M.Pd, Op Cit, h 328

⁸⁶ Log. Cit

⁸⁷ Log. Cit

Tabel 3.2 Perubahan yang diharapkan dalam PAKEM⁸⁸

Aspek	Dari....	Ke...
Peran guru	Guru mendominasi kelas. Semua dari guru : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Informasi ➤ Pertanyaan ➤ Inisiatif ➤ Penugasan ➤ Umpan balik ➤ Penilaian 	Menjadi manajer/fasilitator pembelajaran : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Inisiatif berasal dari siswa/guru ➤ Sumber informasi beragam ➤ Siswa banyak bertanya ➤ Siswa kadang memilih tugas sendiri ➤ Umpan balik dari teman sebaya ➤ Siswa menilai diri sendiri
Perlakuan terhadap siswa	Semua siswa diperlakukan sama, seperti : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Melakukan kegiatan yang sama ➤ Maju bersama ➤ Tingkat kesukaran sama untuk semua siswa ➤ PR yang sama ➤ Penilaian yang sama 	Melayani adanya perbedaan individual, seperti : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Maju sesuai dengan kecepatan masing-masing ➤ Bisa melakukan kegiatan yang berbeda ➤ Tingkat kesukaran sesuai kemampuan/minat masing-masing siswa. ➤ PR tidak harus sama ➤ Macam-macam penilaian
Pertanyaan	95% dari guru : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pernyataan tertutup ➤ Fakta, hafalan, ingatan ➤ Satu jawaban yang benar ➤ Dijawab dengan benar ➤ Jawaban : 1 kata atau ringkas ➤ Yang tersurat saja 	Pernyataan dari siswa/guru, jenis pernyataan bervariasi : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Siswa berfikir ➤ Pernyataan terbuka ➤ Pernyataan produktif ➤ Pernyataan penelitian ➤ <i>Problem solving</i> ➤ Jawaban teruai, bila berbeda

⁸⁸ Dr. Rusman, M.Pd, Op Cit, h 328

Latihan	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Latihan terbatas/kurang ➤ Jumlah latihan sedikit ➤ Pelaksanaan tugas “sekali jadi” ➤ Anak menunggu giliran ➤ Kurang menantang 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Latihan lebih intensif ➤ Jumlah soal memadai ➤ Selesai tugas : review, revisi review, refisi-refisi ➤ Setiap anak mendapatkan kesempatan yang sama ➤ Lebih menantang : tuntutan tinggi dan anak lebih produktif ➤ Hasil karya anak dipajang
Interaksi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Satu arah ➤ Guru ke siswa ➤ Intensitas interaksi ➤ Mutu interaksi 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banyak arah ➤ Guru ke siswa ➤ Siswa ke guru ➤ Siswa ke siswa ➤ Siswa ke sumber belajar ➤ Siswa ke orang dewasa
Pengelolaan kelas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Klasikal ➤ Individual ➤ Di dalam kelas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Variasi ➤ Individual ➤ Berpasangan ➤ Kelompok kecil ➤ Kelompok besar ➤ Klasikal ➤ Diluar kelas
Variasi penilaian	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tes formal 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tes formal ➤ Pembelajaran dan perbaikan berkelanjutan ➤ Portofolio ➤ Umpan balik ➤ Penilaian diri/ sesama siswa

3.6 Data dan Cara Pengambilan

Data yang digunakan untuk hasil belajar Sistem Kendali Digital mengenai materi tentang Gerbang Logika dan siswa mencoba mempraktekkan dengan Simulasi Electronic WorkBench (EWB) dengan pengumpulan data diambil dari nilai percobaan praktikum Gerbang – gerbang Logika, dan Kuisisioner respon siswa.

3.7 Analisi Data

Data penelitian tindakan kelas ini dianalisis dari hasil yang didapat dengan kualitatif bentuk kata-kata dan pengumpulan data yang relevan pada proses yang terjadi di lapangan.

BAB IV

EVALUASI

4.1. Prosedur Evaluasi

Istilah evaluasi berasal dari bahasa Inggris yaitu "*Evaluation*" yang artinya adalah suatu tindakan atau suatu proses untuk menentukan nilai dari keberhasilan belajar peserta didik setelah ia mengalami proses belajar selama satu periode tertentu. Evaluasi juga dapat diartikan kegiatan yang terencana untuk mengetahui keadaan sesuatu objek dengan menggunakan instrumen dan hasilnya dibandingkan dengan tolak ukur untuk memperoleh kesimpulan. Evaluasi bukan sekedar menilai suatu aktivitas secara spontan dan insidental, melainkan kegiatan untuk menilai sesuatu secara terencana, sistematis, dan terarah berdasarkan atas tujuan yang jelas. Kunandar (2008: 377).

