

Aljabar Boolean Dalam Membangun *Redstone Circuits* di Minecraft

Reyvan Rizky Irsandy - 13518136
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
reyvan3107@students.itb.ac.id

Abstrak — Minecraft adalah game sandbox yang diciptakan oleh Mojang dan diprakarsai oleh Markus Peerson dari Swedia. Game ini sangat mengolah dan mengasah kreatifitas yang memainkannya dikarenakan selain membangun suatu yang unik dengan semua hal yang berbentuk kubus, dalam game ini juga tersedia fitur yang disebut *Redstone Mechanics* yang perwujudannya mirip dengan rangkaian logika atau rangkaian listrik di dunia nyata. Didalam makalah ini akan membahas aplikasi/penerapan teori aljabar boolean dalam Game Minecraft.

Kata Kunci — Aljabar Boolean, Minecraft, Sandbox, Redstone, Circuit, Logic.

I. PENDAHULUAN

Saat ini kehidupan manusia sudah sangat bergantung sekali pada teknologi, mulai dari alat komunikasi, penunjang pendidikan, untuk pekerjaan, atau bahkan sebagai hiburan semata seperti untuk bermain game, bermain media sosial. Game mempunyai banyak sekali tujuan dan dampak khusus, umunya game memiliki efek candu, namun hal candu ini bisa diarahkan ke hal yang positif bila game tersebut memiliki dampak positif.

Salah satu game yang memiliki dampak positif adalah Minecraft, Game ini memiliki 2 mode utama, *Survival mode* dimana player akan dilepaskan pada alam bebas untuk bertahan hidup dan membuat rumah sekreatif mungkin, mode ini memiliki goals yaitu membunuh *Ender Dragon* yang akan memicu credit end game, namun game belumlah berakhir, singkatnya game ini bertipe *endless* atau tiada akhirnya. *Creative Mode* dalam mode ini player tidak memiliki *Health Bar*, dalam mode ini player dapat membuat segala sesuatu yang player inginkan.

Game Minecraft ini sekarang tidak hanya sekedar game saja, namun sebagai dapat sebagai platform edukasi, pihak Mincreaft sendiri mengeluarkan versi untuk edukasi yang disebut *Mincraft : Education Edition* pada versi ini ditujukan untuk anak – anak sebagai platform bermain game sembari belajar akan suatu hal, mengingat Minecraft adalah game *Open World* dimana pemain dapat melakukan apapun di dalam dunia game, dan dalam dunia game Minecraft ini isinya hampir sama dengan yang ada di dunia nyata, jadi platform edukasi ini bertujuan mengenalkan dunia luar yang mungkin tidak terjangkau untuk anak-anak dalam bentuk game yang interaktif.

Dalam Minecraft tidak hanya membangun rumah dan seni bertahan hidup yang menjadi perhatian khusus para pemain, namun ada hal baru yang ada di dalam minecraft yang disebut *Redstone Mechanics* seperti namanya yang artinya mekanika redstone, mekanika redstone ini singkatnya adalah teknologi primitif yang digabaran pada game. Dalam mekanika redstone ini digunakan beberapa prinsip logika yang mengenal 1 dan 0 atau *on* dan *off* layaknya sirkuit elektronik dalam mekanika redstone juga dikenal gerbang logika. Dalam membangun sirkuit redstone yang baik dan simpel aljabar boolean berperan penting dalam permodelan gerbang logika yang akan dibuat dan penyederhanaan sirkuit redstone yang dibuat.

Dari beberapa macam rangkaian yang ada, akan dibahas peran Aljabar Boolean terhadap rangkaian-rangkaian dasar yang membentuk sirkuit redstone atau sirkuit dasar yang sering digunakan, bahkan gerbang logika sederhana yang dapat dibuat di Minecraft.

