

#14

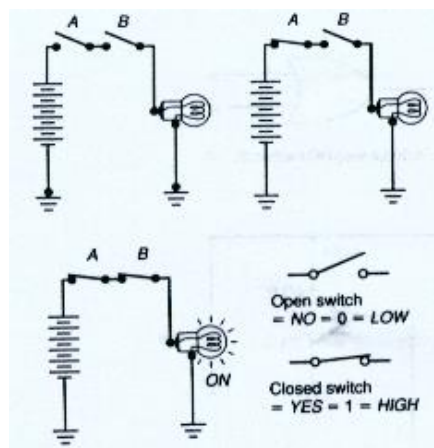
TEORI DASAR DIGITAL (GERBANG LOGIKA)

Gerbang logika dapat didefinisikan sebagai peralatan yang dapat menghasilkan suatu output hanya bila telah ditentukan sebelumnya kondisi input yang ada.

Dalam hal ini digunakan istilah gerbang karena menunjukkan keadaan terbuka atau tertutup.

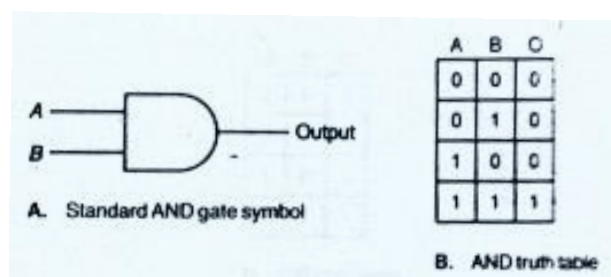
Gerbang AND

Rangkaian saklar sederhana dalam gambar 1 menunjukkan bahwa *battery* hanya dapat mensuplai lampu bila saklar A dan B dalam keadaan ON (1).



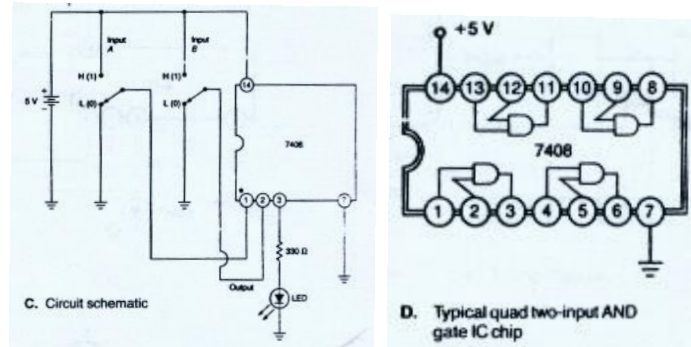
Gambar 1. Saklar Sederhana Gerbang AND

Gambar 2A dan 2B ber-turut-turut menunjukkan simbol dan tabel kebenaran (*truth table*) gerbang AND.



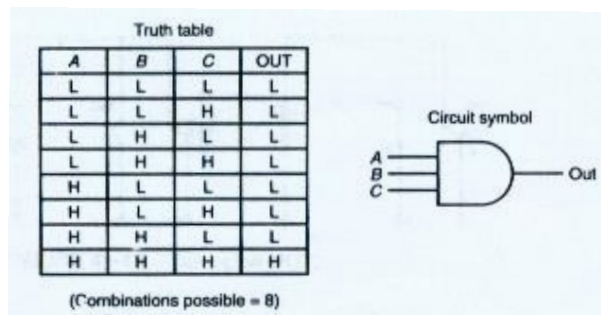
Gambar 2. Tabel Kebenaran Gerbang AND

Gambar 3 menunjukkan skematik rangkaian AND dan menunjukkan chip IC gerbang AND dua-input.