Evaluasi hasil belajar dalam kurikulum yang diterapkan pada pendidikan secara umum mengandung fungsi-fungsi pokok sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh data guna untuk perbaikan kegiatan pembelajaran.
2. Mengukur tingkat keberhasilan seorang guru dalam proses belajar mengajar.
3. Untuk mengukur keberhasilan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran.

Penilaian dan penentuan kriteria kelulusan peserta didik lulus atau tidak lulus dari kompetensi yang telah dipelajari dapat dilakukan dengan cara membandingkan bukti-bukti hasil belajar yang telah diperoleh peserta didik terhadap standar kompetensi, proses pengumpulan bukti hasil belajar yang diperoleh melalui serangkaian tes (ujian), hasil pengamatan, penyelesaian tugas harian, hasil kerja siswa, dan lain sebagainya.

Fungsi utama evaluasi adalah menelaah suatu objek atau keadaan untuk mendapatkan informasi yang tepat sebagai dasar untuk pengambilan keputusan, alasan perlu dilakukannya evaluasi hasil belajar adalah: (1) dengan evaluasi hasil belajar dapat diketahui apakah tujuan pendidikan sudah tercapai dengan baik dan untuk memperbaiki serta mengarahkan pelaksanaan proses belajar mengajar. (2) kegiatan mengevaluasi terhadap hasil belajar merupakan salah satu ciri dari pendidikan profesional. (3) bila dilihat dari pendekatan kelembagaan, kegiatan pendidikan adalah merupakan kegiatan manajemen, yang meliputi kegiatan *planning, programming, organizing, actuating, controlling, dan evaluating*. Kunandar (2008: 377-378).

Evaluasi hasil belajar bertujuan untuk mengetahui tercapai tidaknya kompetensi dasar yang telah ditetapkan, dengan kompetensi dasar ini dapat diketahui tingkat penguasaan materi standar oleh peserta didik, baik yang menyangkut aspek intelektual, sosial, emosional, spiritual, kreativitas, dan moral. Kunandar (2008: 378). Dengan prinsip penilaian yang penting adalah penilaian tersebut akurat, ekonomis dan mendorong peningkatan kualitas pembelajaran.

4.1.1 Pedoman Penilaian

Penilaian yang mengacu pada standar kompetensi dan kompetensi dasar merupakan kriteria kinerja yang harus dikuasai oleh peserta didik, dapat dilakukan perencanaan penilaian hasil belajar dengan menjabarkan kriteria kinerja atau indikator keberhasilan menjadi materi-materi uji yang berpedoman dari lingkup materi dalam kurikulum serta menetapkan bukti-bukti hasil belajar yang harus disiapkan. Sedangkan untuk dapat menyusun alat ukur guna proses penilaian, maka dengan mengacu pada kriteria kinerja

dan materi uji dapat disusun indikator-indikator dan soal-soalnya. Agar penilaian berjalan secara objektif, guru berupaya secara optimal untuk (1) memanfaatkan berbagai bukti hasil kerja peserta didik dan tingkah laku dari sejumlah penilaian yang dilakukan dengan berbagai cara dan alat penilaian. (2) membuat keputusan yang adil tentang penguasaan kemampuan peserta didik dengan mempertimbangkan hasil kerja (karya) yang dikumpulkan dan perubahan tingkah laku. Kunandar (2008: 394).

4.1.2 Aspek yang Diukur

Kompetensi memiliki tiga aspek kemampuan yaitu berupa pegatehuan (*knowledge*), keterampilan (*skill*) dan sikap (*attitude*). Untuk dapat mengukur tingkat penguasaan suatu kompetensi oleh peserta didik secara utuh, terarahkan, dan dapat dilaksanakan diperlukan sebuah penerapan berupa metode-metode penilaian dalam pembelajaran, sehingga ketiga aspek tersebut dapat diukur secara tepat dan proposional. Teknik penilaian yang diterapkan dapat berupa tes tertulis yaitu dengan dua bentuk (1) soal dengan memilih jawaban berupa pilihan ganda, dua pilihan benar-salah, ya-tidak, mnjodohkan atau mencocokkan, (2) soal dengan menyuplai jawaban berupa isian atau melengkapi, jawaban singkat atau pendek dan soal uraian, tes lisan dengan cara wawancara, pengamatan atau observasi perilaku, pertanyaan langsung, dan penilaian kerja proyek. Wina Sanjaya (2010: 70)

