

Penerapan Aljabar Boolean dalam Braille

Izharulhaq 13518092¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹13518092@std.stei.itb.ac.id

Abstrak—Braille, sistem baca-tulis yang diperuntukkan untuk orang-orang yang mengalami kekurangan dalam penglihatannya (tuna netra), ciptaan Louis Braille yang semula ditolak oleh raja kini telah digunakan secara luas di berbagai tempat di masyarakat, termasuk di fasilitas-fasilitas umum. Mengingat bahan dasar dari fasilitas umum yang keras dan tahan lama, tentu mencetak huruf braille pada fasilitas-fasilitas tersebut memerlukan bantuan dari mesin. Makalah ini akan menjelaskan sistem untuk mengarahkan mesin yang bisa digunakan untuk mencetak braille sebagai bentuk dari implementasi aljabar boolean dalam kehidupan sehari-hari.

Kata kunci—Braille, Boolean, Peta Karnaugh, Kebutaan

I. PENDAHULUAN

Kebutaan adalah keadaan seseorang yang memiliki kekurangan atau cacat di penglihatannya, baik itu sebagian atau pun total. Umumnya, istilah kebutaan digunakan untuk orang-orang yang kehilangan seluruh penglihatannya[1]. Pada tahun 2015 saja, tercatat 36 juta orang di dunia mengalami kebutaan[2] dan jumlah tersebut diprediksikan masih akan bertambah. Oleh karena itu, tentu perlu diadakan sebuah alat yang akan membantu orang-orang yang menderita kebutaan dalam aktivitas sehari-hari.

Salah satu alat bantu yang masih digunakan hingga sekarang adalah karakter braille. Semenjak Prancis mengakui karakter braille sebagai sistem komunikasi bagi orang-orang tuna netra pada tahun 1854[3], penggunaan braille terus digunakan dan berkembang hingga sekarang. Sebagai contoh, fasilitas-fasilitas umum yang memerlukan pembacaan karakter atau kalimat tertentu dalam penggunaannya seperti *elevator* mencetak braille sesuai dengan kalimat tersebut secara cetak-timbul. Dalam pembuatannya, fasilitas-fasilitas umum tersebut pasti dibuat menggunakan bahan-bahan yang tahan lama dan tidak mudah rusak atau berubah bentuk. Oleh karena itu, diperlukan bantuan mesin dalam proses pencetakan braille. Akibatnya, diperlukan suatu sistem yang dapat mengarahkan mesin untuk mencetak karakter braille yang sesuai.

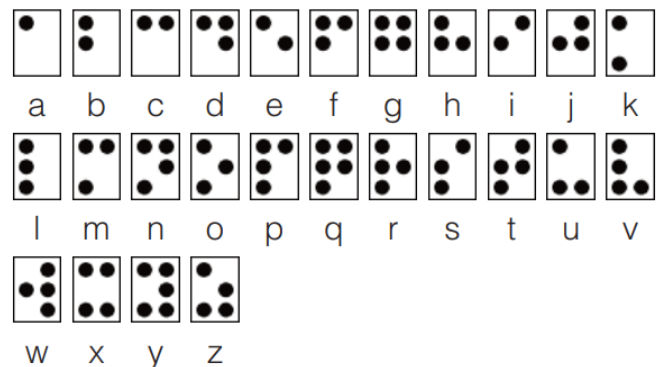
Dalam makalah ini, penulis berusaha untuk menyusun suatu sistem yang akan mengarahkan mesin untuk menghasilkan alfabet sehari-hari dalam braille sebagai penerapan dari aljabar boolean.

II. TEORI SINGKAT

A. Braille

Braille adalah suatu sistem baca-tulis dengan menggunakan

indera peraba bagi orang-orang penyandang tuna netra. Dalam sistem ini, karakter-karakter yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari direpresentasikan dalam sebuah matriks titik-titik yang terdiri dari tiga baris dan dua kolom yang dicetak timbul sehingga dapat diraba dengan menggunakan jari. Berikut adalah daftar alfabet yang direpresentasikan dalam braille.