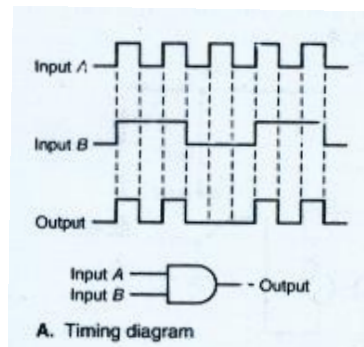
Gambar 3. Skematik Rangkaian AND Dan Chip IC Gerbang AND

Selain itu Gerbang AND juga dapat memiliki lebih dari dua input, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.



Gambar 4. Gerbang AND 2 Lebih Dari 2 Input

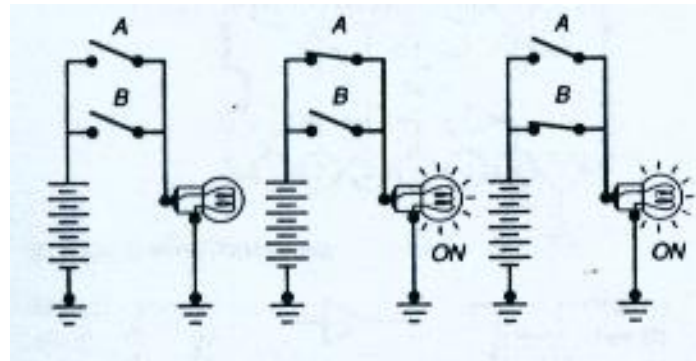
Dalam diagram waktu gerbang AND, bila input A dan input B merupakan pulsa, maka bentuk pulsa outputnya sesuai dengan kaidah tabel kebenarannya (*truth table*), seperti dalam gambar 5.



Gambar 5. Diagram Waktu Gerbang AND

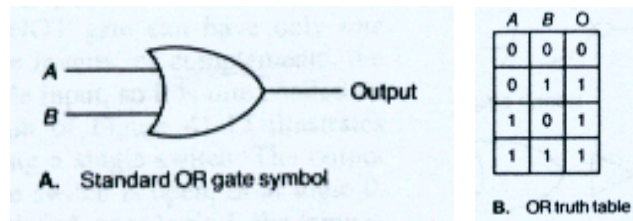
Gerbang OR

Rangkaian saklar sederhana dalam gambar 6 menunjukkan bahwa *battery* dapat mensuplai lampu bila saklar A dan/atau saklar B dalam keadaan ON (1).



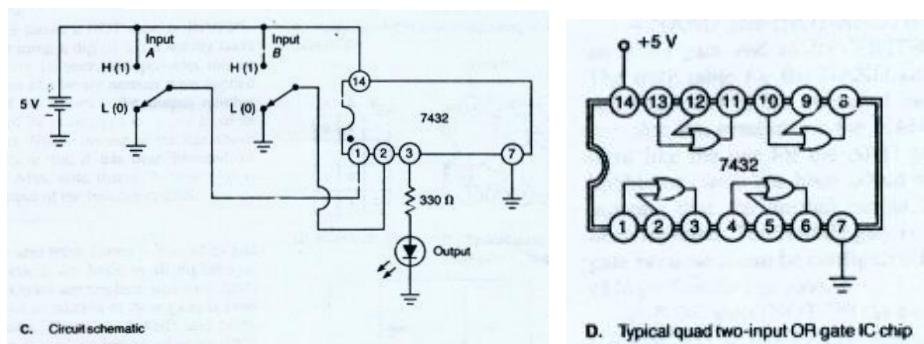
Gambar 6. Saklar Sederhana Gerbang OR

Gambar 7A dan 7B berturut-turut menunjukkan simbol dan tabel kebenaran gerbang OR.



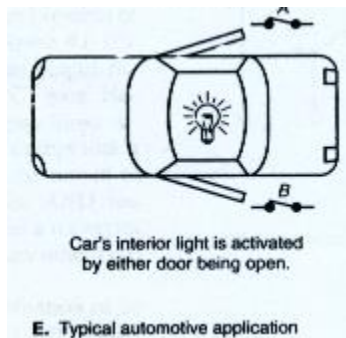
Gambar 7. Tabel Kebenaran Gerbang OR

Gambar 8 menunjukkan skematik rangkaian OR dan menunjukkan chip IC gerbang OR dua-input.