II. TEORI ALJABAR BOOLEAN, GERBANG LOGIKA, DAN METODE PETA KARNAUGH

A. Aljabar Boolean

Aljabar Boolean pertama kali dikenalkan oleh seorang matematikawan inggirs, George Boole. Aljabar Boolean merupakan cabang matematika yang digunakan untuk banyak hal pada saat ini, terutama dalam membangun sirkuit-sirkuit yang melibatkan gerbang logika, aljabar boolean dapat menyederhanakan sirkuit-sirkuit yang berhubungan dengan gerbang logika. Aljabar Boolean setidaknya memiliki dua buah elemen yang menyatakan *True* atau *False* (0 atau 1), dan tiga buah operasi,

<i>AND</i> (•)	0	1
0	0	0
1	0	1

Tabel 1. Operasi AND

Operasi AND, yang biasa diwakilkan oleh simbol “•” akan

menghasilkan *True* (dalam konteks ini bernilai 1) jika kedua masukkan juga bernilai *True*. Pada Tabel diatas terlihat bahwa hanya kolom dan baris bernilai *True* operasi AND akan menghasilkan *True*.

<i>OR (+)</i>	0	1
0	0	1
1	1	1

Tabel 2, Operasi OR

Operasi OR yang biasa diwakilkan oleh simbol “+” akan menghasilkan *True* (dalam konteks ini bernilai 1) jika salah satu masukkan bernilai *True*. Pada Tabel diatas terlihat bahwa jika salah satu atau kedua kolom dan baris bernilai *True* operasi OR akan menghasilkan nilai *True*.

<i>NOT (‘)</i>	
0	1
1	0

Tabel 3. Operasi NOT

Operasi NOT, dengan simbol “’”. Berbeda dengan dua operasi sebelumnya, operasi NOT merupakan operasi uner, operasi yang hanya menggunakan satu buah unsur atau operan. Sedangkan dua operasi sebelumnya membutuhkan dua buah unsur atau operan, dua operasi sebelumnya disebut operasi biner atau operasi yang menggunakan dua buah unsur. Operasi NOT akan menghasilkan nilai yang berkebalikan dengan nilai masukannya, menghasilkan *True* (dalam konteks ini bernilai 1) jika masukannya bernilai *False* (dalam konteks ini bernilai 0), dan menghasilkan *False* jika masukannya bernilai *True*. Pada tabel diatas terlihat bahwa jika nilai suatu kolom bernilai *True* operasi NOT akan mengembalikan nilai *False* dan jika nilai suatu kolom input bernilai *False* maka operasi NOT akan menghasilkan nilai *True*.

Selain tiga operasi diatas terdapat hukum yang berlaku pada Aljabar Boolean. Berikut hukum-hukum yang berlaku,

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 komplemen: (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) $a(b c) = (a b) c$
9. Hukum distributif: (i) $a + (b c) = (a + b)(a + c)$ (ii) $a(b + c) = a b + a c$	10. Hukum De Morgan: (i) $(a + b)' = a' b'$ (ii) $(ab)' = a' + b'$
11. Hukum 0/1 (i) $0' = 1$ (ii) $1' = 0$	

Tabel 4. Hukum-Hukum Aljabar Boolean

Ekspresi Boolean dalam Aljabar Boolean dapat diekspresikan dalam dua bentuk yang berbeda, yang pertama adalah bentuk penjumlahan dari hasil kali (*sum-of-product* atau SOP) dan bentuk perkalian dari hasil jumlah (*product-of-sum* atau POS). Pada setiap bentuk diatas dikenali istilah *minterm* dan *maxterm*, *maxterm* adalah sebutan dari ekspresi hasil jumlah dan *minterm* adalah sebutan dari ekspresi hasil kali. Penjumlahan dari hasil kali merupakan penjumlahan dari satu atau lebih *minterm* (hasil kali),

$$f(x, y) = x'y + xy'$$

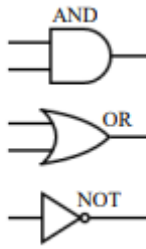
Ekspresi diatas terdiri dari dua *minterm* yaitu $x'y$ dan $y'x$. Ekspresi diatas merupakan ekspresi Boolean dalam bentuk SOP yang merupakan perkalian dari hasil jumlah merupakan perkalian dari satu atau lebih *maxterm* (hasil jumlah),

$$f(x, y) = (x + y')(x' + y)$$

Ekspresi diatas terdiri dari dua *maxterm* yaitu $(x+y')$ dan $(x'+y)$. Ekspresi diatas merupakan ekspresi Boolean dalam bentuk POS yang merupakan penjumlahan dari hasil kali dari satu atau lebih *minterm* (hasil kali).