Bentuk-bentuk pengukuran yang diterapkan antara lain mengukur penguasaan keterampilan (*psychomotoric*) dapat digunakan metode tes praktik, demonstrasi, simulasi kerja proyek dan sebagainya, sedangkan untuk mengukur suatu sikap (*affective*) dapat dilakukan melalui pengamatan

saat peserta didik memperlihatkan kompetensi belajarnya atau saat dilakukan kegiatan pelaksanaan tugas yang berarti proses penilaian dapat dilakukan secara keseluruhan dengan dilakukannya penilaian terhadap aspek keterampilan.

4.2. Kriteria Kelulusan

Belajar tuntas adalah suatu sistem belajar yang menginginkan sebagian peserta didik dapat menguasai tujuan pembelajaran secara tuntas. Pembelajaran tuntas (*Mastery Learning*), dalam KTSP merupakan pendekatan dalam pembelajaran yang mempersyaratkan peserta didik secara tuntas seluruh standar kompetensi maupun kompetensi dasar mata pelajaran. Kriteria kelulusan untuk tingkat satuan pendidikan yang dirumuskan dan sepakati bersama antara penyelenggara pendidikan dan masyarakat dunia kerja, serta pihak-pihak yang terkait terutama peserta didik. Kunandar (2008: 327).

Di SMK Negeri 7 kota Bekasi telah menetapkan standar kelulusan atau KKM pada mata pelajaran produktif yaitu 78, karena merupakan mata pelajaran yang diwajibkan bagi peserta didik di masing-masing program studi dan jurusannya yang berupa hasil dari perumusan antara penyelenggara pendidikan dengan pihak masyarakat dunia kerja dan pihak yang terkait, sedangkan untuk standar kelulusan mata pelajaran umum atau normatif dan adaptif dari rumusan tersebut, peserta didik diharuskan memperoleh nilai KKM 75. (Pedoman Penilaian KKM, 2013). Untuk sebuah standar kelulusan dirumuskan dalam bentuk rumusan kriteria kinerja atau ciri-ciri penguasaan kompetensi pada setiap kompetensi dasar dalam kurikulum yaitu:

1. Penetapan standar nilai

Sesuai tuntutan pendidikan dengan diberlakukannya penetapan standar nilai, oleh peserta didik akan diberi peringkat kategori lulus, istimewa, amat baik, baik, maupun cukup, maka criteria kelulusan tersebut dapat menggunakan peringkat berupa nilai ataupun huruf, dan pemberian gradasi berupa kelulusan hanya diberikan kepada peserta didik yang dinyatakan lulus sesuai dengan karakteristik kompetensi yang dipelajari.

Standar nilai minimal kelulusan yang telah ditetapkan dan diberlakukan dalam lingkup nasional, wilayah, maupun lingkungan sekolah, merupakan sebagai pedoman penetapan kelulusan kompetensi belajar siswa khususnya di sekolah menengah kejuruan. Dengan kata lain digunakan sebagai upaya peningkatan mutu hasil belajar sesuai dengan karakteristik setiap kompetensi yang berbeda-beda, oleh karena itu sekolah dan pihak industri atau perusahaan atas kesepakatannya, dapat mengadakan penyesuaian dan menaikkan standar nilai kelulusan untuk diberlakukan di setiap sekolah. (Pedoman Penilaian KKM, 2013).

2. Penetapan nilai hasil belajar

Berdasarkan kemampuan peserta didik pada setiap standar kompetensi dan kompetensi dasar dalam suatu kompetensi, merupakan unsure-unsur kemampuan yang saling berkaitan dan memberikan pengaruh serta mewarnai tingkat penguasaan yang bersangkutan, jika salah satu kompetensi dasar belum lulus, maka kompetensi yang dinyatakan belum lulus, dan jika salah satu nilai kompetensi dasarnya rendah maka dinyatakan nilai kompetensinya rendah pula. Oleh karena itu mengacu pada karakteristik penilaian kompetensi tersebut, maka prinsip

sebuah penilaian yang diperhatikan adalah nilai kompetensi sama dengan nilai terendah dari kompetensi dasar yang terkandung di dalamnya.