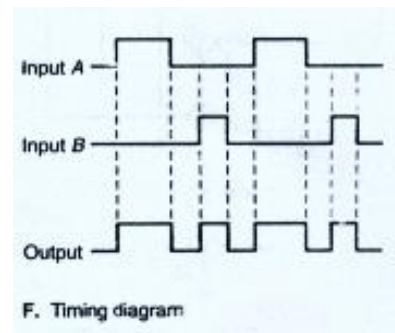


Gambar 8. Skematik Rangkaian OR Dan Chip IC Gerbang OR

Gambar 9 menunjukkan aplikasi gerbang OR dalam otomotif dan gambar 10 menunjukkan diagram waktu bila input A dan B berupa pulsa.



Gambar 9. Aplikasi Gerbang OR Dalam Otomotif

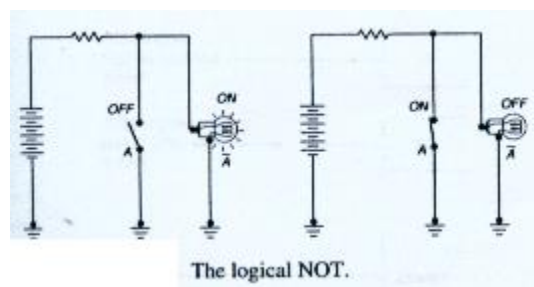


Gambar 10. Diagram Waktu Gerbang AND

Gerbang NOT

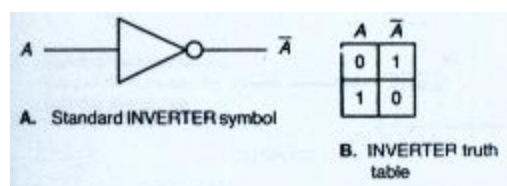
Tidak seperti gerbang AND dan OR, gerbang NOT hanya memiliki satu input.

Rangkaian saklar sederhana dalam gambar 11 menunjukkan bahwa baterai dapat mensuplai lampu bila saklar A dalam keadaan OFF (0), sedang bila saklar A dalam keadaan ON (1) arus listrik yang melewati lampu sangat kecil sehingga tidak dapat menyalakan lampu.



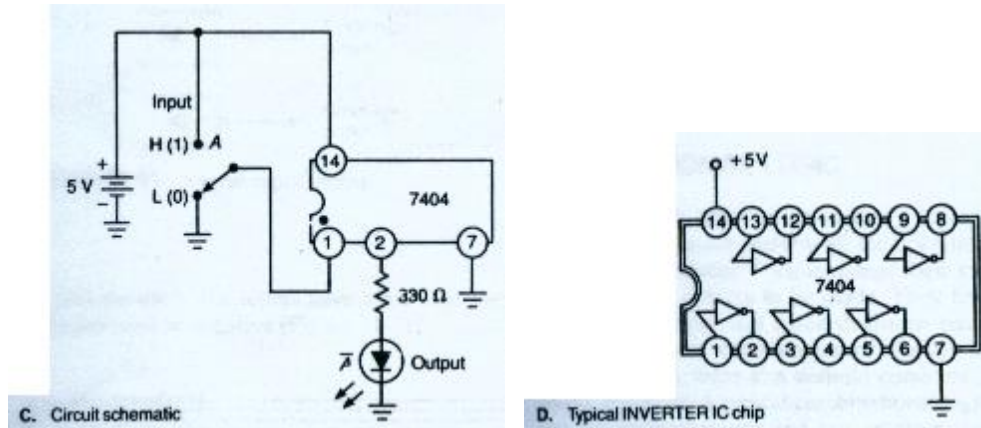
Gambar 11. Saklar Sederhana Gerbang NOT

Gambar 12A dan 12B berturut-turut menunjukkan simbol dan tabel kebenaran gerbang NOT (INVERTER).



