

Aplikasi Aljabar Boolean pada Termometer Digital

Nisrina Yumna Khairunnisa, 13517017
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
13517017@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Termometer digital merupakan suatu alat yang sangat sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir di setiap tempat tinggal ada termometer, baik termometer ruangan maupun termometer untuk mengukur suhu tubuh. Ternyata dalam prakteknya, termometer menggunakan teori aljabar boolean sehingga dapat beroperasi dengan baik. Pada makalah ini akan dibahas lebih lanjut bagaimana pemanfaatan aljabar boolean tersebut pada kerja termometer digital.

Keywords—Aljabar Boolean, Gerbang Logika, Sistem Digital, Termometer Digital.



Gambar 1. Termometer Digital untuk Tubuh

I. PENDAHULUAN

Termometer merupakan alat yang sudah sangat umum digunakan saat ini pada kehidupan sehari-hari. Kegunaan dasar termometer yaitu untuk mengukur temperatur atau suhu.

Pada tahun 1593 alat pengukur suhu sangat sederhana yang belum mempunyai skala bernama *thermoscope* diciptakan. *Thermoscope* dapat mengukur apakah suhu berubah menjadi lebih panas atau lebih dingin. Dari situ, perkembangan alat pengukur suhu terus berjalan. Pada tahun 1612 tercipta *thermoscope* berskala numerik hingga pada 1654 termometer pertama kali dikemukakan. Termometer pertama tersebut masih menggunakan alkohol dan belum akurat hasilnya.

Setelah melalui banyak fase perkembangan, hingga saat ini banyak sekali jenis-jenis termometer yang ada di dunia. Jenis-jenis termometer yang saat ini ada yaitu termometer raksa, termometer alkohol, termometer digital, termometer dinding, termometer probe, termometer bimetal, termometer Six-Bellani, termometer resistansi, termometer inframerah, dan termometer resistor.

Seiring perkembangan teknologi, salah satu termometer yang sangat sering dijumpai saat ini yaitu termometer digital. Termometer ini merupakan hasil perkembangan dari termometer analog atau termometer yang menggunakan cairan seperti alkohol dan raksa. Termometer jenis ini mengukur suhu dengan sensor elektronik dan hasilnya langsung berupa angka pada layar termometer bukan pembacaan skala seperti pada termometer raksa maupun alkohol. Akurasi termometer digital jauh lebih baik daripada termometer analog dari segi pengukuran dan pembacaan hasil sehingga termometer ini lebih banyak digunakan. Pemanfaatannya banyak ditemui pada pengukuran suhu tubuh manusia dan suhu ruangan.

Makalah ini akan membahas termometer digital lebih dalam yaitu bagaimana cara kerja termometer tersebut yang memanfaatkan materi aljabar boolean yang telah dipelajari pada perkuliahan matematika diskrit.

II. LANDASAN TEORI

A. Aljabar Boolean

Aljabar boolean pertama kali dikemukakan oleh George Boole pada 1854. Pada masa itu penemu George Boole belum ada penerapan praktisnya. Baru ketika Claude Shannon membuat rangkaian saklar telepon pada tahun 1938, aljabar boolean mulai terlihat penerapannya. Dari situ orang-orang mulai menyadari bahwa aljabar boolean sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari khususnya di bidang elektronika.

Definisi dari aljabar boolean: Misalkan B merupakan himpunan yang didefinisikan pada dua operator biner, $+$ dan \cdot , dan sebuah operator uner $'$. Misalkan 0 dan 1 adalah dua elemen yang berbeda dari B . Maka tupel

$$\langle B, +, \cdot, ', 0, 1 \rangle$$

disebut aljabar boolean jika untuk setiap $a, b, c \in B$ berlaku aksioma berikut:

1. Identitas
 - i. $a + 0 = a$
 - ii. $a \cdot 1 = a$
2. Komutatif
 - i. $a + b = b + a$
 - ii. $a \cdot b = b \cdot a$
3. Distributif
 - i. $a \cdot (b + c) = (a \cdot b) + (a \cdot c)$
 - ii. $a + (b \cdot c) = (a + b) \cdot (a + c)$
4. Komplemen

Untuk setiap $a \in B$ terdapat elemen unun $a' \in B$ sehingga

 - i. $a + a' = 1$
 - ii. $a \cdot a' = 0$

Elemen-elemen B tidak didefinisikan nilainya sehingga anggota-anggota B sangat bebas dan terdapat banyak sekali aljabar boolean.