B. Gerbang Logika

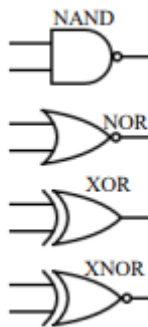
Gerbang logika merupakan suatu metode untuk menggambarkan fungsi Boolean. Setiap gerbang logika merepresentasikan sebuah operasi boolean. Terdapat tiga macam gerbang logika dasar,



Gambar 1. Gerbang Logika Dasar

Setiap gerbang logika memiliki bentuk yang berbeda-beda dimana menjadi identitas dari gerbang logika tersebut. Sisi bagian kiri gerbang logika adalah sisi masukkan dan sisi kanan gerbang logika adalah sisi keluaran, selain operasi NOT gerbang logika yang lain dapat menerima masukkan sebanyak n.

Selain gerbang logika dasar terdapat beberapa gerbang logika turunan,



Gambar 2. Gerbang Logika Turunan

Gerbang logika turunan merupakan kombinasi dari gerbang-gerbang dasar. NAND merupakan kombinasi dari gerbang logika AND dan NOT. NOR merupakan kombinasi dari gerbang logika OR dan NOT. Demikian juga dengan gerbang XOR dan XNOR. X pada XOR dan XNOR dapat diartikan sebagai Eksklusif (Exclusive). Jika pada OR salah satu masukkan bernilai *True* maka keluaran akan selalu menghasilkan *True*. Pada XOR atau *Exclusive OR* hal yang terjadi di operasi OR tidak selalu terjadi di operasi XOR, pada XOR operasi ini akan menghasilkan *True* jika salah satu masukkan bernilai *True* namun keduanya tidak bernilai *True*.

<i>XOR</i>	0	1
0	0	1
1	1	0

Tabel 5. Operasi XOR

C. Metode Peta Karnaugh

Metode Peta Karnaugh (atau *K-Map*) merupakan metode

untuk memetakan fungsi *sum-of-product* dalam bentuk tabular, dimana setiap elemen pada tabel tersebut merepresentasikan sebuah *minterm* (Hasil kali). Tabel yang memetakan fungsi *sum-of-product* tersebut merupakan Peta Karnaugh. Dengan Peta Karnaugh, kita dapat menyederhanakan fungsi boolean kedalam bentuk yang paling sederhana yang akan bermanfaat dalam pembentukan rangkaian logika atau rangkaian gerbang logika.

Penggunaan Peta Karnaugh dalam menyederhanakan fungsi Boolean dilakukan dengan cara menggabungkan elemen-elemen bernilai *True* (dalam konteks ini bernilai 1) yang saling berurutan. Kelompok dari penggabungan tersebut dapat membentuk pasangan (dua), kuad (empat), dan oktet (delapan). Berikut Peta Karnaugh yang terbentuk dari fungsi Boolean $f(x, y, z) = w'x'y'z' + w'x'y'z + w'x'yz + w'xy'z + w'xyz$

wx/yz	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	0	1	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Tabel 6. Peta Karnaugh $f(x,w,y,z)$

Berdasarkan Peta Karnaugh diatas terdapat dua kelompok yang dapat dibentuk dari penggabungan elemen-elemen bernilai 1 yang saling berurutan, pasangan dan kuad. Pada kelompok yang membentuk pasangan, masukan pada variabel x tidak mempengaruhi hasil, sehingga $w'x'y'z$ dan $w'xy'z$ dapat diubah menjadi $w'y'z$. Pada kelompok yang membentuk kuad, masukan pada variabel y dan z tidak mempengaruhi hasil, sehingga $w'x'y'z'$; $w'x'y'z$; $w'x'yz$; dan $w'xyz$ dapat diubah menjadi $w'x'$. Dari penyederhanaan tersebut, didapati fungsi Boolean yang lebih sederhana, $f(w,x,y,z) = w'x' + w'y'z$.

III. ALJABAR BOOLEAN PADA SIRKUIT REDSTONE

Pada Minecraft setiap ingin membuat sirkuit redstone atau mekanisme mesin primitif yang besar bisa terbilang cukup memusingkan bila dilakukan tanpa rencana dan desain, dalam membangun sirkuit redstone ini kemampuan desain pemain sangat diuji karena ada batasan-batasan yang desain redstone tidak bisa dilakukan.