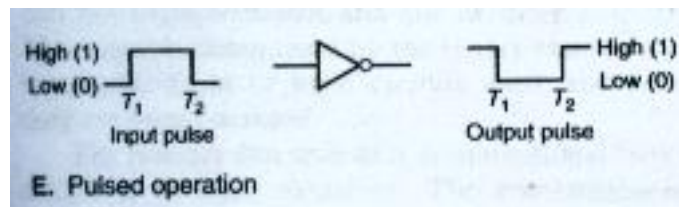
Gambar 12. Tabel Kebenaran Gerbang NOT

Gambar 13 menunjukkan skematik rangkaian NOT dan menunjukkan chip IC gerbang NOT input tunggal.



Gambar 13. Skematik Rangkaian NOT Dan Chip IC Gerbang NOT

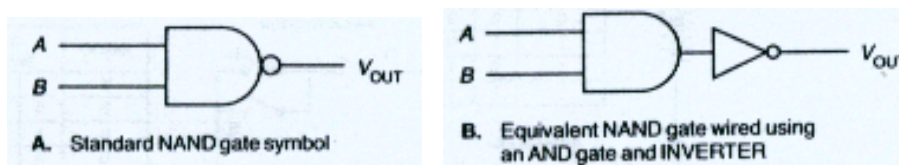
Gambar 14 menunjukkan bahwa dalam operasi gerbang NOT, kondisi pulsa *high* (1) pada input dibalik menjadi kondisi *low* (0) pada output dan sebaliknya kondisi pulsa *low* (0) pada input dibalik menjadi kondisi *high* (1) pada output.



Gambar 14. Diagram Waktu Gerbang NOT

Gerbang NAND (NOT-AND)

Gerbang NAND merupakan kombinasi gerbang AND dan INVERTER. Gambar 15 menunjukkan simbol standar gerbang NAND dan NAND equivalen yang dirangkai dari gerbang AND dan INVERTER.



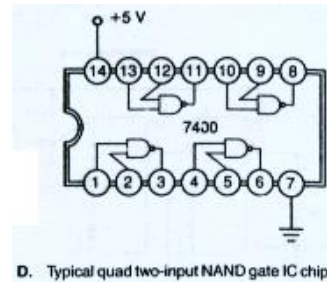
Gambar 15. Standar Gerbang NAND Dan NAND Equivalen Yang Dirangkai Dari Gerbang AND Dan INVERTER

Tabel kebenaran gerbang NAND dalam gambar 16 menunjukkan nilai output yang berlawanan dengan nilai output tabel kebenaran gerbang AND.

Sedangkan dalam gambar 17 menunjukkan chip IC gerbang NAND dua-input.

A	B	V_{OUT}
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

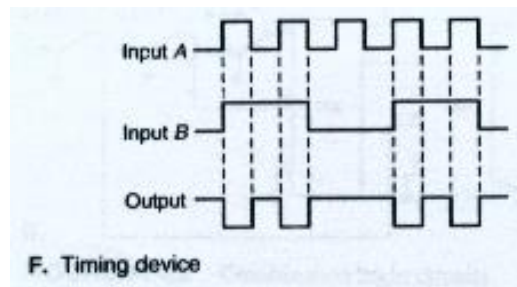
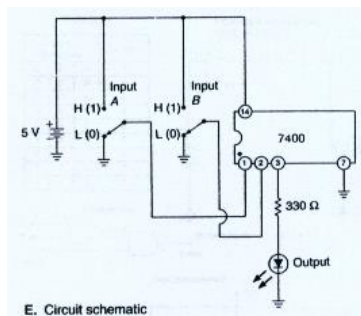
C. NAND truth table



