

SIMULASI FENOMENA FISIS PADA RANGKAIAN KOMBINASI MENGGUNAKAN MULTISIM

PHYSICAL PHENOMENON SIMULATION IN CIRCUIT COMBINATION USING MULTISIM

Fajar Saputra¹, Christian Aditya Ichsan², Marzuki Silalahi³

^{1,2}Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika
Universitas Kristen Krida Wacana

³Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika
Universitas Esa Unggul

¹fajar.2016tin009@civitas.ukrida.ac.id, christian.2016tin008@civitas.ukrida.ac.id,
³marzukisilalahi@yahoo.com

Abstrak

Dalam penelitian ini, disimulasikan fenomena fisis yang terdapat di dalam suatu rangkaian kombinasi atau rangkaian integrasi yang sering disebut dengan *Integrated Circuit* (IC) dengan menggunakan aplikasi Multisim. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengetahui bagaimana fenomena fisis yang terjadi di dalam IC. IC terbuat dari banyak gerbang-gerbang logika yang saling terhubung satu sama lain. Untuk itu, diperlukan penyederhanaan dalam membuat rangkaian agar gerbang-gerbang logika dapat dibuat sesedikit mungkin namun tetap mengeluarkan *output* yang sama. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan *Karnaugh Map*. Jika diperoleh bentuk paling sederhana dari rangkaian, tentunya dalam pembuatan IC diperlukan gerbang logika lebih sedikit dan dalam penerapannya, biaya yang dibutuhkan lebih sedikit.

Kata Kunci: rangkaian kombinasi, gerbang logika, *karnaugh map*

Abstract

In this research, physical phenomenon in circuit combination or circuit integration which are often known as Integrated Circuit (IC) was simulated using a computer application named Multisim. This simulation aims to find out the physical phenomenon occurred in the IC. Obviously, IC is made of many connected logic gates. Therefore, simplification is needed to complete the circuit in order to apply the logic gates as simple as possible but still produces the same output. This could be performed by using Karnaugh Map. If the simplest circuit form can be created, there will be fewer logic gates needed in making the IC, and the cost will be less.

Keyword: circuit combination, logic gates, *Karnaugh map*

Tanggal Terima Naskah : 13 Juni 2017
Tanggal Persetujuan Naskah : 08 Agustus 2017

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, telah banyak dibuat IC yang dapat digunakan untuk bermacam-macam fungsi, seperti untuk CPU pada komputer. Di dalam sebuah IC terdapat banyak gerbang-gerbang logika yang saling terhubung satu sama lain. IC yang paling sederhana saat ini memiliki 14 kaki, dimana kaki ke-7 dihubungkan dengan sumber daya dan kaki ke-14 dihubungkan ke *ground*. Dalam penelitian ini akan dibahas cara kerja dari sebuah IC secara fisis dengan menggunakan bantuan aplikasi Multisim, sehingga fenomena fisis yang ada di dalam sebuah IC dapat diamati.

2. KONSEP DASAR

2.1 Rangkaian Digital

Digital berasal dari kata *Digitus*, dalam bahasa Yunani berarti jari jemari. Apabila dihitung jari jemari manusia, maka diperoleh jumlah sepuluh (10). Nilai sepuluh tersebut terdiri atas dua radix, yaitu 1 dan 0. Oleh karena itu, digital merupakan penggambaran dari suatu keadaan bilangan yang terdiri dari angka 0 dan 1 atau *off* dan *on* (bilangan biner). Semua sistem komputer menggunakan sistem digital sebagai basis datanya, dapat disebut juga dengan istilah Bit (*Binary Digit*) [1]

Rangkaian digital adalah sistem yang mempresentasikan sinyal sebagai nilai diskrit. Dalam sebuah sirkuit digital, sinyal direpresentasikan dengan satu dari dua macam kondisi, yaitu 1 (*high, active, true*) dan 0 (*low, nonactive, false*) atau jika direpresentasikan dalam tegangan 1 dapat berarti tegangan maksimum (umumnya 5 V atau 3 V) dan 0 berarti tegangan minimum (umumnya 0 v, tapi ada pula yang 2,5 V) [1].

2.2 Dioda

Dioda (*Diode*) adalah komponen elektronika aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor tipe N dan tipe P yang disatukan. Ketika semikonduktor tipe N dan tipe P disatukan akan menghasilkan P-N *Junction*, dimana sisi P mempunyai banyak *hole* dan sisi N memiliki banyak elektron pita konduksi. Jika tidak ada tegangan dari luar maka disebut dioda tanpa bias dan ketika diberi tegangan, maka ada dua jenis bias, yaitu: [2]

a. *Forward Bias* (Prategangan Maju)

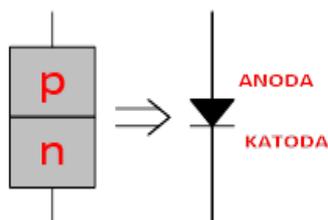
Bias ini terjadi ketika tipe P pada dioda tersebut dihubungkan dengan kutub positif sumber tegangan dan tipe N pada dioda tersebut dihubungkan dengan kutub negatif sumber tegangan. Kondisi dioda ketika *Forward Bias* adalah [2]

1. Dioda memiliki resistansi nol (minimum)
2. Dioda dialiri arus
3. Tidak ada Sumber Tegangan jatuh pada terminal dioda

b. *Reverse Bias* (Prategangan Balik)

Bias ini terjadi ketika tipe P pada dioda dihubungkan dengan kutub negatif sumber tegangan dan tipe N pada dioda tersebut dihubungkan dengan kutub positif sumber tegangan. Kondisi dioda ketika *Reverse Bias* adalah [2]

1. Dioda memiliki resistansi tak terbatas (maksimum)
2. Dioda tidak dialiri arus
3. Sumber Tegangan akan jatuh semua pada terminal dioda