Dalam aljabar boolean juga ada hukum-hukum dasar yang dapat mempermudah perhitungan aljabar boolean. Hukum tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah.

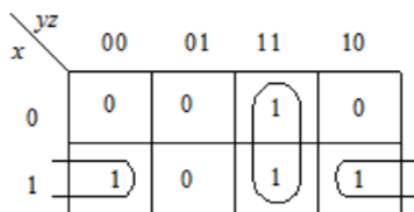
1. Hukum identitas: (i) $a + 0 = a$ (ii) $a \cdot 1 = a$	2. Hukum idempoten: (i) $a + a = a$ (ii) $a \cdot a = a$
3. Hukum komplement: (i) $a + a' = 1$ (ii) $aa' = 0$	4. Hukum dominansi: (i) $a \cdot 0 = 0$ (ii) $a + 1 = 1$
5. Hukum involusi: (i) $(a')' = a$	6. Hukum penyerapan: (i) $a + ab = a$ (ii) $a(a + b) = a$
7. Hukum komutatif: (i) $a + b = b + a$ (ii) $ab = ba$	8. Hukum asosiatif: (i) $a + (b + c) = (a + b) + c$ (ii) $a(bc) = (ab)c$
9. Hukum distributif: (i) $a + (bc) = (a + b)(a + c)$ (ii) $a(b + c) = ab + ac$	10. Hukum De Morgan: (i) $(a + b)' = a'b'$ (ii) $(ab)' = a' + b'$
11. Hukum 0/1 (i) $0' = 1$ (ii) $1' = 0$	

Tabel 1. Hukum-hukum Aljabar Boolean.

B. Peta Karnough

Peta Karnough merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk menyederhanakan fungsi boolean yang ditemukan pada 1953 oleh Maurice Karnough. Penyederhanaan dengan Peta Karnough dilakukan dengan cara grafis yaitu menggunakan diagram/peta yang berbentuk kotak-kotak bersisian.

Cara penyederhanaan menggunakan Peta Karnough yaitu menggabungkan kotak-kotak yang bernilai 1 dan bersisian. Kelompok-kelompok tersebut dapat berbentuk pasangan, kuad, dan oktet. Hasil dari penyederhanaan dengan metode ini tidak unik, maka dari itu agar hasil penyederhanaan merupakan hasil yang paling sederhana ada beberapa langkah yang harus diperhatikan yaitu mengelompokkan 1 yang bertetangga sebanyak mungkin dan dimulai dengan mencari oktet sebanyak-banyaknya, kemudian kuad, lalu pasangan.



Sebelum: $f(x, y, z) = x'yz + xy'z' + xyz + xyz'$

Sesudah: $f(x, y, z) = yz + xz'$

Gambar 2. Contoh Penyederhanakan dengan Peta Karnough

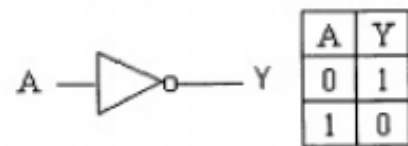
C. Gerbang Logika

Selanjutnya muncul gerbang logika yang merupakan perwujudan dari aljabar boolean. Gerbang logika bekerja dengan mengolah bilangan biner. Sederhananya, gerbang logika memiliki fungsi kerja yaitu mengubah satu atau beberapa input

menjadi sebuah, hanya satu, output. Keluarnya terbagi menjadi dua jenis yaitu HIGH(1) atau LOW(0) tergantung dengan level digital pada terminal masukan. Adanya gerbang logika ini kita dapat memanipulasi sebuah inputan sehingga menghasilkan output yang diinginkan dengan membuat sebuah rangkaian logika tertentu.