Gambar 16. Tabel Kebenaran Gerbang NAND

Gambar 17. Chip IC Gerbang NAND

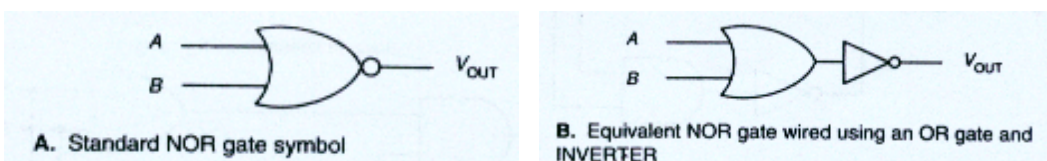
Gambar 18 menunjukkan skematik rangkaian NAND dan gambar menunjukkan diagram waktu bila input A dan B berupa pulsa.



Gambar 18. Skematik Rangkaian NAND Dan Diagram Waktu Gerbang NAND

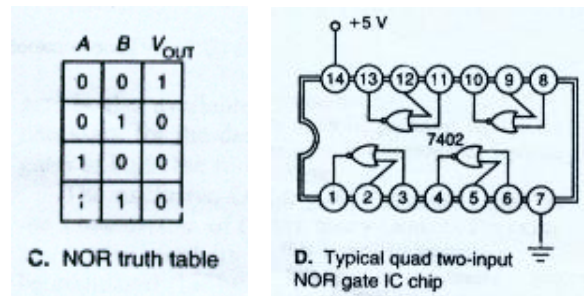
Gerbang NOR (NOT-OR)

Gerbang NOR merupakan kombinasi gerbang OR dan INVERTER. Gambar 19 menunjukkan simbol standar gerbang NOR dan gerbang NOR equivalen yang dirangkai dari gerbang OR dan INVERTER.



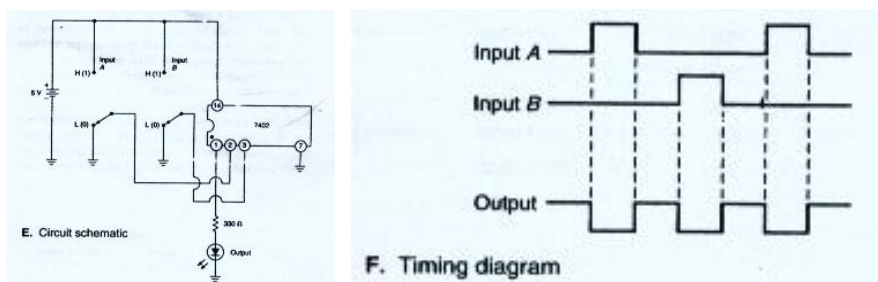
Gambar 19. Standar Gerbang NOR Dan NOR Equivalen Yang Dirangkai Dari Gerbang OR Dan INVERTER

Tabel kebenaran gerbang NOR dalam gambar 20 menunjukkan nilai output yang berlawanan dengan nilai output tabel kebenaran gerbang OR dan chip IC gerbang NOR dua-input.



Gambar 20. Tabel Kebenaran Gerbang NOR Dan Chip IC Gerbang NAND

Gambar 21 menunjukkan skematik rangkaian NOR dan diagram waktu bila input A dan B berupa pulsa.

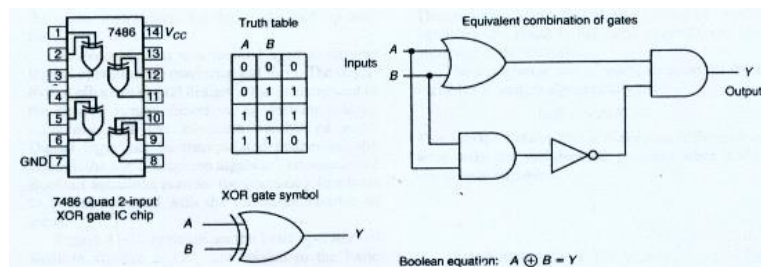


Gambar 21. Skematik Rangkaian NOR Dan Diagram Waktu Gerbang NOR

Fungsi Eksklusif-OR (*Exclusive-OR*, XOR)

Kombinasi gerbang yang sering digunakan adalah fungsi eksklusif-OR (XOR) seperti ditunjukkan dalam gambar 22.