A. Redstone

Redstone atau *Redstone Circuit* adalah fitur di Minecraft yang dapat terbilang perwujudan keelektrikan di Minecraft. Fitur ini membuat pemain tidak hanya dapat menciptakan

karya tanpa mekanisme di Minecraft namun fitur ini membuat pemain Minecraft dapat menciptakan mekanisme berbasis Redstone atau Mesin primitif berbasis Redstone. Sirkuit dasar Redstone biasanya digunakan untuk membangun jebakan, jalan rahasia, dan *encrypted door*.

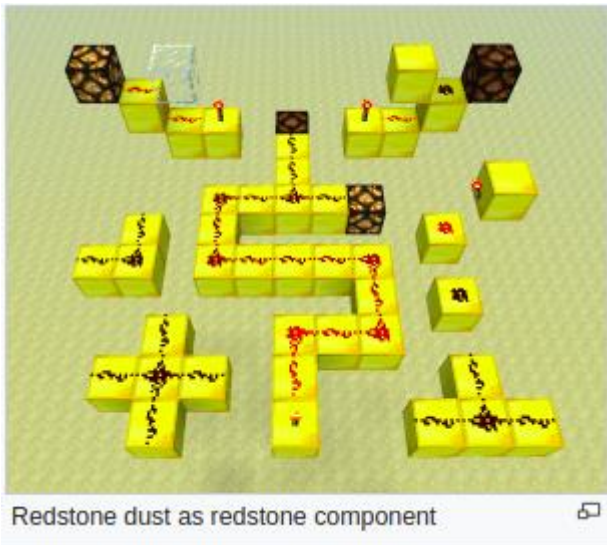
Dalam pembuatan mesin-mesin atau mekanisme primitif tersebut diperlukan desain untuk pembuatannya, dalam Redstone layaknya mesin-mesin elektronik lainnya, disini juga dikenali Gerbang Logika, Gerbang Logika ini adalah Main Building Blocks dari fitur Redstone ini, dan desain yang simpel sangat bermanfaat dalam pembuatannya

Terdapat 15 blok penyusun sirkuit utama redstone, 15 komponen ini selalu ada bila pemain ingin membuat suatu sirkuit atau mesin-mesin primitif.

B. Mekanisme Dasar Redstone

1. Kabel Redstone

Kabel Redstone berperilaku sebagai konduktor sebuah power atau arus dari power source, Sebuah arus power redstone dapat dipanjangkan 15 blok dari sumbernya dengan kabel ini. Untuk meningkatkan kekuatan dari sumbernya tau untuk memperjauh jangkauan sumber diperlukan sebuah komponen bernama *repeaters* yang fungsinya adalah memperkuat arus yang mulai melemah (pada blok ke 14 atau 15 dari sumber).



Gambar 3. Redstone simple Wiring Sistem

Pada Gambar diatas ditunjukkan sebuah mekanisme sederhana *Powering System* dalam redstone dan ditunjukkan seperti apa Redstone wire atau dust bekerja dalam hal ini kabel redstone ditunjukkan oleh garis-garis merah, sumbernya adalah obor Redstone terlihat bahwa mekanisme ini dibuat untuk menghidupkan lampu dengan penghubung kabel sederhana tanpa melibatkan Gerbang logika apapun.

2. Konsep Konduktor dari Suatu Block

Beberapa blok atau balok kubus dalam minecraft dapat di charge oleh arus redstone blok ini akan di juluki Powered Block dikarenakan Block ini dapat menghidupkan sesuatu yang memerlukan arus Redstone, tentu saja *Powered Block* ini tidak

dihasilkan tanpa sumber arus utama, pasti ada suatu sumber utama dalam simpel mekanisme ini contohnya adalah obor redstone.

Ada beberapa Sumber arus utama yang sering digunakan dalam pembuatan sirkuit redstone, yaitu obor redstone, pressure plate, dan balok redstone.