Sebuah rangkaian logika dibuat terdiri dari satu atau gabungan gerbang-gerbang logika. Beberapa gerbang logika dasar yang biasa digunakan dalam sistem digital yaitu NOT, AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR. Setiap gerbang logika dasar yang ada memiliki tabel kebenaran dan fungsi yang berbeda. Untuk menggunakan gerbang logika pada suatu rangkaian logika, maka harus diketahui bagaimana tabel kebenaran gerbang logika yang digunakan. Tabel kebenaran dari gerbang logika yang ada merupakan kombinasi input dan kombinasi output.

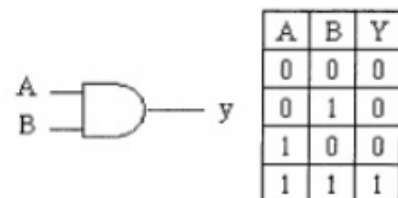
i. NOT



Gambar 3. Gerbang dan Tabel Kebenaran NOT

Gerbang logika ini dikenal dengan gerbang logika inverse karena gerbang logika ini akan menghasilkan output berupa kebalikan dari inputnya. Gerbang logika ini merupakan jenis gerbang logika yang menerima hanya satu input.

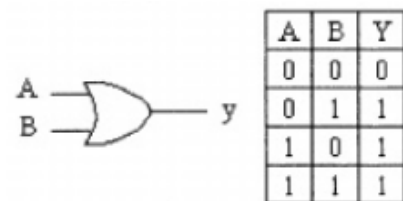
ii. AND



Gambar 4. Gerbang dan Tabel Kebenaran AND

Gerbang logika AND dikenal dengan gerbang perkalian. Simbol operasi yang melambangkan gerbang logika ini adalah \cdot atau tanda titik. Gerbang logika AND merupakan gerbang yang menerima dua input.

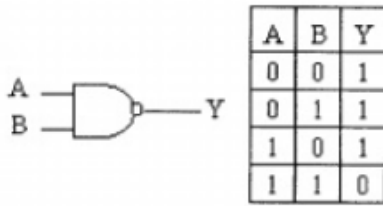
iii. OR



Gambar 5. Gerbang dan Tabel Kebenaran OR

Gerbang logika OR dikenal juga dengan gerbang penjumlahan. Pada gerbang logika ini, simbol yang menandakan operasi adalah $+$ atau tambah. Input dari gerbang logika ini berjumlah dua.

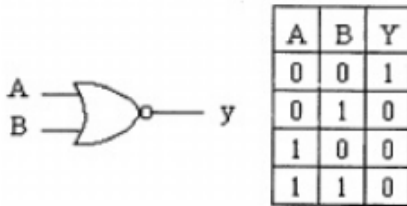
iv. NAND



Gambar 6. Gerbang dan Tabel Kebenaran NAND

Gerbang logika NAND merupakan gabungan dari gerbang logika NOT dan AND sehingga hasil dari gerbang logika ini merupakan kebalikan dari gerbang logika AND. Tanda yang melambangkan operasi NAND adalah bar (–) di atas variabel. Gerbang logika ini bekerja berdasarkan dua input yang diterima.

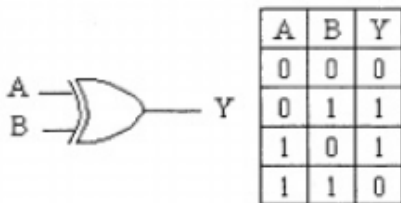
v. NOR



Gambar 7. Gerbang dan Tabel Kebenaran NOR

Gerbang logika ini merupakan gabungan gerbang logika NOT dan OR sehingga hasilnya merupakan kebalikan dari hasil gerbang logika OR. Ciri-ciri operasi NOR yaitu terdapat bar (–) diatas suatu ekspresi penjumlahan. Gerbang logika NOR menerima dua input.