Gerbang XOR juga ada dalam bentuk IC dengan simbol tersendiri, jadi tidak perlu menghubungkan gerbang-gerbang terpisah untuk membangun fungsi XOR tersebut.



Gambar 22. Fungsi Eksklusif-OR (XOR)

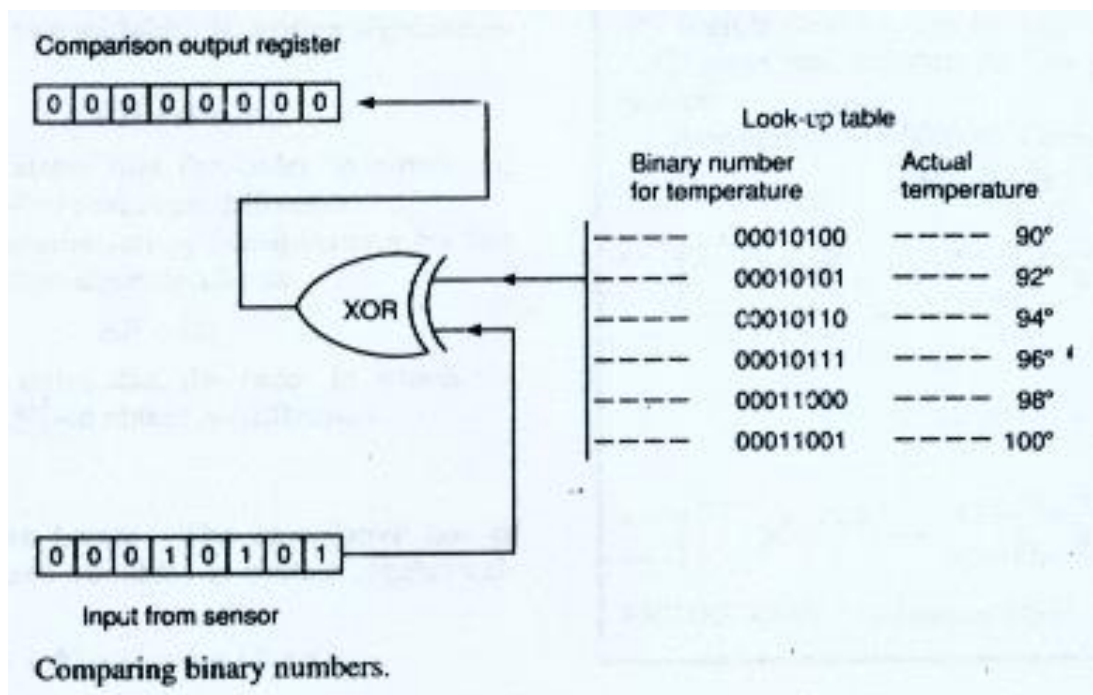
Dari tabel kebenarannya dapat dilihat bahwa output hanya akan 1 bila salah satu inputnya 1, tetapi bila kedua-duanya memiliki digit yang sama maka outputnya 0.

Gerbang XOR sering digunakan untuk membandingkan dua bilangan biner seperti gambar 23.

Sebagai contoh bilangan biner yang menunjukkan temperatur dapat dibandingkan dengan bilangan biner yang menunjukkan level tegangan dari sensor pendingin (*coolant sensor*) untuk menentukan temperatur pendingin.

Bilangan yang menunjukkan temperatur dihubungkan ke satu input gerbang XOR, dan bilangan yang menunjukkan temperatur pendingin dihubungkan ke input yang lain.