Gambar 2.1 Alfabet dalam braille

sumber:

<https://www.royalblind.org/national-braille-week/about-braille/braille-facts>

Kata braille diambil dari nama pencipta braille itu sendiri, yaitu Louis Braille. Braille kehilangan penglihatannya ketika masih muda akibat tidak sengaja menusuk matanya sendiri. Sistem braille sendiri merupakan hasil modifikasi dari sandi yang digunakan oleh Kapten Charles Barbier berupa titik-titik timbul. Braille memodifikasi sistem sandi ini yang awalnya terdiri dari dua belas titik-titik menjadi hanya enam seperti sekarang. Hal ini bertujuan agar braille dapat lebih mudah dibaca oleh orang-orang.

Braille dibaca dengan meletakkan ujung jari pada karakter braille dan menggerakannya dari kiri ke kanan hingga ke ujung baris. Ketika ujung jari diletakkan di atas karakter braille, penyandang tuna netra dapat meraba pola titik-titik yang ada di bawah jarinya dan menafsirkannya ke dalam karakter sehari-hari[3].

Hingga kini, braille terus berkembang agar lebih mudah dibaca dan ditulis. Sekarang, braille memiliki sistem penulisan yang dibagi dalam tiga tingkatan. Tingkat satu adalah dengan menulis karakter satu-per-satu seperti biasanya. Akan tetapi, hal tersebut menghabiskan terlalu banyak tempat sehingga muncullah sistem penulisan tingkat dua yang menyingkat penulisan kata-kata tertentu sehingga satu matriks dapat

merepresentasikan beberapa karakter atau bahkan satu kata penuh. Dengan sistem ini, penulisan braille menghabiskan lebih sedikit tempat dibandingkan tingkat satu. Tingkat terakhir berusaha untuk lebih menyingkat lagi penulisan kata dalam braille sehingga hanya terdiri dari beberapa huruf saja. Akan tetapi, tingkat tiga tidak umum beredar di dalam komunitas tuna netra[4].

B. Aljabar Boolean

Pada tahun 1854, George Boole merumuskan sesuatu sistem aljabar yang berbeda dari biasanya. Apabila pada aljabar biasa hasil dari suatu operasi memiliki tak hingga kemungkinan nilai, operasi pada aljabar ini hanya memiliki dua kemungkinan nilai, yaitu 1 atau 0.

Aljabar boolean hanya memiliki dua nilai, yaitu 0 atau 1 seperti yang telah disebutkan di atas. Operator dasar dalam aljabar boolean terdiri dua operator biner dan satu operator uner dengan aturan sebagai berikut.

Nilai		Operator biner	
a	b	+	.
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	1

Tabel 2.1 Aturan operasi biner pada aljabar boolean

Nilai	Operasi uner
a	'
0	1
1	0

Tabel 2.2 Aturan operasi uner pada aljabar boolean

Dalam aljabar boolean, setiap peubah, termasuk komplemennya, dalam sebuah fungsi dinamakan literal. Dalam penulisan fungsi boolean, dikenal istilah bentuk kanonik. Bentuk kanonik ialah fungsi boolean yang ditulis dengan literal yang lengkap. Dalam menuliskan bentuk kanonik, terdapat dua cara, yaitu jumlah dari perkalian (*sum of product/SOP*) atau perkalian dari jumlah (*product of sum/POS*). Apabila suatu suku dari fungsi dituliskan dalam bentuk SOP dan memiliki literal lengkap, maka suku tersebut disebut dengan minterm. Apabila suatu suku dari fungsi dituliskan dalam bentuk POS dan memiliki literal yang lengkap maka suku tersebut disebut maxterm. Dalam pembentukan minterm, setiap peubah yang bernilai 0 dinyatakan dalam bentuk komplemennya sedangkan yang bernilai 1 tidak. Kebalikan dari minterm, dalam pembentukan maxterm setiap peubah yang bernilai 1 dinyatakan dalam bentuk komplemennya sedangkan yang bernilai 0 tidak.

Apabila terdapat suatu tabel kebenaran, maka bentuk kanonik fungsi boolean tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk SOP dengan cara mengambil minterm semua nilai fungsi yang bernilai 1. Kebalikannya, fungsi boolean dapat

dinyatakan dalam bentuk POS dengan cara mengambil maxterm dari semua nilai fungsi yang bernilai 0.