Gambar 1. Sambungan Semikonduktor yang membentuk Dioda dan simbol Dioda

Dioda mempunyai fungsi untuk menghantarkan arus listrik ke satu arah tetapi menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Oleh karena itu, Dioda sering dipergunakan sebagai penyearah dalam rangkaian elektronika. Dioda pada umumnya mempunyai dua Elektroda (terminal), yaitu Anoda (+) dan Katoda (-) dan memiliki prinsip kerja yang berdasarkan teknologi pertemuan p-n semikonduktor, yaitu dapat mengalirkan arus dari sisi tipe-p (Anoda) menuju ke sisi tipe-n (Katoda) tetapi tidak dapat mengalirkan arus ke arah sebaliknya. Berdasarkan Fungsi Dioda, Dioda dapat dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah [3]

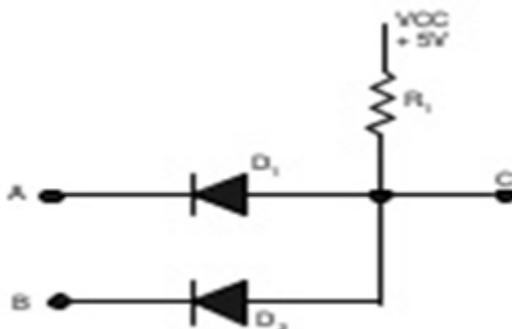
- Dioda Penyearah (Dioda Biasa atau Dioda *Bridge*) yang berfungsi sebagai penyearah arus AC ke arus DC.
- Dioda Zener yang berfungsi sebagai pengaman rangkaian dan juga sebagai penstabil tegangan.
- Dioda LED yang berfungsi sebagai lampu Indikator ataupun lampu penerangan.
- Dioda *Photo* yang berfungsi sebagai sensor cahaya.
- Dioda Schottky yang berfungsi sebagai Pengendali.

2.3 Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boolean

Gerbang Logika atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Logic Gate* adalah dasar pembentuk Sistem Elektronika Digital yang berfungsi untuk mengubah satu atau beberapa *Input* (masukan) menjadi sebuah sinyal *Output* (keluaran) logis. Gerbang Logika beroperasi berdasarkan sistem bilangan biner, yaitu bilangan yang hanya memiliki dua kode simbol **0** dan **1** dengan menggunakan Teori Aljabar Boolean. Gerbang Logika yang diterapkan dalam sistem elektronika digital pada dasarnya menggunakan komponen-komponen Elektronika seperti *Integrated Circuit* (IC), Dioda, Transistor, *Relay*, Optik maupun Elemen Mekanikal. Terdapat tujuh jenis gerbang logika dasar yang membentuk sebuah sistem elektronika digital, yaitu [4]

a. Gerbang AND

Gerbang AND memerlukan dua atau lebih Masukan (*Input*) untuk menghasilkan hanya satu Keluaran (*Output*) [4]. Berikut ini gambar gerbang AND secara fisis:

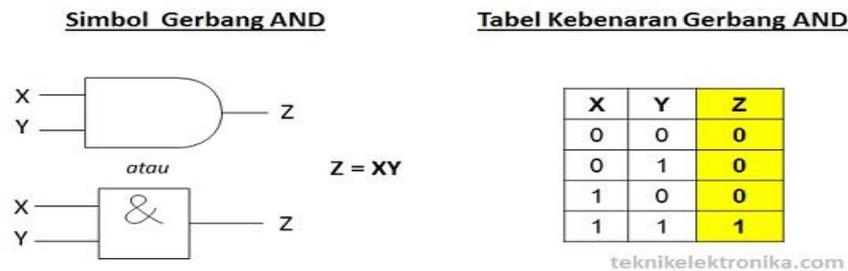


Gambar 2. Gerbang AND secara fisis

Cara kerja gerbang AND secara fisis adalah:

- Bila masukan A dan B berada pada kondisi *High* (+Vcc), maka tidak akan ada arus listrik yang mengalir melalui D1 dan D2, sebab dioda-dioda ini berada pada *reverse bias* [5].
- Dengan demikian maka pada R1 tidak akan ada *drop* tegangan, sehingga pada titik C akan berada pada kondisi *High* (+5V).
- Bila salah satu masukan A atau B dihubungkan ke *ground*, maka akan ada arus listrik mengalir melalui R1 menuju ke *ground*, sehingga pada titik C akan dipaksa pada keadaan rendah (*Low*).
- Tegangan pada titik C tidak akan benar-benar 0 V karena adanya *drop* tegangan pada dioda, namun *level* tegangan ini akan kurang dari 0,8V, sehingga berada pada kondisi rendah.

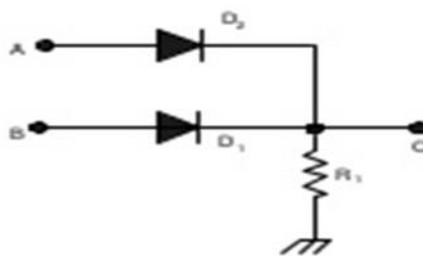
Gerbang AND akan menghasilkan Keluaran (*Output*) Logika 1 jika semua masukan (*Input*) bernilai Logika 1 dan akan menghasilkan Keluaran (*Output*) Logika 0 jika salah satu dari masukan (*Input*) bernilai Logika 0. Simbol yang menandakan Operasi Gerbang Logika AND adalah tanda titik (“.”) atau tidak memakai tanda sama sekali. Contohnya: $Z = X.Y$ atau $Z = XY$.^[4]



Gambar 3. Simbol dan Tabel Kebenaran Gerbang AND (AND Gate) ^[4]

b. Gerbang OR

Gerbang OR memerlukan dua atau lebih Masukan (*Input*) untuk menghasilkan hanya satu Keluaran (*Output*). Berikut ini gambar gerbang OR secara fisis:

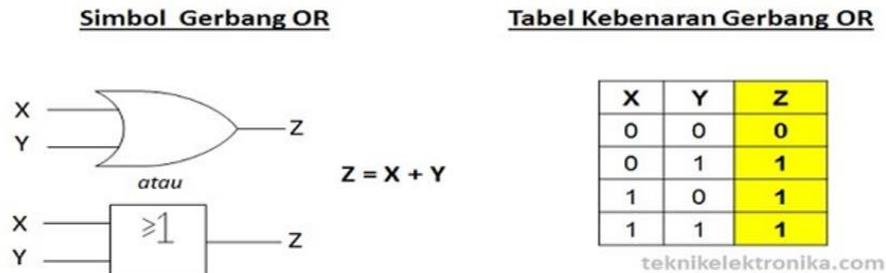


Gambar 4. Gerbang OR secara fisis

Cara kerja gerbang OR secara fisis adalah:

- Bila kedua titik A dan B dihubungkan ke *Ground*, maka dioda D1 dan D2 berada pada kondisi *reverse biased*, sehingga tidak ada arus listrik yang mengalir [5].
- Dengan demikian tidak ada *drop* tegangan pada R1 dan kondisi pada titik C akan rendah.
- Bila suatu nilai logika 1 (+Vcc) diberikan pada salah satu titik A atau B, maka akan ada arus listrik mengalir melalui dioda dan R1 menuju *ground*.