C. Redstone Logic Gates

Seperti Gerbang Logika pada umumnya di minecraft gerbang logika adalah sirkuit yang akan menghasilkan output on atau off berdasarkan input yang diberikan. Gerbang logika ini sangatlah berguna misal dalam minecraft kita ingin membangun sistem *lighting* otomatis yaitu ketika mala hari lampu secara otomatis menyala, diperlukan sebuah komponen bernama *Daylight Sensor* dimana akan menghasilkan True jika ada sinar matahari, yang artinya kita memerlukan gerbang NOT untuk membuat input dari *Daylight Sensor* menjadi True saat malam dan dapat menghidupkan Lampu. Atau ada kasus lain jika ingin membuka suatu pintu secara otomatis dengan *Pressure Plate* yaitu perangkat yang akan mengirimkan True bila ada seseorang menginjaknya, kalau ingin membuka dari dua sisi diperlukan gerbang logika OR yang menghubungkan kedua sisi *Pressure Plate*

Dua gerbang logika sebelumnya adalah gerbang logika sederhana, dalam minecraft kita dapat membuat gerbang logika tersebut sesuai kebutuhan kita. Berikut representasi Gerbang Logika Dalam Minecraft

1. Gerbang NOT



Gambar 4. Gerbang Logika NOT dalam Minecraft

Terlihat bahwa pada gambar sebuah input dari suatu *Lever* diteruskan dan menjadikan blok didepannya menjadi Powered Block yang akan mematikan power source selanjutnya yaitu obor redstone dan akan mematikan lampu. Dalam kalangan pemain dan pendesain mesin redstone sirkuit dasar ini disebut dengan *Inverter*

2. Gerbang OR



Gambar 5. Gerbang Logika OR dalam Minecraft

Ini adalah gerbang logika sekaligus sirkuit paling simpel di Minecraft redstone, terlihat bahwa ada dua input dari *lever* yang akan menyalakan sebuah lampu, bila salah satu *lever* di switch ke ON maka hal ini juga akan menyalakan si lampu, bila dua duanya di Switch ke ON maka lampu akan menyala.

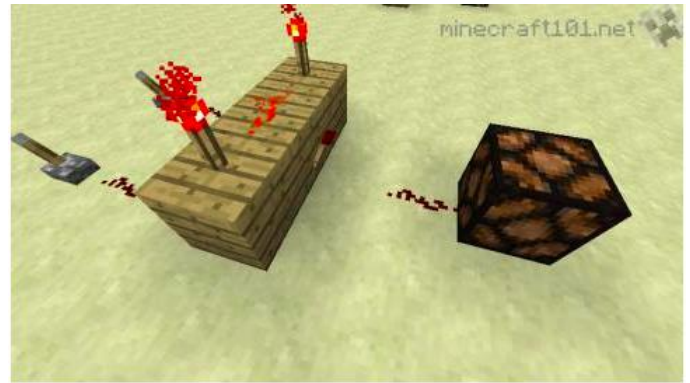
3. Gerbang NOR



Gambar 6. Gerbang Logika NOR dalam Minecraft

Dapat dilihat bahwa ini adalah Gerbang Logika OR yang diberi sebuah inverter atau gerbang NOT, seperti desain dasar gerbang NOR didunia nyata. Jika kedua *lever* tidak dalam keadaan ON maka input akan menghasilkan True atau ON.

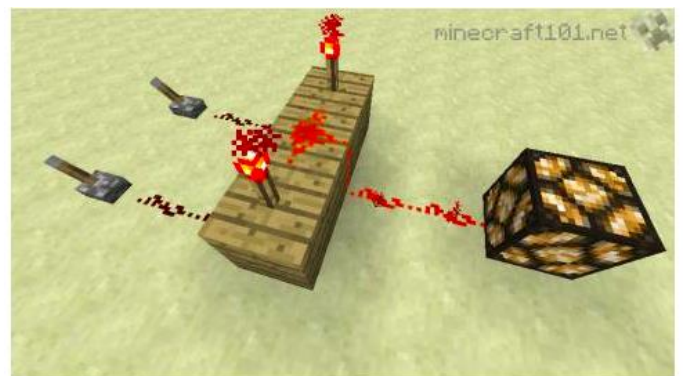
4. Gerbang AND



Gambar 7. Gerbang Logika AND dalam Minecraft

Pada gambar ditunjukkan ada 2 buah input lever yang dalam keadaan OFF, sehingga output akan bernilai False atau OFF juga, pada sirkuit ini jika kedua *lever* dalam keadaan ON maka akan membuat block yang dipasang obor redstone diatas menjadi powered dan akhirnya mematikan sinyal dari obor redstone dan kemudian menghidupkan obor yang ditengah sehingga sinyal ON ke lampu tersampaikan dan menghidupkan lampu tersebut.