Untuk mengubah bentuk fungsi boolean dari SOP menjadi POS atau sebaliknya cukup dengan melihat komplemen dari fungsi tersebut. Sebagai contoh, apabila ada suatu fungsi tiga peubah dalam bentuk SOP seperti berikut

$$f(x, y, z) = \sum(2, 6, 7)$$

Maka komplemen dari fungsi di atas adalah

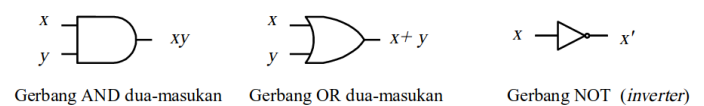
$$f'(x, y, z) = \sum(0, 1, 3, 4, 5)$$

Sehingga bentuk POS dari f adalah

$$f(x, y, z) = \prod(0, 1, 3, 4, 5)$$

Berdasarkan contoh di atas, $\sum(2, 6, 7) = \prod(0, 1, 3, 4, 5)$. Hal ini karena yang diubah hanyalah cara penulisan fungsi itu sendiri.

Selain itu, fungsi boolean dapat dinyatakan sebagai suatu rangkaian logika. Setiap operator yang ada di dalam fungsi dinyatakan menggunakan tiga gerbang logika dasar berikut.



Gambar 2.2 Gerbang logika dasar

sumber:

<http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2019-2020/Aljabar-Boolean-2019.pdf>

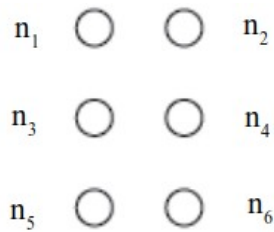
Fungsi boolean terkadang memiliki bentuk yang cukup sulit untuk dipahami karena literal yang terlalu banyak. Oleh karena itu, perlu dicari bentuk lain yang memiliki literal yang lebih sedikit sehingga lebih mudah untuk dibaca. Cara pertama untuk menyederhanakan fungsi adalah secara aljabar dengan menggunakan hukum-hukum aljabar boolean. Cara kedua adalah dengan menggunakan Peta Karnaugh.

Peta Karnaugh adalah sebuah diagram segiempat yang terdiri dari persegi-persegi berukuran lebih kecil yang saling bersisian. Setiap persegi dalam Peta Karnaugh merepresentasikan minterm dari suatu fungsi. Apabila kotak tersebut merupakan minterm, maka diisi 1, jika tidak diisi 0. Setelah semua kotak terisi, gabungkan semua kotak yang bernilai 1 sampai berbentuk pasangan (dua), quad (empat), atau oktet (delapan) sehingga dihasilkan fungsi dalam bentuk SOP yang lebih sederhana. Apabila fungsi yang diinginkan dalam bentuk POS, maka kotak-kotak yang digabungkan adalah kotak yang bernilai 0[5].

III. DESAIN LOGIKA

A. Analisis Matriks Braille

Seperti yang telah disebutkan di atas, setiap karakter braille direpresentasikan oleh matriks berukuran 3x2 seperti berikut. Untuk memudahkan, setiap titik akan diberi nomor $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5,$ dan n_6 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Sel Matriks Braille

sumber: <https://thinkable.nl/tv-manual-braille-properties/>

Mengacu pada gambar 2.1, suatu titik apabila berwarna hitam akan bernilai 1 dan apabila berwarna putih akan bernilai 0 pada tabel kebenaran.

B. Tabel Kebenaran

Berdasarkan aturan yang telah disebutkan di atas, maka tabel kebenaran karakter braille adalah sebagai berikut.

Input	Karakter	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆
00000	a	1	0	0	0	0	0
00001	b	1	0	1	0	0	0
00010	c	1	1	0	0	0	0
00011	d	1	1	0	1	0	0
00100	e	1	0	0	1	0	0
00101	f	1	1	1	0	0	0
00110	g	1	1	1	1	0	0
00111	h	1	0	1	1	0	0
01000	i	0	1	1	0	0	0
01001	j	0	1	1	1	0	0
01010	k	1	0	0	0	1	0
01011	l	1	0	1	0	1	0
01100	m	1	1	0	0	1	0
01101	n	1	1	0	1	1	0
01110	o	1	0	0	1	1	0
01111	p	1	1	1	0	1	0
10000	q	1	1	1	1	1	0
10001	r	1	0	1	1	1	0
10010	s	0	1	1	0	1	0
10011	t	0	1	1	1	1	0
10100	u	1	0	0	0	1	1
10101	v	1	0	1	0	1	1
10110	w	0	1	1	1	0	1
10111	x	1	1	0	0	1	1
11000	y	1	1	0	1	1	1
11001	z	1	0	0	1	1	1