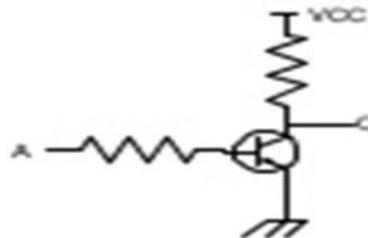
- Dengan demikian akan ada *drop* tegangan pada R1 dan akan menyebabkan titik C berada pada kondisi tinggi ($V_{cc}-V_{diode}$).
- Gerbang OR akan menghasilkan Keluaran (*Output*) 1 jika salah satu dari Masukan (*Input*) bernilai Logika 1 dan jika ingin menghasilkan Keluaran (*Output*) Logika 0, maka semua Masukan (*Input*) harus bernilai Logika 0. Simbol yang menandakan Operasi Logika OR adalah tanda *Plus* (“+”). Contohnya: $Z = X + Y$.



Gambar 5. Simbol dan Tabel Kebenaran Gerbang OR

c. Gerbang NOT

Gerbang NOT hanya memerlukan sebuah Masukan (*Input*) untuk menghasilkan hanya satu Keluaran (*Output*). Berikut ini gambar gerbang NOT secara fisis:

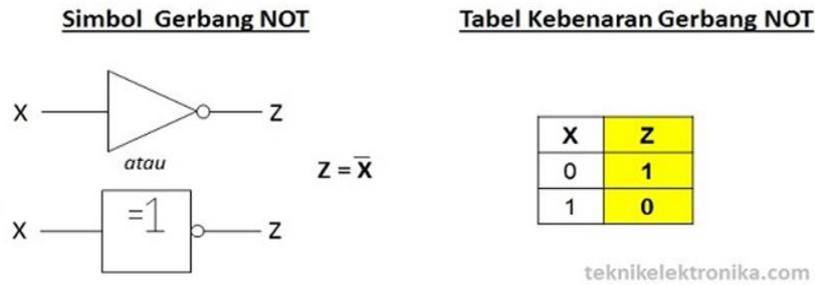


Gambar 6. Gerbang NOT Secara Fisis

Cara kerja gerbang NOT secara fisis adalah:

- Bila saklar masukan A dihubungkan ke logika 1 ($+V_{cc}$), maka transistor akan konduksi sehingga akan ada arus mengalir dari V_{cc} melalui R2 dan titik C-E transistor, selanjutnya menuju *ground*.
- Dengan demikian maka pada titik C akan berada pada kondisi rendah (V_{C-E}). Bila saklar masukan A dihubungkan ke *Ground*, maka transistor berada pada kondisi OFF/terbuka, sehingga titik C akan berada pada kondisi tinggi (V_{cc}).

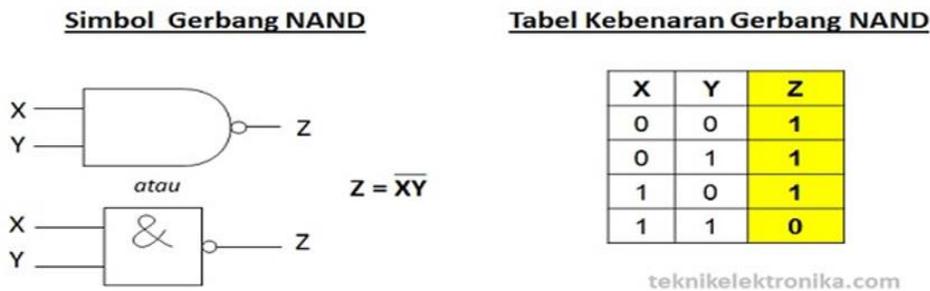
Gerbang NOT disebut juga dengan *Inverter* (Pembalik) karena menghasilkan Keluaran (*Output*) yang berlawanan (kebalikan) dengan Masukan atau *Input*-nya. Berarti jika ingin mendapatkan Keluaran (*Output*) dengan nilai Logika 0 maka *Input* atau Masukannya harus bernilai Logika 1. Gerbang NOT biasanya dilambangkan dengan simbol minus (“-“) di atas Variabel *Input*nya.^[4]



Gambar 7. Simbol dan Tabel Kebenaran Gerbang NOT

d. Gerbang NAND

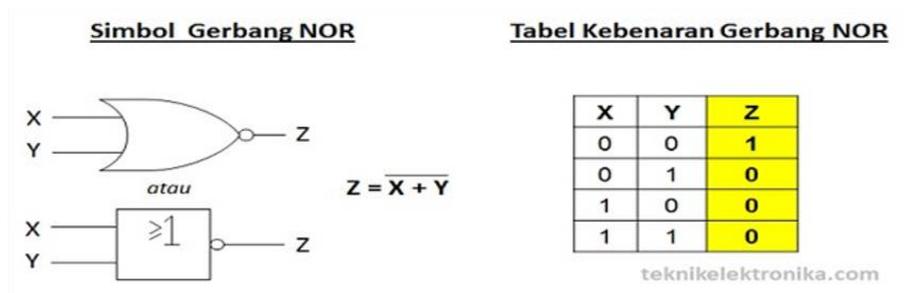
Arti NAND adalah NOT AND atau BUKAN AND. Gerbang NAND merupakan kombinasi dari Gerbang AND dan Gerbang NOT yang menghasilkan kebalikan dari Keluaran (*Output*) Gerbang AND. Gerbang NAND akan menghasilkan Keluaran Logika 0 apabila semua Masukan (*Input*) pada Logika 1 dan jika terdapat sebuah *Input* yang bernilai Logika 0 maka akan menghasilkan Keluaran (*Output*) Logika 1.