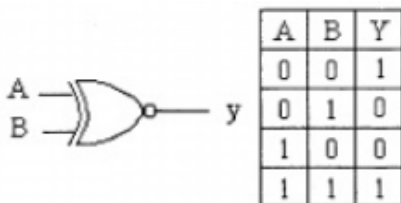
vi. XOR



Gambar 8. Gerbang dan Tabel Kebenaran XOR

Gerbang logika XOR, dikenal juga dengan sebutan eksklusif OR. Input dari gerbang logika ini berjumlah dua dan operasi hasil dari gerbang logika ini akan bernilai satu jika kedua input bernilai berbeda sedangkan bernilai nol jika kedua input bernilai sama.

vii. XNOR



Gambar 9. Gerbang dan Tabel Kebenaran XNOR

Gerbang logika XNOR merupakan kombinasi dari gerbang logika XOR dan NOT. Gerbang logika ini dikenal juga dengan kebalikan dari XOR karena output dari gerbang logika ini merupakan kebalikan dari output gerbang logika XOR. Input yang diterima gerbang logika ini berjumlah dua.

III. CARA KERJA TERMOMETER DIGITAL

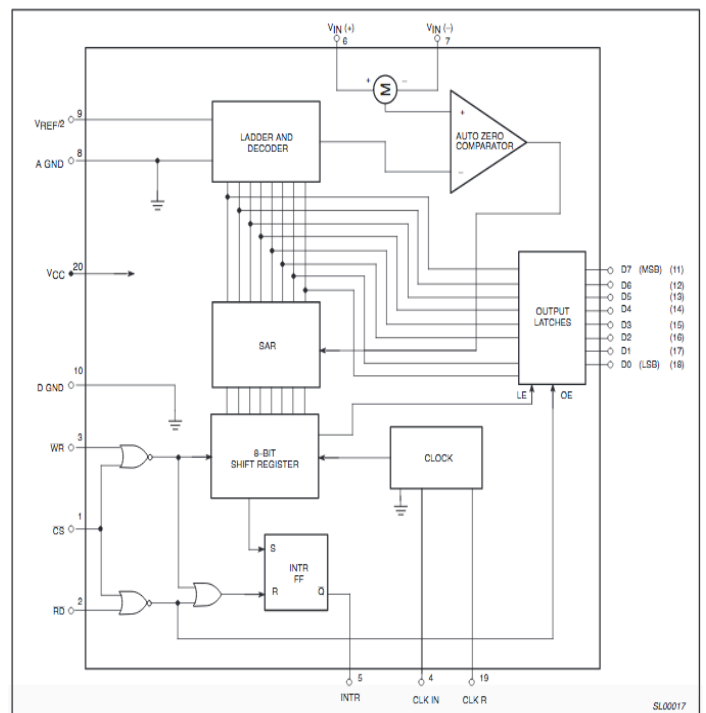
Termometer digital adalah bentuk dari pengembangan termometer analog atau termometer yang menggunakan cairan seperti raksa dan alkohol. Cara kerja termometer digital tidak sama dengan termometer raksa atau alkohol yang menghitung suhu berdasarkan pemuaian cairan yang ada di dalam tabung kaca pada termometer. Termometer digital menghitung suhu sekitar menggunakan sensor suhu elektrik dan menampilkannya menggunakan layar dengan suatu rangkaian listrik. Banyak komponen-komponen penting pada termometer yang menggunakan operasi dan aturan aljabar boolean.

Cara kerja termometer digital yaitu pertama-tama termometer menerima input berupa keadaan lingkungan. Keadaan tersebut lalu akan dikonversi menjadi sebuah sinyal oleh sebuah sensor elektrik. Sinyal-sinyal hasil dari sensor elektrik masih berupa sinyal analog, oleh karena itu langkah selanjutnya sinyal tersebut diubah dulu menjadi sinyal-sinyal digital. Setelah sinyal sudah menjadi sinyal digital, maka sinyal itu akan diolah sedemikian sehingga dapat diketahui suhunya. Lalu ketika suhunya sudah diketahui, untuk menampilkan hasil suhu tersebut, digunakan sebuah konverter sinyal lain yang dapat mengubah sinyal tersebut menjadi tampilan angka digital pada layar LED yang ada pada termometer digital.