11010		x	x	x	x	x	x
11011		x	x	x	x	x	x
11100		x	x	x	x	x	x
11101		x	x	x	x	x	x
11110		x	x	x	x	x	x
11111		x	x	x	x	x	x

Tabel 3.1 Tabel Kebenaran matriks alfabet braille

C. Peta Karnaugh

Berdasarkan tabel kebenaran yang telah dibuat di atas, akan dibentuk peta karnaugh untuk menyederhanakan fungsi masing-masing titik. Tiap fungsi akan memiliki lima buah peubah v, w, x, y, dan z yang secara berturut-turut merepresentasikan digit pertama, digit kedua, digit ketiga, digit keempat, dan digit kelima input. Dalam tulisan ini, penulis menggunakan bentuk SOP dalam menuliskan fungsi yang didapat.

Peta Karnaugh titik n₁

vw \ xyz	000	001	011	010	110	111	101	100
00	1	1	1	1	1	1	1	1
01	0	0	1	1	1	1	1	1
11	1	1	x	x	x	x	x	x
10	1	1	0	0	0	1	1	1

Berdasarkan peta karnaugh di atas, maka bentuk fungsi n₁ setelah disederhanakan adalah sebagai berikut.

$$f(v, w, x, y, z) = v'w' + vw + xy' + vy' + xz$$

Peta Karnaugh titik n₂

vw \ xyz	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	1	1	1	1	1	0
01	1	1	0	0	0	1	1	1
11	1	0	x	x	x	x	x	x
10	1	0	1	1	1	1	0	0

Berdasarkan peta karnaugh di atas, maka bentuk fungsi n₂ setelah disederhanakan adalah sebagai berikut.

$$f(v, w, x, y, z) = vy + w'y + wz + v'wz + v'xz + vx'y'z'$$

Peta Karnaugh titik n₃

vw \ xyz	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	1	0	0	1	1	1	0
01	1	1	1	0	0	1	0	0
11	0	0	x	x	x	x	x	x
10	1	1	1	1	1	0	1	0

Berdasarkan peta karnaugh di atas, maka bentuk fungsi n₃ setelah disederhanakan adalah sebagai berikut.

$$f(v, w, x, y, z) = vw'x' + vyz' + wyz + v'w'y'z + vx'y'z + v'w'xy + v'wx'y'$$

Peta Karnaugh titik n₄

vw \ xyz	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	1	0	1	1	0	1
01	0	1	0	0	1	0	1	0
11	1	1	x	x	x	x	x	x
10	1	1	1	0	1	0	0	0

Berdasarkan peta karnaugh di atas, maka bentuk fungsi n_4 setelah disederhanakan adalah sebagai berikut.

$$f(v, w, x, y, z) = vw + xyz' + wy'z + v'w'yz + vx'y' + vx'z + v'w'xy'z'$$

Peta Karnaugh titik n_5

vw \ xyz	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	0	0	0	0
01	0	0	1	1	1	1	1	1
11	1	1	x	x	x	x	x	x
10	1	1	1	1	0	1	1	1

Berdasarkan peta karnaugh di atas, maka bentuk fungsi n_5 setelah disederhanakan adalah sebagai berikut.

$$f(v, w, x, y, z) = vw + vx' + wx + wy + vy + vz$$

Peta Karnaugh titik n_6

vw \ xyz	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	0	0	0	0
01	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	x	x	x	x	x	x
10	0	0	0	0	1	1	1	1