Gambar 8. Simbol dan Tabel Kebenaran Gerbang NAND

e. Gerbang NOR

Arti NOR adalah NOT OR atau BUKAN OR, Gerbang NOR merupakan kombinasi dari Gerbang OR dan Gerbang NOT yang menghasilkan kebalikan dari Keluaran (*Output*) Gerbang OR. Gerbang NOR akan menghasilkan Keluaran Logika 0 jika salah satu dari Masukan (*Input*) bernilai Logika 1 dan jika ingin mendapatkan Keluaran Logika 1, maka semua Masukan (*Input*) harus bernilai Logika 0.

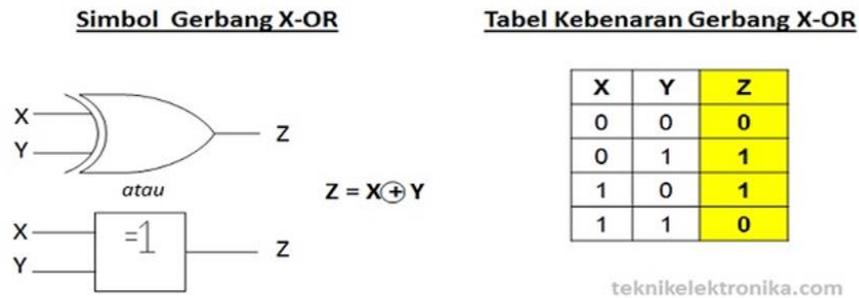


Gambar 9. Simbol dan Tabel Kebenaran Gerbang NOR

f. Gerbang X-OR (*Exclusive OR*)

X-OR adalah singkatan dari *Exclusive OR* yang terdiri atas dua Masukan (*Input*) dan satu Keluaran (*Output*) Logika. Gerbang X-OR akan menghasilkan Keluaran (*Output*) Logika 1 jika semua masukan-masukannya (*Input*) mempunyai nilai Logika

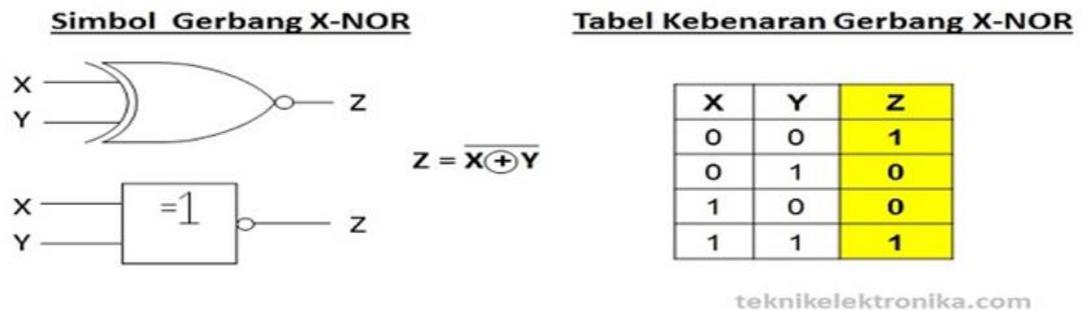
yang berbeda. Jika nilai Logika *Input*-nya sama, maka akan memberikan hasil Keluaran Logika 0



Gambar 10. Simbol dan Tabel Kebenaran Gerbang X-OR

g. Gerbang X-NOR (*Exlusive NOR*)

Seperti Gerbang X-OR, Gerbang X-NOR juga terdiri atas dua Masukan (*Input*) dan satu Keluaran (*Output*). X-NOR adalah singkatan dari *Exlusive NOR* dan merupakan kombinasi dari Gerbang X-OR dan Gerbang NOT. Gerbang X-NOR akan menghasilkan Keluaran (*Output*) Logika 1 jika semua Masukan atau *Input*-nya bernilai Logika yang sama dan akan menghasilkan Keluaran (*Output*) Logika 0 jika semua Masukan atau *Input*-nya bernilai Logika yang berbeda. Hal ini merupakan kebalikan dari Gerbang X-OR (*Exlusive OR*).



Gambar 11. Simbol dan Tabel Kebenaran Gerbang X-NOR

Tabel yang berisikan kombinasi-kombinasi Variabel *Input* (Masukan) yang menghasilkan *Output* (Keluaran) Logis disebut dengan “Tabel Kebenaran” atau “*Truth Table*”. *Input* dan *Output* pada Gerbang Logika hanya memiliki dua *level*. Kedua *level* tersebut pada umumnya dapat dilambangkan dengan:

- HIGH (tinggi) dan LOW (rendah)
- TRUE (benar) dan FALSE (salah)
- ON (Hidup) dan OFF (Mati)
- 1 dan 0

Berikut ini merupakan Aljabar Boolean yang dapat digunakan dengan Tabel Kebenaran:

Property	AND	OR
Commutative	$AB = BA$	$A + B = B + A$
Associative	$(AB)C = A(BC)$	$(A + B) + C = A + (B + C)$
Distributive	$A(B + C) = (AB) + (AC)$	$A + (BC) = (A + B)(A + C)$
Identity	$A1 = A$	$A + 0 = A$
Complement	$A(A') = 0$	$A + (A') = 1$
DeMorgan's law	$(AB)' = A' \text{ OR } B'$	$(A + B)' = A'B'$

Gambar 12. Aljabar Boolean

2.4 Integrated Circuit (IC)

Integrated Circuit atau disingkat dengan IC adalah komponen elektronika aktif yang terdiri atas gabungan ratusan, ribuan, bahkan jutaan Transistor, Dioda, Resistor, dan Kapasitor yang diintegrasikan menjadi suatu rangkaian elektronika dalam sebuah kemasan kecil. Bahan utama yang membentuk sebuah *Integrated Circuit* (IC) adalah bahan semikonduktor. Silicon merupakan bahan semikonduktor yang paling sering digunakan dalam teknologi fabrikasi *Integrated Circuit* (IC). Dalam bahasa Indonesia, *Integrated Circuit* atau IC ini sering diterjemahkan menjadi Sirkuit Terpadu. Teknologi *Integrated Circuit* (IC) atau Sirkuit Terpadu ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1958 oleh Jack Kilby yang bekerja untuk Texas Instrument, setengah tahun kemudian Robert Noyce berhasil melakukan fabrikasi IC dengan sistem interkoneksi pada sebuah Chip Silikon. *Integrated Circuit* (IC) merupakan salah satu perkembangan Teknologi yang paling signifikan pada abad ke 20. Berikut ini adalah gambar IC (*Integrated Circuit*) dan Simbolnya [6].