Termometer digital terdiri dari berbagai komponen. Beberapa komponen-komponen penting yang digunakan dalam rangka penghitungan suhu oleh termometer dan masing-masing cara kerja komponen-komponen tersebut akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian di bawah ini.

A. ADC (Analog Digital Converter)

Output dari sensor yang digunakan bisa masih berupa analog. Karena sistem kerja dari termometer digital tidak menggunakan analog, maka hasil dari sensor tersebut harus diubah terlebih dahulu menjadi digital. Untuk merubahnya, peran ADC sangat diperlukan. Salahsatu contoh dari ADC yang biasanya digunakan yaitu ADC0804.



Gambar 10. Diagram Blok ADC0804

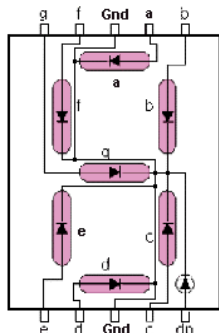
Cara kerja dari ADC secara singkat yaitu ADC akan menginisialisasi bit lalu diuji sesuai keadaan yang diinginkan untuk output. Konversi sinyal akan dilakukan setiap 8 clock. Ketika sudah selesai mengkonversi, ADC akan mengeluarkan sinyal selesai konversi.

Pada rangkaian ADC0804 digunakan beberapa gerbang logika. Gerbang logika yang digunakan yaitu dua gerbang NOR dan satu gerbang OR.

B. Seven Segment LED

Untuk menampilkan hasil pengukuran yang dilakukan oleh sensor pada temperatur digital, digunakan teori seven segment. Umumnya untuk seven segment pada termometer digital digunakan *integrated circuit* dengan jenis CA3161 atau IC7447. Hal terpenting dalam membuat rangkaian seven segment yaitu decoder. Decoder merupakan rangkaian yang sedemikian sehingga dapat mengubah angka biner menjadi angka desimal yang berkoresponden. Untuk membuat decoder, dibutuhkan berbagai gerbang logika hingga terbentuk rangkaian logika yang sesuai.

Rangkaian seven segment terdiri dari susunan delapan LED sehingga semua katoda atau anodanya sama. Katoda pada seven segmen terdiri dari delapan pin yang tujuhnya berlabel a - g dan yang satu lagi merupakan ground pin.



Gambar 11. Rancangan Tampilan Seven Segment

Melihat rancangan tampilan pada gambar 9, dapat diketahui bahwa untuk menampilkan suatu angka dari 0-9 ada bagian-bagian a, b, c, d, e, f, atau g yang harus menyala. Contohnya jika ingin menampilkan angka 1 maka bagian yang harus menyala adalah b dan c sedangkan jika menampilkan angka 5 maka bagian yang harus menyala yaitu a, f, g, c, dan d. Dari data-data bagian yang harus menyala untuk menampilkan angka tertentu dapat dibuat sebuah tabel kebenaran. Dalam tabel kebenaran, bagian yang menyala akan ditandakan dengan angka 0 dan yang tidak menyala ditandakan oleh angka 1. Dengan itu, setiap angka memiliki kombinasi angka 1 dan 0 untuk masing-masing dan untuk semua angka dari no sampai sembilan dapat dibuat tabel kebenarannya.

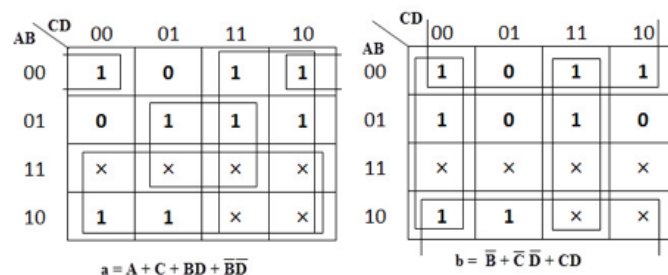
Tabel kebenaran seven segment tidak sama untuk setiap rangkaian, karena setiap rangkaian memiliki penamaan yang berbeda dan setiap rancangan rangkaian bebas menentukan nama bagiannya masing-masing. Untuk rancangan tampilan seven segment pada gambar 9, tabel kebenarannya dapat dilihat pada tabel 2. Huruf A, B, C, dan D melambangkan angka biner dari angka desimal masukan yang ada pada kolom paling kiri tabel, yaitu A digit paling kiri dan D digit paling kanan. Sedangkan huruf a, b, c, d, e, f, g pada tabel melambangkan bagian yang dapat menyala sesuai gambar 9 agar terbentuk angka desimal yang sesuai dengan kolom paling kiri.