Bila kedua input 1 atau keduanya 0, maka outputnya 0, jadi bila kodenya sama berarti temperatur yang diinginkan telah sesuai.

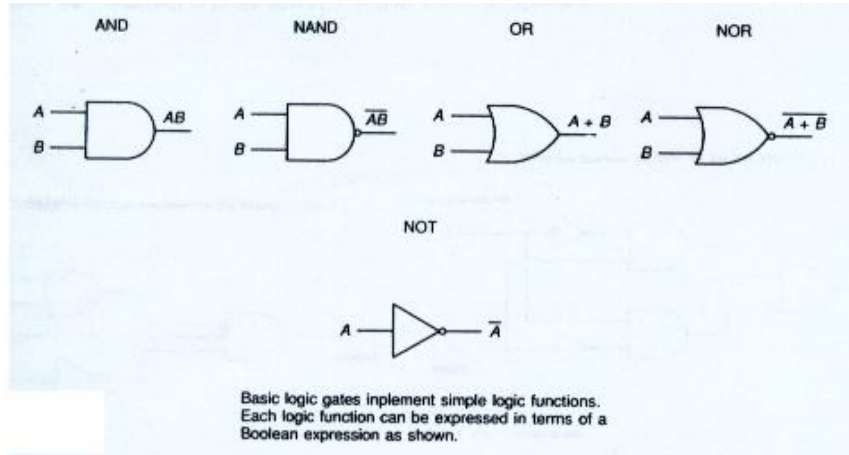


Gambar 23. Bilangan Biner Dalam Fungsi XOR

Aljabar Boolean

Kombinasi rangkaian logika dapat direncanakan menggunakan aljabar Boolean.

Fungsi rangkaian dinyatakan dengan persamaan Boolean. Gambar 24 menunjukkan bagaimana fungsi AND, NAND, OR, NOR, dan NOT digunakan untuk membentuk persamaan Boolean.



Gambar 24. Bentuk persamaan Boolean

Teorema Boolean

Hukum-hukum dasar diperlihatkan dalam gambar 25 berikut ini.

Hukum-hukum Boolean dengan 0 dan 1			Teorema-teorema Boolean dengan satu variabel		
OR	AND	NOT	OR	AND	NOT
$0 + 0 = 0$	$0 \cdot 0 = 0$	$\overline{0} = 1$	$A + 0 = A$	$A \cdot 0 = 0$	$\overline{\overline{A}} = A$
$0 + 1 = 1$	$0 \cdot 1 = 0$	$1 = 0$	$A + 1 = 1$	$A \cdot 1 = A$	
$1 + 0 = 1$	$1 \cdot 0 = 0$		$A + \overline{A} = 1$	$A \cdot A = A$	
$1 + 1 = 1$	$1 \cdot 1 = 1$		$A + \overline{A} = 1$	$A \cdot \overline{A} = 0$	

Teorema-teorema Boolean untuk lebih dari satu variabel		
Hukum Komutasi	Hukum Asosiasi	Teorema DeMorgan
$A + B = B + A$	$A + (B + C) = (A + B) + C$	$\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$
$A \cdot B = B \cdot A$	$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$	$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$
Hukum Serapan	Hukum Distribusi	
$A + (A \cdot B) = A$	$A \cdot (B + C) = (A \cdot B) + (A \cdot C)$	
$A \cdot (A + B) = A$	$A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$	