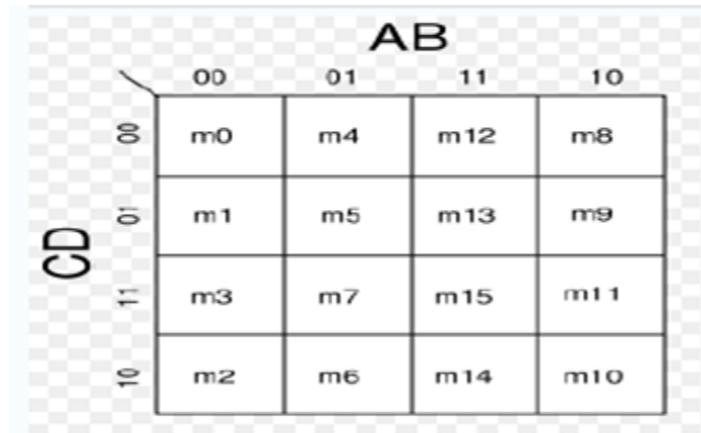


Gambar 13. Gambar fisik dan simbol dari IC

2.5 Karnaugh Map

Karnaugh Map atau *K-Map* adalah suatu teknik penyederhanaan fungsi logika dengan cara pemetaan. *K-Map* terdiri dari kotak-kotak yang jumlahnya terdiri dari jumlah variabel dan fungsi logika atau jumlah *input* dari rangkaian logika yang sedang dihitung. Rumus untuk menentukan jumlah kotak pada *K-Map* adalah 2^n dimana n adalah banyaknya variabel/*input*. Langkah-langkah pemetaan *K-Map* secara umum: [7]

- Menyusun aljabar Boolean terlebih dahulu
- Menggambar rangkaian digital
- Membuat Tabel Kebenaran
- Merumuskan Tabel Kebenarannya
- Selanjutnya memasukkan rumus Tabel Kebenaran ke *K-Map*



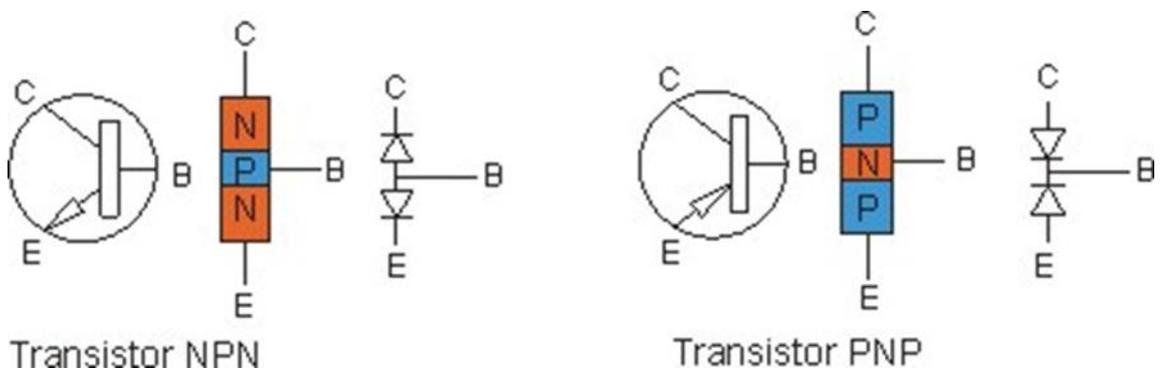
Gambar 14. Contoh K-Map

2.6 Multisim

Multisim adalah sebuah *software* aplikasi yang berfungsi untuk menggambar dan mensimulasikan perilaku rangkaian elektronika, baik analog maupun digital. *Software* ini dikembangkan oleh perusahaan National Instrument yang bergerak dalam bidang produksi komponen-komponen elektronika. Multisim merupakan pengembangan dari *software* simulasi rangkaian elektronika yang sebelumnya terkenal dengan nama Electronics Workbench. Dengan *software* Multisim ini, kita dapat memodelkan sifat dari parameter rangkaian analog dan digital. Kemampuan yang disediakan Multisim adalah dapat memodelkan berbagai rancangan rangkaian, menguji suatu rangkaian dengan berbagai kemungkinan komponen, memeriksa sifat dari keseluruhan rangkaian dengan melakukan analisis AC/DC atau *transient* [8].

2.7 Transistor

Transistor dibuat dengan tiga lapis semikonduktor, dapat dibuat lapisan PNP ataupun lapisan NPN. Transistor PNP adalah komponen elektronik yang memiliki tiga sambungan. Ketiga sambungan tersebut memiliki kolektor, basis, dan emitor. Transistor merupakan singkatan dari Transfer Resistor, yang berarti dengan mempengaruhi daya tahan antara dua dari tiga lapisan, maka daya (resistor) yang ada pada lapisan berikutnya dapat pula dipengaruhi. Dengan demikian, fungsi transistor adalah sebagai penguat sinyal. Sebagai komponen padat, transistor mempunyai banyak keunggulan, misalnya tidak mudah pecah, tidak menyalurkan panas [9].