Digit	A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
6	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
7	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

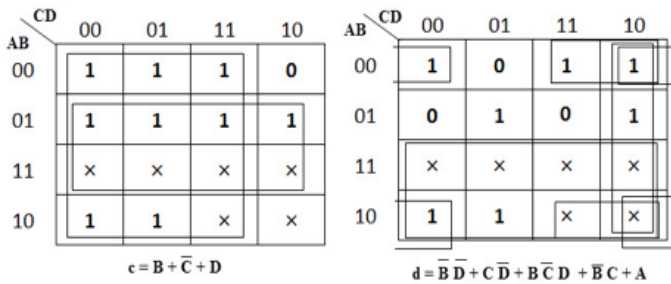
Tabel 2. Tabel Kebenaran Seven Segment

Selanjutnya ketika sudah ada tabel kebenarannya, dapat dibuat rangkaian logika yang sesuai dengan input dan output yang diinginkan untuk seven segment. Untuk membuat rangkaian logikanya, setiap bagian pada seven segment seperti a, b, c, d, e, f, dan g untuk rancangan tampilan pada gambar 9 akan memiliki output sendiri-sendiri dengan inputan yang sama, yaitu angka desimal yang berupa empat digit yang direpresentasikan oleh A, B, C, dan D. Namun untuk mempermudah pembuatan rangkaian logika dan agar rangkaian logika yang dibuat merupakan rangkaian yang efektif, yaitu penggunaan gerbang logika sesedikit mungkin, maka tabel kebenaran yang ada perlu disederhanakan.

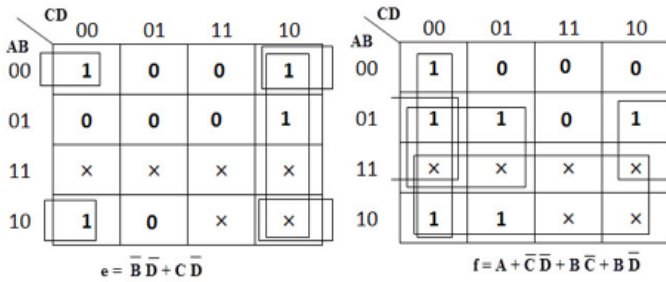
Teknik penyederhanaan tabel kebenaran yang sangat umum dipakai yaitu menggunakan Peta Karnough. Dengan Peta Karnough, masing-masing bagian pada seven segment akan disederhanakan. Penyederhanaan dengan Peta Karnough membuat gerbang logika yang digunakan akan lebih tidak rumit daripada sebelum disederhanakan sehingga hasilnya lebih efektif. Hasil yang lebih efektif juga membuat saat diimplementasikan dalam bentuk rangkaian yang nyata proses kerja dari rangkaianannya membutuhkan waktu yang lebih sedikit karena tidak perlu terlalu banyak melakukan perhitungan.



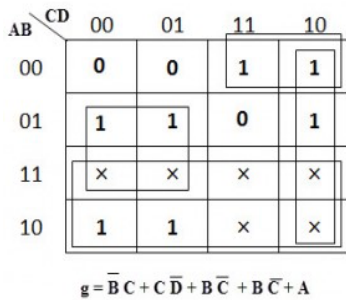
Gambar 12. Peta Karnough untuk Bagian a dan b



Gambar 13. Peta Karnough untuk Bagian c dan d



Gambar 14. Peta Karnough untuk Bagian e dan f



Gambar 15. Peta Karnough untuk Bagian g

Setiap Peta Karnough di atas merepresentasikan masing-masing bagian pada seven segment. Dapat dilihat, bahwa setiap bagian pada desain tampilan seven segment berbeda-beda karena setiap angka, bagian yang menyala pun berbeda. Hasil dari Peta Karnough di atas merupakan hasil persamaan aljabar boolean yang sudah disederhanakan.