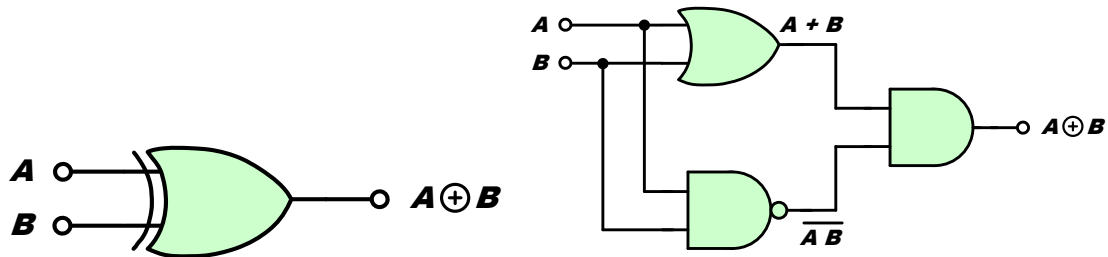
Gambar 25. Hukum Teorema Boolean

Gerbang XOR dalam persamaan Boolean

Persamaan Boolean untuk gerbang XOR adalah sebagai berikut:

$$A \text{ XOR } B = A \oplus B = (A + B) \cdot \overline{AB}$$

Dalam gambar 26 ditunjukkan simbol dan rangkaian gerbang XOR dalam persamaan Boolean.



Gambar 26. Simbol dan Rangkaian Gerbang XOR Dalam Persamaan Boolean

Sedangkan untuk tabel kebenaran, ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tabel Kebenaran Gerbang XOR Dalam Persamaan Boolean

A	B	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Contoh soal 1

Tunjukkan teorema-teorema berikut ini dengan tabel kebenaran.

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

Jawab :

Berdasarkan teorema Boolean, tabel kebenarannya adalah:

A	\bar{A}	$A + \bar{A} = 1$
0	1	1
1	0	1

A	$A \cdot 1$
0	0
1	1

Contoh soal 2

Tunjukkan $A + (A \cdot B) = A$ dengan teorema dasar lainnya.

Jawab :

Penguraian dengan teorema distribusi:

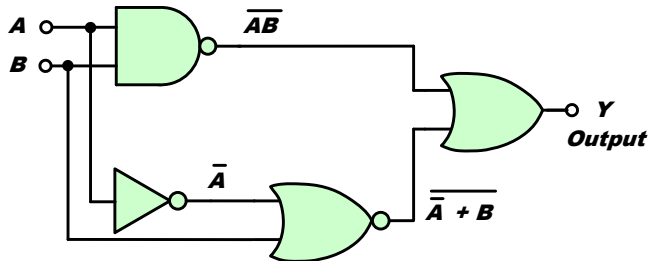
$$A + (A \cdot B) = (A + A) \cdot (A + B) = A \cdot (A + B) = A \cdot A + A \cdot B$$

Substitusi A. 1 untuk A.A :

$$A + (A \cdot B) = A \cdot A + A \cdot B = A \cdot 1 + A \cdot B = A \cdot (1 + B) = A$$

Contoh soal 3

Tunjukkan bahwa rangkaian di bawah ini dapat diganti dengan satu gerbang NAND tunggal dengan cara (a) membuat tabel kebenaran, (b) dengan aljabar Boolean.



Jawab :

a) Tabel kebenaran:

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

Jadi $Y = \overline{A}B \rightarrow$ Gerbang NAND

b) Aljabar Boolean:

Output rangkaian logika dapat dituliskan sebagai berikut:

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

$$Y = (\overline{A} + \overline{B}) + \overline{A}B \quad \Rightarrow \text{Teorema Demorgan}$$

$$Y = \overline{A} + (\overline{B} + \overline{A}B) \quad \Rightarrow \text{Hukum Asosiasi}$$

$$Y = \overline{A} + \overline{B}(1 + A) \quad \Rightarrow \text{Hukum Distribusi}$$

$$Y = \overline{A} + \overline{B} \quad \Rightarrow (1 + A) = 1$$

$$Y = \overline{A}B \quad \Rightarrow \text{Teorema Demorgan}$$

$$\text{Jadi } Y = \overline{A}B \quad \Rightarrow \text{Gerbang NAND}$$