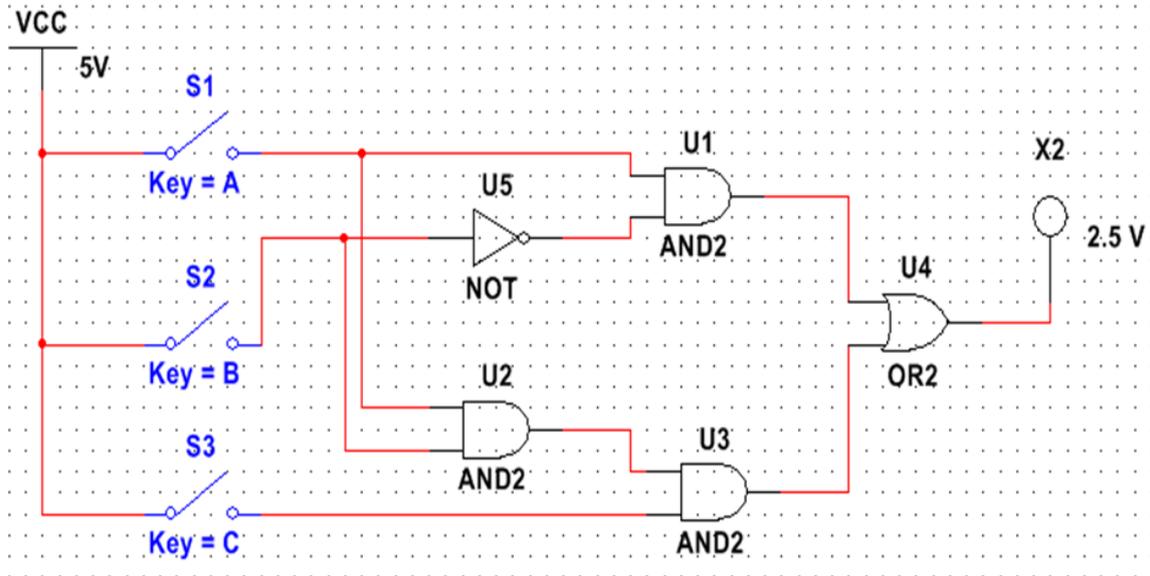
Gambar 15. Transistor NPN dan Transistor PNP

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk dapat melihat fenomena fisis yang terdapat di dalam sebuah IC, kita harus mengetahui rangkaian yang terdapat di dalam IC tersebut. Berikut ini merupakan contoh dari rangkaian di dalam sebuah IC dengan menggunakan tiga *input*.

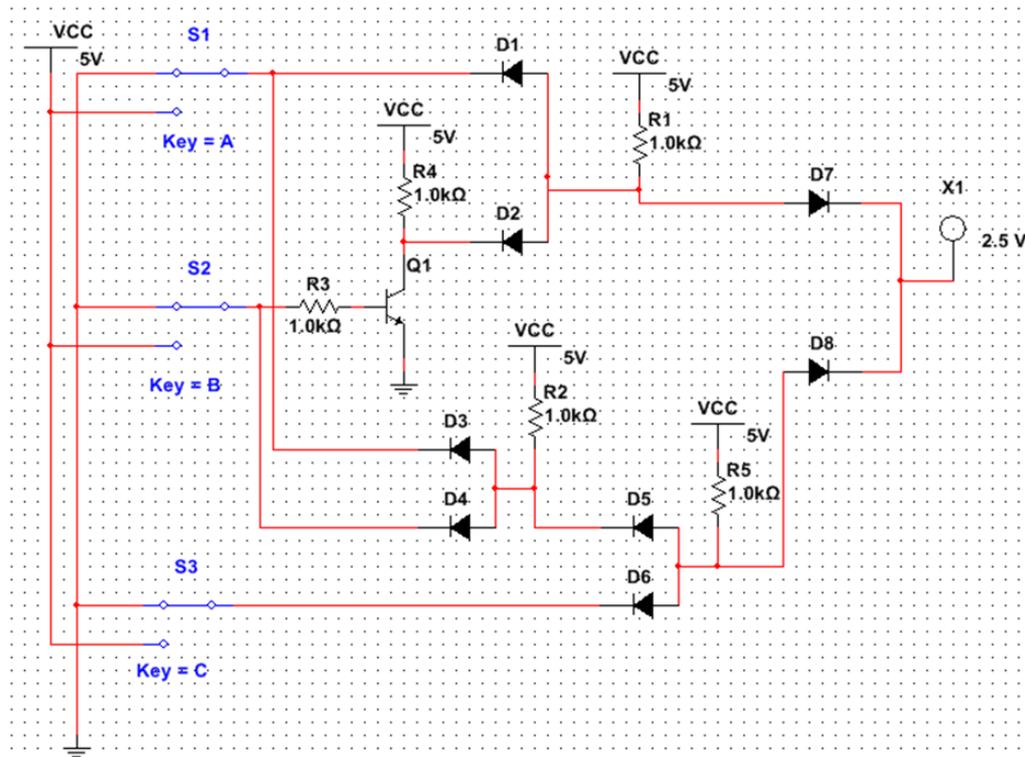
Ekspresi Logika: $(A \text{ AND } \sim B) \text{ OR } (A \text{ AND } B \text{ AND } C)$

Penggambaran Gerbang Logika:



Gambar 16. Rangkaian Gerbang Logika menggunakan Multisim

Penggambaran Gerbang Logika secara fisis:



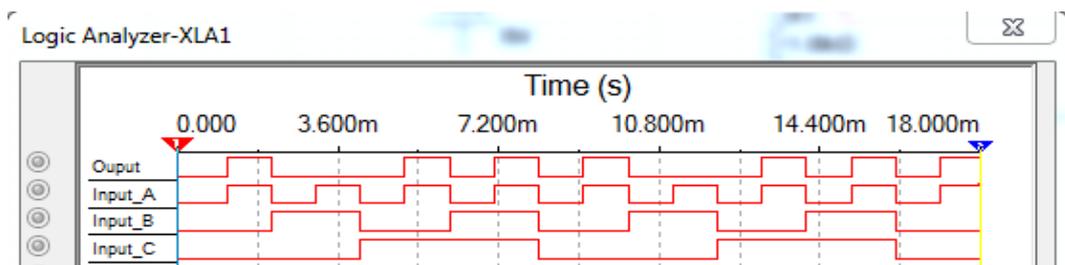
Gambar 17. Rangkaian Gerbang Logika secara fisis menggunakan Multisim

Berdasarkan desain rangkaian menggunakan Multisim seperti pada Gambar 16, rangkaian tersebut memerlukan lima gerbang logika, yakni tiga gerbang AND, satu gerbang OR, dan satu gerbang NOT. Berdasarkan desain rangkaian secara fisis menggunakan Multisim seperti pada Gambar 17, rangkaian tersebut memerlukan delapan buah dioda, satu buah transistor tipe NPN, empat buah resistor, dua buah *ground*, empat buah VCC yang merupakan sumber listrik. Berikut ini merupakan tabel kebenaran dari rangkaian tersebut.