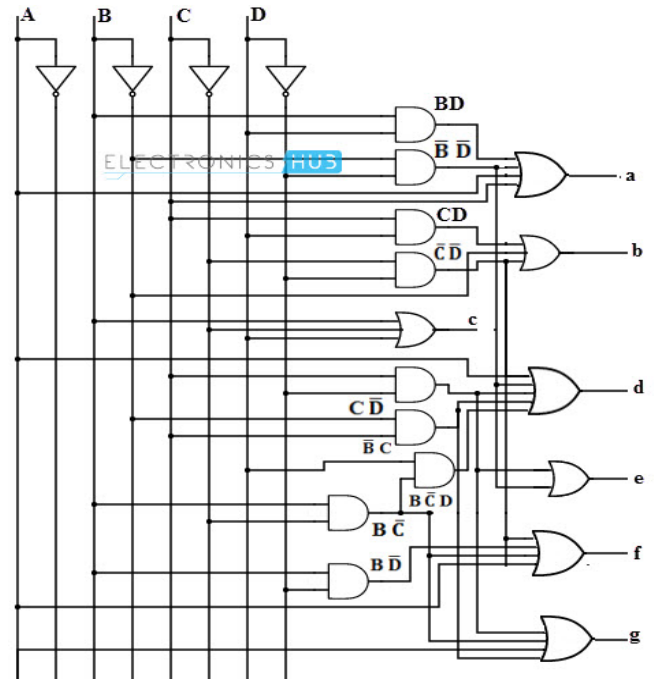
Untuk setiap bagian yang telah ditentukan persamaan aljabar booleannya dan telah disederhanakan dengan Peta Karnough, maka ada persamaan yang dapat diimplementasikan menjadi rangkaian gabungan gerbang-gerbang logika. Persamaan-persamaannya yaitu:

$$\begin{aligned}
 a &= A + C + BD + \bar{B}\bar{D} \\
 b &= \bar{B} + \bar{C}\bar{D} + CD \\
 c &= B + \bar{C} + D \\
 d &= \bar{B}\bar{D} + C\bar{D} + B\bar{C}D + \bar{B}C + A \\
 e &= \bar{B}\bar{D} + C\bar{D} \\
 f &= A + \bar{C}\bar{D} + B\bar{C} + B\bar{D} \\
 g &= A + B\bar{C} + \bar{B}C + C\bar{D}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan aljabar boolean yang telah disederhanakan di atas setelah itu dapat dibuat rangkaian logika yang efektif. Rangkaian logika tersebut dapat dilihat pada gambar 14.

Inputnya terdiri dari empat yaitu A, B, C, dan D. Sedangkan

outputnya terdiri dari tujuh yaitu a, b, c, d, e, f, dan g yang merupakan bagian dari seven segment pada rancangan.



Gambar 16. Rangkaian Logika Seven Segment

Seven segment di atas merupakan seven segment yang sederhana dan sangat umum tidak hanya digunakan untuk termometer. Dalam kenyataannya, untuk termometer digital seven segment yang digunakan tidak sesimpel itu karena pada termometer digital menggunakan minimal tiga digit angka sehingga pada akhirnya rangkaian logika yang digunakan akan lebih rumit daripada seven segment yang digambarkan di atas.