Kriteria kelulusan di sekolah dalam satuan pendidikan di antaranya:

1. Absensi Kehadiran

Kehadiran adalah salah satu nilai yang dihargai atau sebagai bahan pertimbangan dalam menilai karena dengan hal itu dapat melatih kerajinan absensi peserta didik, agar lebih mudah dalam sebuah perhitungannya maka penilaian kehadiran berdasarkan tatap muka pembelajaran yang dihitung sesuai dengan jumlah seluruh tatap muka selama satu semester, misalkan 20 kali pertemuan, peserta didik hanya hadir sebanyak 15 kali, maka hal yang perlu dinilai hanyalah jumlah kehadirannya saja.

2. Nilai Teori

Penilaian suatu teori selama kegiatan pembelajaran adalah hasil dari tugas nilai harian siswa, tugas-tugas kelompok atau individu dan tugas pekerjaan rumah yang diberikan oleh pendidik selama peserta didik mentaati peraturan yang ditetapkan oleh pendidik dan sekolah.

Contoh penilaian:

$$\frac{\text{Nilai Ulangan} + \text{Nilai Tugas}}{\text{Poin penilaian}} \times \text{Persentase Kehadiran}$$

$$\frac{80 + 85}{2} \times 10\% = 8,25\% \text{ siswa dinyatakan lulus}$$

4.3. Kisi-Kisi Soal

Sebelum membuat suatu soal ada baiknya seorang guru atau pendidik membuat kisi-kisi soal yang akan digunakan sebagai alat evaluasi peserta didik.

Kisi-kisi soal memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Pedoman penulisan soal

Kisi-kisi dijadikan suatu pedoman penulisan soal untuk mengukur sejauh mana indikator-indikator di dalam kompetensi setelah dicapai, serta untuk menentukan jenis evaluasi apa yang akan digunakan, misalnya pilihan ganda, esai atau kedua-duanya.

2. Pedoman perakitan soal

Soal-soal yang telah dibuat tentunya belum bisa dipergunakan bila sebelum diuji terlebih dahulu. Dalam perakitan soal yang harus diperhatikan adalah pendistribusian penyebaran soal dijadikan menjadi tiga kelompok antara lain, kelompok mudah, sedang dan sulit, dari soal-soal yang akan dibuat sebagai alat evaluasi bagi pendidik untuk peserta didik dalam penentuan hasil belajar.

Dalam pelaksanaan pengajaran agar fungsi dari kisi- kisi soal dapat diterapkan dengan semestinya maka perlu diperhatikan syarat-syarat penyusunan kisi-kisi yang baik diantaranya:

- a. Mewakili isi kurikulum
- b. Singkat dan jelas
- c. Soal dapat disusun sesuai dengan bentuk soal

4.4.Uji Coba Instrumen

Dalam setiap penelitian di bidang pendidikan, terdapat instrument tes yang akan digunakan untuk memperoleh data yang selanjutnya data tersebut akan diolah dan dianalisis sehingga menjadi suatu kesimpulan data tersebut akan diolah dan dianalisis sehingga menjadi suatu kesimpulan hipotesis. Namun sebelum instrument tes tersebut diolah agar mendapatkan validitas butir soal, daya pembeda soal, reliabilitas soal, dan indeks kesukaran butir soal. Berbagai tes ini dilakukan untuk mengetahui apakah setiap soal layak dijadikan sebagai instrument penelitian.

4.4.1 Uji Validitas Butir

Validitas adalah suatu ukuran yang dapat menunjukkan tingkat kevalidan suatu tes yang ingin diukur secara tepat. Suatu tes dikatakan valid apabila tes tersebut mengukur apa yang hendak diukur. Suatu tes memiliki tingkat validitas yang tinggi jika hasilnya sesuai dengan kriteria.⁸⁹

Setiap butir soal yang digunakan sebagai tes perlu dikatakan uji validitas, untuk menguji tingkat validitas setiap soal tersebut skor-skor yang ada pada butir yang dimaksud dikorelasikan dengan skor totalnya.