Tabel 1. Tabel Kebenaran (A AND ~B) OR (A AND B AND C)

A	B	C	A AND ~B	A AND B AND C	(A AND ~B) OR (A AND B AND C)
1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	0	1
0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Simulasi fenomena fisis rangkaian terintegrasi (IC) tersebut adalah sebagai berikut:

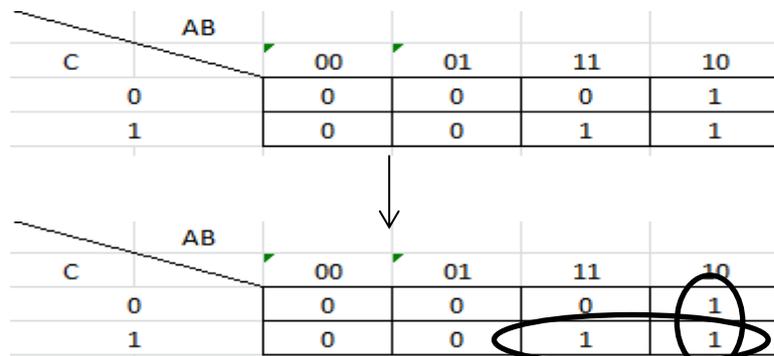


Gambar 18. Simulasi fenomena fisis rangkaian (A AND ~B) OR (A AND B AND C) menggunakan Multisim

Penyederhanaan dengan *Karnaugh Map*:

$$Output = AB' + ABC$$

Berdasarkan *output* dan tabel kebenarannya, kita dapat membuat *Karnaugh Map* sebagai berikut :



Gambar 19. *Karnaugh Map* (A AND ~B) OR (A AND B AND C)

Hasil penyederhanaannya adalah

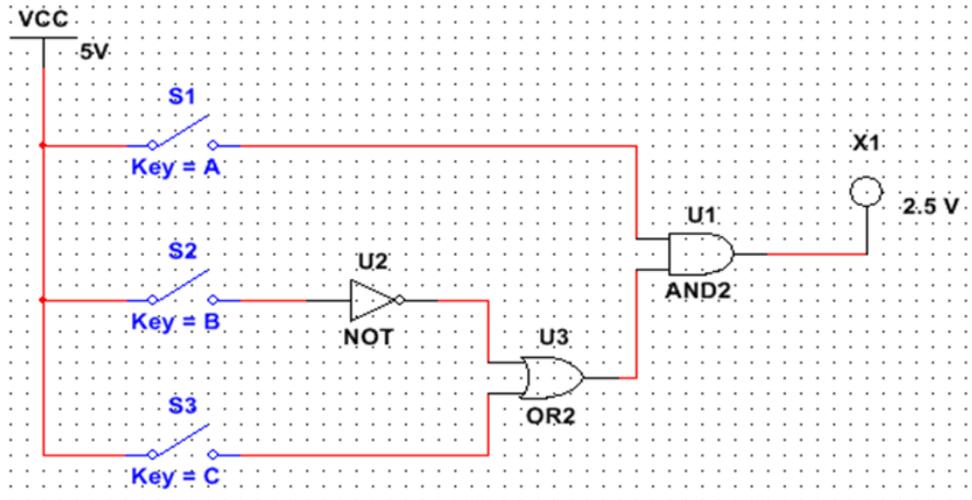
$$Output: AB' + AC = A(B' + C)$$

Pembuktian dengan menggunakan aljabar boolean:

$$Output = AB' + ABC = (AB') + (A(BC))$$

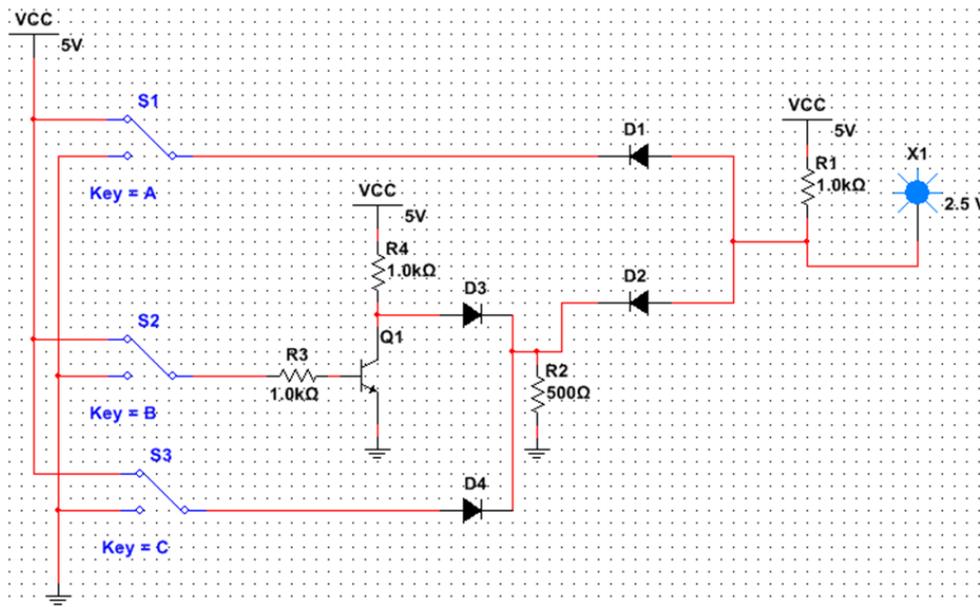
$$\begin{aligned}
 &= A (B' + (BC)) \\
 &= A ((B' + B)(B' + C)) \\
 &= A (1(B' + C)) \\
 &= A (B' + C)
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, dapat dibuktikan bahwa rangkaian (A AND ~B) OR (A AND B AND C) dapat disederhanakan menjadi A AND (~B OR C). Penggambaran Gerbang Logika setelah disederhanakan:



Gambar 20. Rangkaian Gerbang Logika setelah disederhanakan menggunakan Multisim

Penggambaran Gerbang Logika setelah disederhanakan:



Gambar 21. Rangkaian Gerbang Logika setelah disederhanakan secara fisis menggunakan Multisim

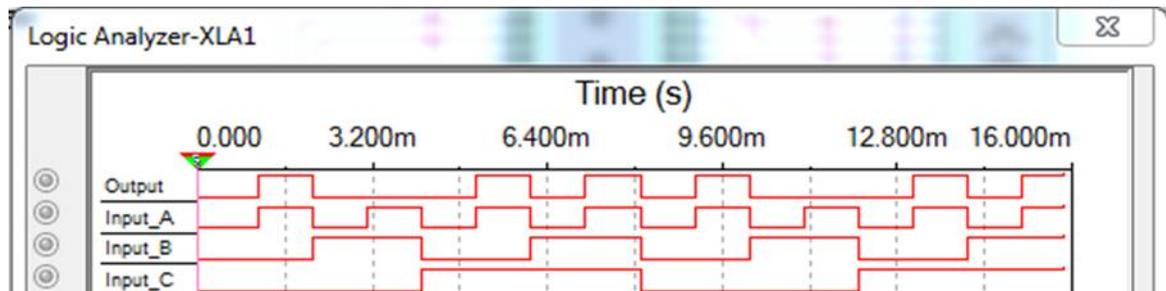
Berdasarkan desain rangkaian yang telah disederhanakan menggunakan Multisim seperti pada Gambar 20, rangkaian tersebut sekarang hanya memerlukan empat gerbang logika, yakni satu gerbang AND, satu gerbang OR, dan satu gerbang NOT. Berdasarkan desain rangkaian yang telah disederhanakan secara fisis menggunakan Multisim seperti

pada Gambar 21, rangkaian tersebut sekarang hanya memerlukan empat buah dioda, satu buah transistor tipe NPN, empat buah resistor, dua buah *ground*, tiga buah VCC yang merupakan sumber listrik. Berikut ini merupakan tabel kebenaran dari rangkaian tersebut:

Tabel 2. Tabel Kebenaran A AND (~B OR C)

A	B	C	~B OR C	A AND (~B OR C)
1	1	1	1	1
1	1	0	0	0
1	0	1	1	1
1	0	0	1	1
0	1	1	1	0
0	1	0	0	0
0	0	1	1	0
0	0	0	1	0

Hasil dari tabel kebenarannya sama seperti tabel 1. Berikut ini simulasi fenomena fisis rangkaian terintegrasi (IC) setelah disederhanakan adalah sebagai berikut:



Gambar 22. Simulasi fenomena fisis rangkaian A AND (~B OR C) menggunakan Multisim

Hasil dari simulasi fenomena fisis dari rangkaian yang telah disederhanakan menggunakan Multisim berdasarkan tabel kebenaran dapat dilihat pada Gambar 22, rangkaian yang telah disederhanakan tersebut telah menghasilkan *output* yang sama dengan Gambar 18. Hal ini membuktikan bahwa rangkaian (A AND ~B) OR (A AND B AND C) dapat disederhanakan menjadi A AND (~B OR C).

4. KESIMPULAN

Simulasi fenomena fisis pada rangkaian IC dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi Multisim. *Karnaugh Map* dapat digunakan untuk menyederhanakan suatu rangkaian sehingga rangkaian yang rumit dapat disederhanakan. Peran dari tabel kebenaran dalam proses pendesainan rangkaian kombinasi adalah sebagai media konseptor awal untuk menyusun persamaan logika yang akan dibuat.

REFERENSI

[1]. Mahfudhi, Muhammad Ghufron. 2009. Penggunaan Tabel Kebenaran Logika Dalam Mendesain Rangkaian Digital Serta Implementasinya. Institut Teknologi Bandung
 [2]. Shartini. 2017. Dioda Semikonduktor. Universitas Gunadarma

- [3]. Teknik Elektronika. 2017. “Fungsi Dioda dan Cara Mengukurnya”. <http://teknikelektronika.com/fungsi-dioda-cara-mengukur-dioda/> (Diakses pada tanggal 19 Mei 2017).
- [4]. Teknik Elektronika. 2017. Pengertian Gerbang Logika Dasar dan Jenis-Jenisnya. <http://teknikelektronika.com/pengertian-gerbang-logika-dasar-simbol/> (Diakses pada tanggal 19 Mei 2017).
- [5]. Devamelodica. 2012. Gerbang Logika Dasar. <http://devamelodica.com/gerbang-logika-dasar/> (Diakses pada tanggal 1 Juni 2017).
- [6]. Teknik Elektronika. 2017. Pengertian IC (*Integrated Circuit*) dan Aplikasinya. <http://teknikelektronika.com/pengertian-ic-integrated-circuit-aplikasi-fungsi-ic/> (Diakses pada tanggal 19 Mei 2017).
- [7]. Wordpress. 2015. *Karnaugh Map* Beserta Penjelasannya. <https://helmifadhieel.wordpress.com/2015/11/16/karnaugh-map-beserta-penjelasannya/> (Diakses pada tanggal 19 Mei 2017).
- [8]. Wordpress. 2011. Simulasi Rangkaian Elektronika Daya dengan Multisim. <https://muhal.wordpress.com/2011/09/26/simulasi-rangkaian-elektronika-daya-dengan-multisim/> (Diakses pada tanggal 19 Mei 2017).
- [9]. Wulandari, Ika Puspita. 2009. “Pembuatan Alat Ukur Kecepatan Respon Manusia Berbasis Mikrokontroler AT 89S8252”. *Jurnal Neutrino*, Vol. 1, No. 2