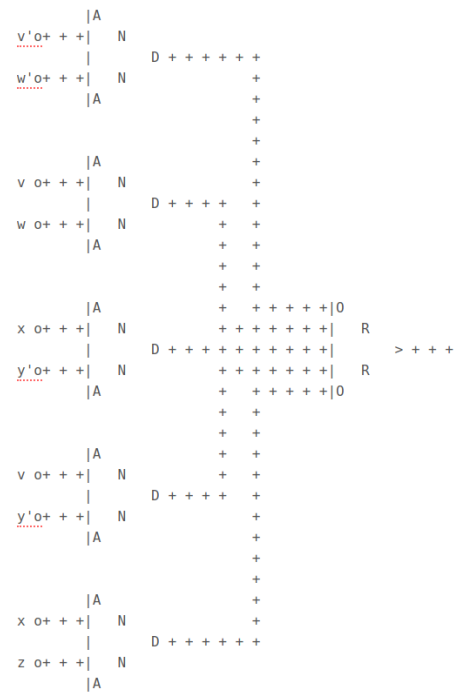
Berdasarkan peta karnaugh di atas, maka bentuk fungsi n_6 setelah disederhanakan adalah sebagai berikut.

$$f(v, w, x, y, z) = vw + vx$$

D. Rangkaian Logika

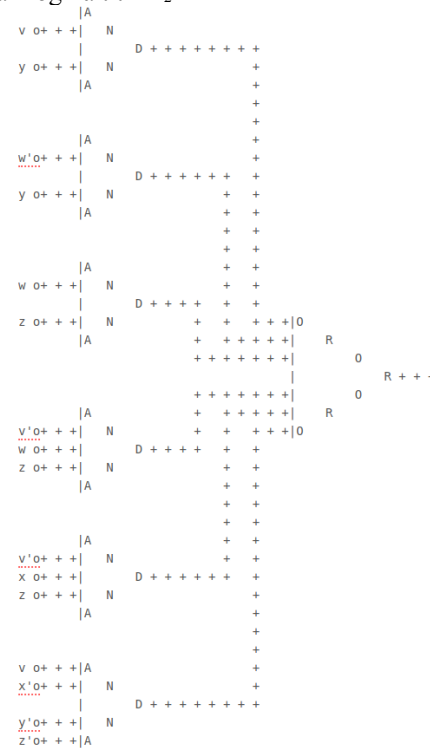
Tiap titik dari matriks sel braille memiliki rangkaian logikanya masing-masing, sebagaimana tiap titik memiliki fungsi boolean-nya masing-masing. Oleh karena itu, akan digambarkan rangkaian logika untuk masing-masing titik.