Selain itu, untuk termometer digital pada kenyataannya tidak hanya menampilkan angka namun beberapa huruf tertentu yang ada artinya masing-masing kondisi dari termometer. Untuk mengimplementasikan hal tersebut, dapat digunakan angka-angka yang belum digunakan. Seperti pada contoh di atas, angka biner inputan berupa empat digit biner yang artinya pada desimal yaitu angka nol sampai angka 15. Namun untuk menampilkan angka hanya digunakan angka nol sampai sembilang yang mengakibatkan angka sepuluh hingga angka lima belas termasuk ke dalam angka *don't care*. Jika akan ada fitur tambahan seperti menampilkan huruf, maka keadaan *don't care* tersebut dapat dihilangkan. Akibatnya akan ada rangkaian logika baru yang berbeda.

IV. KESIMPULAN

Termometer setelah melalui perkembangan yang pesat hingga banyak kegunaan dan macamnya, sangat berguna dalam kehidupan sehari-hari apalagi termometer digital yang sudah canggih dengan hasilnya yang lebih akurat juga lebih mudah dibaca. Ternyata, termometer dan sistem digital lainnya memanfaatkan aljabar boolean dan gerbang logika. Maka dari itu dalam kehidupan sehari-hari ternyata kita tidak dapat lepas dari aljabar boolean dan rangkaian logika. Benda yang sangat dekat dengan kita dan bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari seperti termometer digital pun menggunakan aljabar boolean. Oleh karena itu aljabar boolean adalah materi yang sangat bermanfaat dan tidak patut untuk dilewatkan saat mempelajari

matematika diskrit. Sebenarnya masih banyak benda lain di kehidupan sehari-hari yang menggunakan aljabar boolean seperti kamera digital, multiplexer, tensimeter, dan alat cetak seperti printer. Selain itu komponen seven segment yang ada pada termometer pun tidak hanya dijumpai pada termometer. Seven segment juga dapat ditemui pada alat-alat digital lainnya seperti jam digital.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama penulis bersyukur atas nikmat Allah SWT. karena dengan nikmat dan kehendak-Nya penulis dimudahkan dalam menyelesaikan makalah ini dengan baik dan tepat waktu. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada orang tua, sahabat, dan teman-teman penulis yang senantiasa memberi dukungan, motivasi, dan kasih sayang. Penulis turut mengucapkan terima kasih kepada dosen Matematika Diskrit, Ibu Harlili, yang telah memberikan pelajaran tentang Aljabar Boolean di mata kuliah Matematika Diskrit ini.

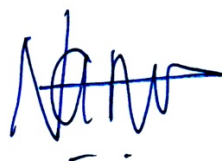
REFERENSI

- [1] S. Dqianto, *Seri Penemuan 37 - Termometer*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2007.
- [2] M. Saludin. *Teknik Digital Dasar: Pendekatan Praktis*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2012.
- [3] W. Wijaya, *Teknik Digital*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2006.
- [4] "*Temperature: Facts, History & Definition*" oleh Kim Ann Zimmermann. Available: <https://www.livescience.com/39841-temperature.html> [Diakses 6/12]
- [5] "*Aljabar Boolean*" oleh Rinaldi Munir. Available: <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2016-2017/Aljabar-Boolean-2016.pdf> [Diakses 6/12]
- [6] "*Yuk Belajar Mengenai Jenis-jenis Termometer dan Fungsinya*" oleh Abu Hanif. Available: <https://alatkeehatan.info/jenis-jenis-termometer/> [Diakses 6/12]
- [7] "*BCD to Seven Segment Decoder Data Sheet*". Available: <https://www.intersil.com/content/dam/Intersil/documents/ca31/ca3161.pdf> [Diakses 9/12]
- [8] "*BCD to 7 Segment LED Display Decoder Circuit*". Available: <https://www.electronicshub.org/bcd-7-segment-led-display-decoder-circuit/> [Diakses 9/12]
- [9] "*Digital Thermometer Circuit*". Available: <http://www.circuitstoday.com/digital-thermometer-circuit> [Diakses: 9/12]
- [10] "*makalah-termometer-digital*" oleh Rendy Wahyudi. Available: <https://www.slideshare.net/wahyudirendy/makalahtermometerdigital> [Diakses 9/12]

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 9 Desember 2018



Nisrina Yumna Khairunnisa, 13517017