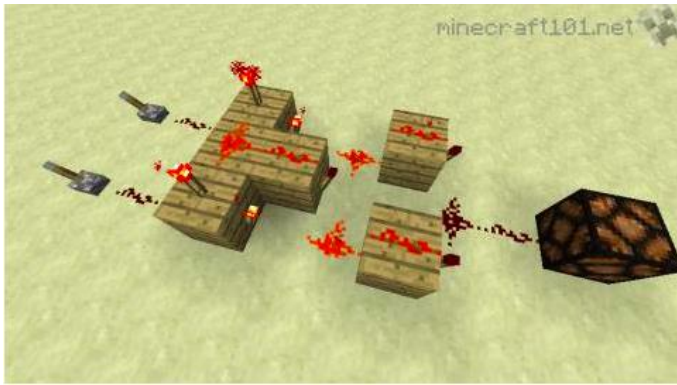
5. Gerbang NAND



Gambar 8. Grebang Logika NAND dalam Minecraft

Tidak Seperti Gerbang NOR yang mempunyai inverter gerbang NAND unik, cara kerjanya adalah, bila kedua *lever* dalam keadaan ON sumber dari *lever* tersebut akan membuat block didepannya menjadi powered kemudian mematikan obor redstone yang dipasang diatas block, ketika kedua *lever* dinyalakan akibatnya kedua obor akan mati dan mengakibatkan kabel yang tersambung ke lampu tidak mempunyai arus sehingga lampu akan mati atau dalam keadaan OFF.

6. Gerbang XOR



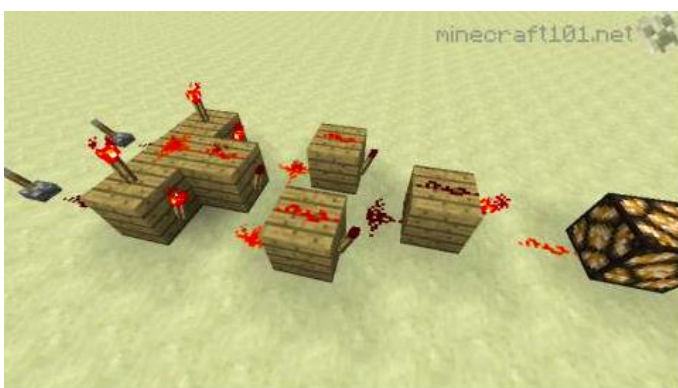
Gambar 9. Gerbang Logika XOR dalam Minecraft

Gerbang Logika ini termasuk yang paling rumit dibandingkan gerbang logika lainnya, cara kerjanya adalah bila kedua *lever* dalam keadaan OFF maka obor obor akan menyala dan mengakibatkan obor ditengah mati dan obor dipinggir-pinggir membuat block didepannya menjadi powered sehingga kedua obor terakhir mati dan mengakibatkan tiadanya arus diakhir

Ketika kedua *lever* di switch ke ON maka kedua obor yang terempel pada block didepannya akan mati sehingga menghidupkan obor ditengah dan membuat kedua block didepannya menjadi powered sehingga kedua obor di akhir akan mati dan mengakibatkan tiadanya arus di akhir.

Ketika salah satu *lever* dinyalakan obor didepannya mati namun obor salahsatunya hidup sehingga block ditengah tetap dalam keadaan mati dan mengakibatkan block di akhir bebas dari powered sehingga obor dakhir menyala dan akan membuat input menjadi True.

7. Gerbang XNOR



Gambar 10. Gerbang Logika XNOR dalam Minecraft

Cara kerja gerbang logika ini kurang lebih sama seperti gerbang logika XOR namun diakhir input diberi suatu Inverter atau gerbang logika NOT.