Rangkaian logika titik n_1



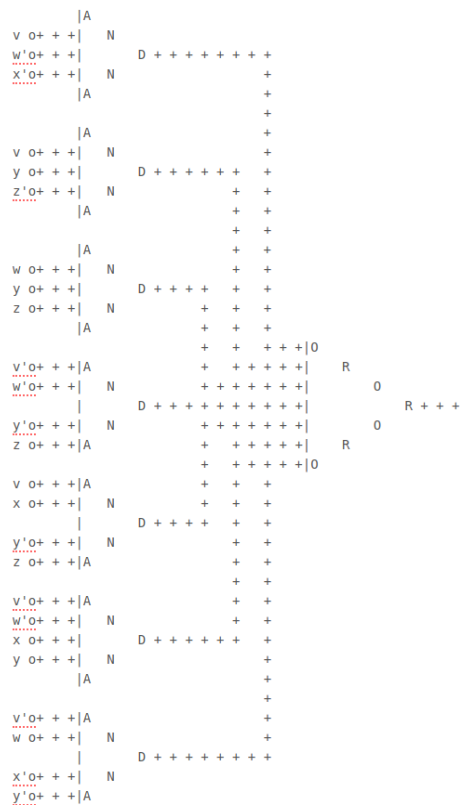
Gambar 3.2 Rangkaian logika titik n_1

Rangkaian logika titik n_2

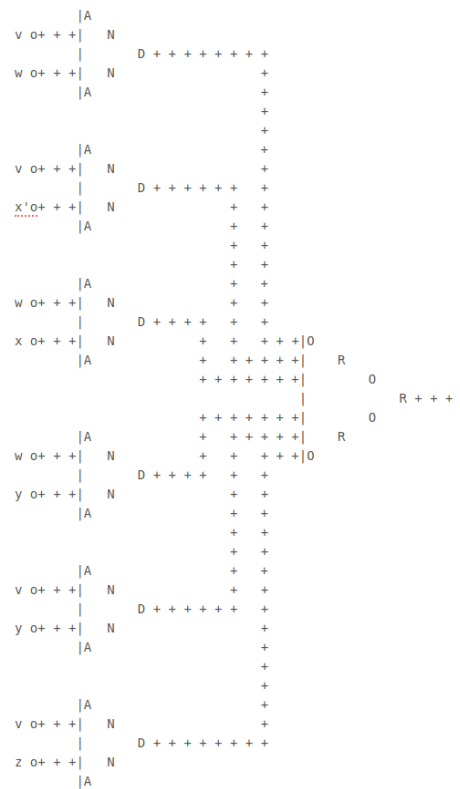


Gambar 3.3 Rangkaian logika titik n_2

Rangkaian logika titik n_3

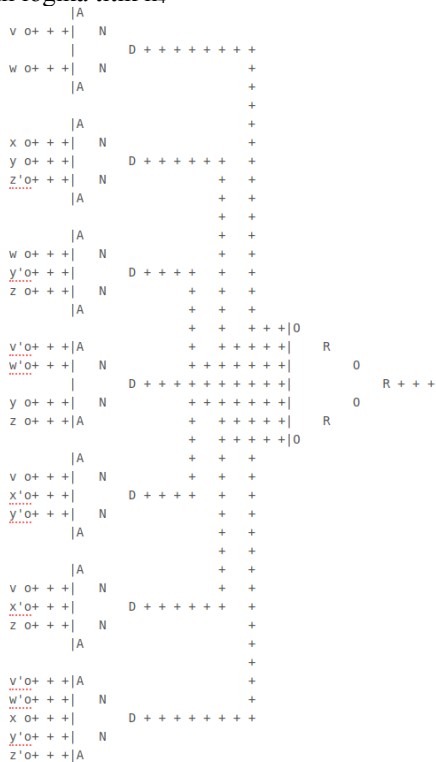


Gambar 3.4 Rangkaian logika titik n_3



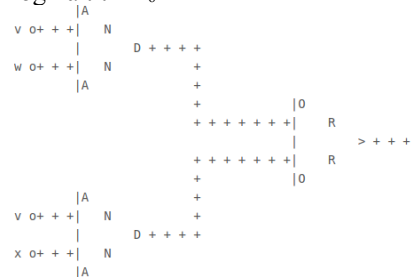
Gambar 3.6 Rangkaian logika titik n_5

Rangkaian logika titik n_4



Gambar 3.5 Rangkaian logika titik n_4

Rangkaian logika titik n_6



Gambar 3.7 Rangkaian logika titik n_6

IV. KESIMPULAN

Untuk mencetak braille dengan menggunakan mesin, salah satu sistem yang dapat diterapkan adalah dengan menggunakan aljabar boolean. Dengan menganggap setiap titik yang timbul memiliki nilai 1 dan yang tidak memiliki nilai 0 dapat dibentuk fungsi-fungsi boolean untuk merepresentasikan karakter braille. Dalam menyederhanakan fungsi-fungsi tersebut, salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode peta karnaugh. Dari fungsi-fungsi yang telah disederhanakan tersebut, dapat dirangkai rangkaian logika yang akan diterapkan ke dalam sistem.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala karena hanya atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Selain itu, penulis juga

mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M. T. dan Ibu Harlili sebagai dosen pengajar IF2120 Matematika Diskrit yang telah memberikan ilmu-ilmu bermanfaat yang dapat membantu penyelesaian penulisan makalah ini.

REFERENSI

- [1] <https://medlineplus.gov/ency/article/003040.htm>, diakses pada Rabu, 4 Desember 2019 pukul 18.39.
- [2] <http://atlas.iapb.org/global-burden-vision-impairment/>, diakses pada Rabu, 4 Desember 2019 pukul 19.57.
- [3] <https://brailleworks.com/braille-resources/history-of-braille/>, diakses pada Rabu, 4 Desember 2019 pukul 20.37.
- [4] <https://brailleworks.com/braille-resources/what-is-braille/>, diakses pada Rabu, 4 Desember 2019 pukul 21.09.
- [5] Munir, Rinaldi. "Aljabar Boolean". Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung. Diakses dari <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2015-2016/Makalah-Matdis-2015/Makalah-IF2120-2015-012.pdf> pada Kamis, 5 Desember 2019 pukul 00.30.

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, 3 Desember 2019



Izharulhaq
13518092