Skor yang ada pada setiap butir dinyatakan skor X dan skor totalnya dinyatakan sebagai skor Y, dengan diperolehnya indeks validitas setiap butir soal, dapat diketahui butir-butir soal manakah yang memenuhi criteria berdasarkan indeks validitasnya seperti manakah yang memenuhi criteria berdasarkan indeks validitasnya.

⁸⁹ Purwanto, Evaluasi Hasil Belajar, (Jakarta : Prestasi Pustaka,2010), hal.114

Untuk menguji tingkat validitas butir instrument tersebut digunakan rumus *korelasi product moment*, yaitu :⁹⁰

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

r_{xy} = Koefisien antara variabel X dan variabel Y

X = Skor setiap butir soal dari responden uji coba variabel X

Y = Jumlah Skor dari responden uji coba variable Y

N = Jumlah responden

4.3.1 Uji Reliabilitas

Reliabilitas adalah tingkat konsistensi suatu tes, yaitu sejauh mana suatu tes dapat dipercaya untuk mendapatkan hasil skor yang konsisten, relative tidak berubah walaupun diuji pada situasi yang berbeda-beda. Suatu instrument dikatakan reliabilitas jika intrumen mampu menunjukkan hasil pengukuran yang konsistensi, hasil pengukurannya yang diperlihatkan dengan taraf ketetapan dan ketelitian hasilnya. Dengan demikian, suatu intrumen yang reliabel berarti instrument tersebut jika digunakan beberapa kali untuk mengukur obyek yang sama akan mendapatkan hasil yang sama.

⁹⁰ Suharsini Arikunto, *Prosedur Suatu Pendekatan Praktik*, (Bandung : Rineka Cipta, 2006), hal. 170

Untuk pengujian reliabilitas instrument yang digunakan pada penelitian ini, rumus reliabilitas yang digunakan adalah :⁹¹

$$r_{11} = \frac{n \sum x_1 x_2 - (\sum x_1)(\sum x_2)}{\sqrt{\{n \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2\}\{n \sum x_2^2 - (\sum x_2)^2\}}}$$

r_{11} = Koefisien reliabilitas instrumen

n = Jumlah sampel yang digunakan

x_1 = Kelompok data pertama

x_2 = Kelompok data Kedua

Hasil uji reliabilitas pada suatu instrument dengan rumus diatas akan menghasilkan angka indeks dimana skalanya diantara 0.00 sampai 1.00 dan hasil perhitungan rumus uji reliabilitas soal yang terdapat pada suatu instrument memiliki hasil dibawah 0.20 maka reliabilitas instrument tersebut memiliki reliabilitas soal yang sangat rendah.

Jika hasil perhitungan rumus uji reliabilitas soal yang terdapat pada suatu instrument memiliki hasil diantara 0.20 dan 0.40 maka reliabilitas instrument memiliki reliabilitas soal yang rendah.

Jika hasil perhitungan rumus uji reliabilitas soal yang terdapat pada suatu instrument memiliki hasil antara 0.40 dan 0.70 maka reliabilitas instrument tersebut memiliki reliabilitas soal yang rendah.

Jika hasil perhitungan rumus uji reliabilitas soal yang terdapat pada suatu instrument memiliki hasil antara 0.70 dan 0.90 maka reliabilitas instrument tersebut memiliki reliabilitas soal yang tinggi. Jika hasil perhitungan rumus uji reliabilitas soal yang terdapat pada suatu instrument memiliki hasil antara 0.90

⁹¹ Ibid, Hal 208

dan 1.00 maka reliabilitas instrument tersebut memiliki reliabilitas soal yang sangat tinggi. Kriteria reliabilitas soal yang dapat pada suatu instrument dari hasil perhitungan diatas digambarkan pada table 3.5 sebagai berikut :⁹²

Tabel 3.1 Kriteria Reliabilitas

Rentang	Kategori
$R \leq 0,20$	Reliabilitas soal sangat rendah
$0,20 \leq r \leq 0,40$	Reliabilitas soal rendah
$0,40 \leq r \leq 0,70$	Reliabilitas soal sedang
$0,70 \leq r \leq 0,90$	Reliabilitas soal tinggi
$0,90 \leq r \leq 1,00$	Reliabilitas soal sangat tinggi

⁹² Ibid, Hal 210

4.4. Soal PG UJI INSTRUMEN

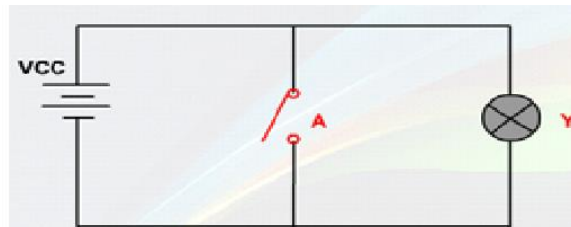
I. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dari pertanyaan dibawah ini!