D. Aplikasi Gerbang Logika dalam pembuatan Jebakan Sederhana



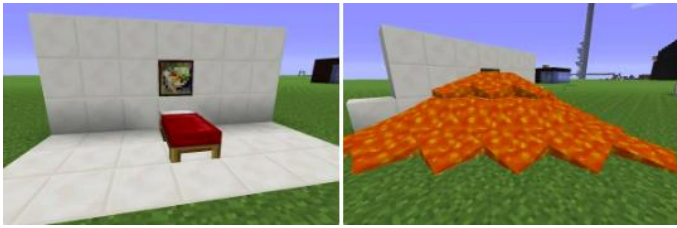
Gambar 11. Pembuatan Jebakan Sederhana

Deskripsi jebakan diatas berfungsi sebagai berikut , bila ada seseorang yang tidur diatas tempat tidur tersebut akan tersiram lahar panas dan akhirnya akan mati,

ada beberapa kompponen *Redstone* yang dibutuhkan dalam pembuatan jebakan ini, yang pertama adalah *Dispenser* yang fungsinya adalah melontarkan sesuatu, disini fungsi *Dispenser* sebagai penyiram lahar panas bila ada seseorang diatas tempat tidur, komponen selanjutnya yaitu block biasa yang bersifat konduktor, obor redstone sebagai power source, dan piston sebagai *BUD* (*Block Update Detector*) *BUD* disini berfungsi sebagai pemeriksa apakah ada orang yang menempati tempat tidur, bila ada *BUD* akan mengirimkan sinyal arus redstone dengan arus yang sangat kecil dan hilang dalam sekejap namun arus ini cukup untuk mentrigger *Dispenser* dalam mengeluarkan lahar panas.

Pertama pasangkan *Piston* dibawah tempat tidur dan menghadap kebawah diikuti dengan block yang dipasang obor redstone didepannya, didepan atas block yang dipasang obor tersebut diletakkan sebuah block yang ketiga sisinya dipasang obor yang otomatis akan mati karena block tersebut menjadi powered dikarenakan obor yang menyala dibawah block tersebut. Didepan atas block tersebut dipasang sebuah block lagi yang ada kabel redstone disana diikuti dengan *repeater* kemudian dipasang sebuah *Dispenser* didepannya sehingga arus yang diakibatkan oleh *BUD* nantinya bisa dirasakan oleh *Dispenser* dan mentrigger *Dispenser* untuk mengeluarkan lahar panas.

Cara kerja jebakan ini awalnya obor paling bawah menyala dan mengakibatkan obor di atas depannya mati sehingga tidak ada arus yang mengarah ke *Dispenser* sirkuit ini menggunakan gerbang Logika NOT atau *Inverter*, misal ada seseorang yang tidur diatas tempat tidur *BUD Piston* akan mengeluarkan arus mini yang akan mentrigger *Dispenser* untuk mengeluarkan lahar panas.



Gambar 12. Kinerja Jebakan Sederhana

IV. KESIMPULAN

Minecraft bukan hanya tempat bermain game yang “receh” game ini bisa dibuat lebih seru dan menantang pemain untuk mengimplementasi ide-ide tentang mesin “gila” yang mungkin dibuat di Minecraft dengan adanya suatu fitur yang disebut *Redstone Mechanics*. Dalam mekanika redstone ini aplikasi gerbang logika dapat diimplementasikan langsung kedalam sirkuit yang akan dibuat sebagai penghantar atau pemanipulasi *input/output*.

Dikarenakan fitur mekanika redstone memungkinkan pemain membangun mekanisme yang super rumit, peran aljabar boolean dalam matematika diskrit diperlukan dalam membangun desain mesin dengan mekanika redstone yang rumit. Metode Peta Karnough akan sangat membantu dalam simplifikasi sirkuit-sirkuit yang ada, yaitu pada bagian Gerbang Logika.

Game Minecraft ini dapat menjadi suatu terobosan dalam mempelajari dan memahami kinerja gerbang logika, dimana dapat membantu visualisasi seseorang untuk memahami dan mempelajari Gerbang Logika.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

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.

REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi, 2006, Matematika Diskrit Edisi Keempat, Bandung : Penerbit Informatika.
- [2] Munir, Rinaldi, Slide Perkuliahan IF2120 Aljabar Boolelan, diakses pada 05 Desember 2019, 20.00 WIB.
- [3] https://minecraft.fandom.com/wiki/Redstone_Circuits, diakses pada 06 Desember 01.00 WIB
- [4] https://minecraft.gamepedia.com/Mechanics/Redstone/Components#Redstone_dust, diakses pada 06 Desember 2019, 04.00 WIB
- [5] <http://www.minecraft101.net/redstone/redstone-logic.html>, diakses pada 06 Desember 2019, 07.00 WIB

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, 6 Desember 2019

Reyvan Rizky Irsandy - 13518136