1. Tabel kebenaran dibawah ini, adalah tabel kebenaran gerbang...?

Input (A)	Input (B)	Output (Y)
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

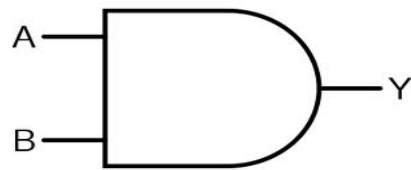
- Gerbang AND
- Gerbang OR
- Gerbang NOT
- Gerbang NOR
- Gerbang Ex-OR

2. Gambar rangkaian listrik dibawah ini, menggambarkan fungsi dari gerbang...?



- Gerbang NOT
- Gerbang OR
- Gerbang AND
- Gerbang NOR
- Gerbang NAND

3. Simbol gerbang logika ini adalah simbol gerbang....?



- a. Gerbang AND
- b. Gerbang OR
- c. Gerbang NAND
- d. Gerbang NOR
- e. Gerbang EX-NOR

4. diantara persamaan Boolean berikut, manakah yang merupakan hukum asosiatif untuk gerbang logika AND?

- a. $A.B = B.A = Y$
- b. $A.(B.C) = (A.B).C$
- c. $A.(A+B).(C+D) = A.C + A.D + B.C + B.D$
- d. $A.(B+C) = A.B + A.C$
- e. $A+0 = A$

5. Simbol gerbang logika ini adalah simbol gerbang....?



- a. Gerbang AND
- b. Gerbang OR
- c. Gerbang NOR
- d. Gerbang NAND
- e. Gerbang EX-NOR

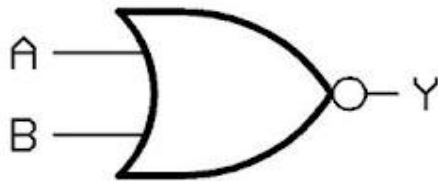
6. Gerbang logika, yang outputnya akan 1 jika semua input 1, dan outputnya 0, jika salah satu atau kedua inputnya 0, adalah gerbang logika....?

- a. Gerbang AND
- b. Gerbang OR
- c. Gerbang NOR
- d. Gerbang NAND
- e. Gerbang EX-NOR

7. Manakah yang merupakan spesifikasi IC pada Gerbang Logika EXOR...?

- a. IC 7404
- b. IC 7486
- c. IC 7408
- d. IC 7402
- e. IC 74266

8. Simbol gerbang logika ini adalah simbol gerbang....?



- a. Gerbang AND
- b. Gerbang OR
- c. Gerbang NOR
- d. Gerbang EX-OR
- e. Gerbang EX-NOR

9. Manakah yang merupakan spesifikasi IC pada Gerbang Logika OR...?

- a. IC 7404
- b. IC 7432
- c. IC 7408
- d. IC 7402
- e. IC 7400

14. Perhatikan daftar gerbang logika berikut :

- | | | | |
|-------------|--------------|--------------|---------------|
| 1. AND Gate | 3. NAND Gate | 5. NOT Gate | 7. EXNOR Gate |
| 2. OR Gate | 4. NOR Gate | 6. EXOR Gate | |

Dari daftar gerbang logika diatas , nomor anakah yang merupakan tiga operasi dasar dalam aljabar Boolean.....?

- | | |
|---------------|---------------|
| a. 1,2, dan 3 | d. 5,6, dan 7 |
| b. 4,5, dan 6 | e. 1,2, dan 5 |
| c. 1,2, dan 7 | |

15. Gebang Logika, yang outputnya akan 1 jika salah satu inputnya 1, dan outputnya 0, jika kedua inputnya 0, adalah gerbang logika ...?

- | | |
|----------------|-------------------|
| a. Gerbang AND | d. Gerbang NAND |
| b. Gerbang OR | e. Gerbang EX-NOR |
| c. Gerbang NOR | |

16. Diantara operasi gerbang logika berikut, masalah yang merupakan aljabar boole untuk operasi gerbang logika OR....?

- | | |
|--------------------|----------------|
| a. $A+A = A$ | d. $A+1 = A+1$ |
| b. $A+\bar{A} = 0$ | e. $A.1 = A$ |
| c. $A+A=2A$ | |

17. Hukum De Morgan dan teori aljabar Boolean dibawah ini yang benar adalah....?

- | | |
|---|-------------------------------------|
| a. $\overline{A+B} = \bar{A}.\bar{B}$ | d. $Y = \overline{\bar{A}.\bar{B}}$ |
| b. $\overline{\bar{A}+\bar{B}} = \bar{A}+\bar{B}$ | e. $Y = \overline{\bar{A}+\bar{B}}$ |
| c. $\overline{\bar{A}.\bar{B}} = \bar{A}.\bar{B}$ | |

18. Perhatikan kesimpulan suatu gerbang logika berikut :

- a. Keluaran suatu gerbang bernilai 0 bila semua masukannya bernilai 1
- b. Keluaran suatu gerbang bernilai 1 jika ada masukannya yang bernilai 0

Gerbang logika yang dimaksud pada kedua kesimpulan diatas adalah ...?

- a. Not Gate
- b. NOR Gate
- c. NAND Gate
- d. OR Gate
- e. AND Gate

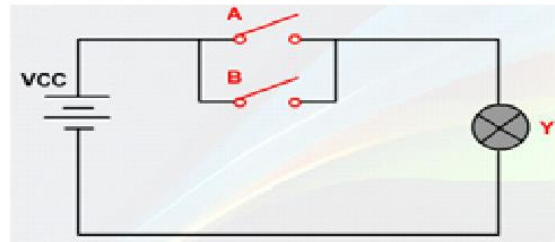
19. Bagaimanakah cara untuk mendapatkan fungsi logika OR jika kita memiliki gerbang NOR....?

- a. Menambahkan gerbang NOR di Keluarannya.
- b. Menambahkan gerbang NOT di Keluarannya.
- c. Menambahkan gerbang AND di Keluarannya.
- d. Menambahkan gerbang OR di Keluarannya.
- e. Menambahkan gerbang NAND di Keluarannya.

20. $A+B = B+A = Y$, merupakan persamaan Boolean untuk?

- a. Hukum komutatif untuk gerbang logika OR.
- b. Hukum distribusi untuk gerbang logika AND.
- c. Hukum asosiatif untuk gerbang logika NOT.
- d. Hukum komutatif untuk gerbang logika AND.
- e. Hukum distributif untuk gerbang logika OR.

21. Rangkaian dibawah ini, sama dengan gerbang Logika...?

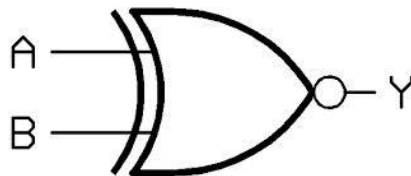


- a. Gerbang AND
- b. Gerbang OR
- c. Gerbang NOR
- d. Gerbang NOR
- e. Gerbang EX-NOR

22. Manakah yang merupakan spesifikasi IC pada Gerbang Logika NAND...?

- a. IC 7404
- b. IC 7486
- c. IC 7408
- d. IC 7402
- e. IC 7400

23. Simbol gerbang logika ini adalah simbol gerbang....?



- a. Gerbang AND
- b. Gerbang OR
- c. Gerbang NOR
- d. Gerbang EX-OR
- e. Gerbang EX-NOR

24. Gerbang Logika, yang outputnya akan 1 jika salah satu inputnya 1, dan outputnya 0, jika kedua inputnya 0, adalah gerbang logika ...?

- a. Gerbang AND
- b. Gerbang OR
- c. Gerbang NOR
- d. Gerbang NAND
- e. Gerbang EX-NOR

25. Manakah yang merupakan spesifikasi IC pada Gerbang Logika NOT...?

- a. IC 7404 d. IC 74266
 b. IC 7486 e. IC 7400
 c. IC 7408

Kunci Jawaban Soal UJI INSTRUMEN

No.	Jawaban
1	B
2	A
3	A
4	B
5	D

No.	Jawaban
6	B
7	B
8	C
9	B
10	C

No.	Jawaban
11	A
12	A
13	C
14	E
15	B

No.	Jawaban
16	A
17	A
18	C
19	A
20	A

No.	Jawaban
21	B
22	E
23	E
24	B
25	A