

# Aritmatika Modulo pada Barcode dan Perkembangannya

Evlyn Dwi Tambun / 13509084  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
13509084@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak**—Barcode atau kode batang adalah suatu data optik berupa garis linier dengan lebar berbeda-beda yang berfungsi untuk pengkodean berbagai barang. Barcode pada suatu barang bekerja layaknya sidik jari pada manusia yaitu memberi informasi unik yang membedakan satu barang dengan barang lainnya.

Awalnya barcode hanya digunakan pada barang-barang di pasar swalayan dengan tujuan untuk mempermudah proses transaksi. Tipe pengkodean yang sering digunakan adalah UPC Code dengan 12 digit desimal. Namun seiring dengan perkembangan zaman, penggunaan barcode semakin meluas dan diperlukan lebih banyak bar untuk menyimpan lebih banyak informasi.

Kemudian dibuatlah suatu sistem barcode dua dimensi yang mampu menampung lebih banyak informasi. Saat ini ada banyak jenis barcode 2D ini. Namun satu yang paling terkenal adalah Quick Response Code atau lebih sering disebut QR Code.

QR Code lebih populer dibandingkan barcode 2D sejenis karena mampu menampung data paling banyak dan dapat dibaca oleh berbagai media elektronik.

**Kata Kunci**—Aritmatika modulo, Barcode, EAN-13 Code, QR Code, UPC Code.

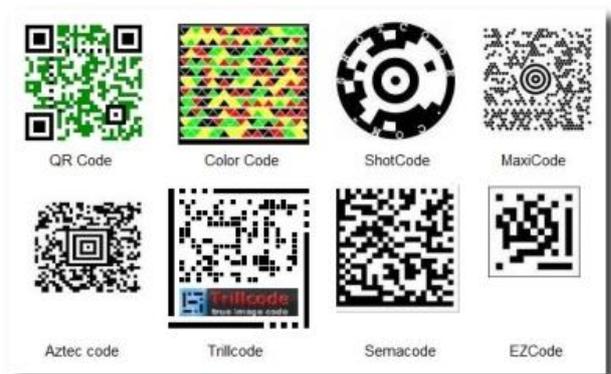
## I. PENDAHULUAN

Kode batang atau kerap disebut barcode merupakan salah satu terapan ilmu aritmatika modulo. Barcode dengan data yang disimpan dalam bar-barnya memberi “identitas” yang unik untuk setiap barang. Untuk memastikan kevalidan sebuah barcode, maka digit terakhir dari kodenya merupakan karakter uji yang ditentukan dengan mengaplikasikan ilmu aritmatika modulo.

Dewasa ini data yang disimpan oleh sebuah barcode dirasa masih kurang sehingga dibuatlah sebuah sistem pengkodean yang mampu menampung lebih banyak data. Kode baru ini dibuat berbentuk dua dimensi atau dapat disebut kode matriks. Jika barcode biasa hanya menampung data secara horizontal, kode matriks dapat

menampung informasi baik secara horizontal maupun secara vertikal sehingga dapat menampung informasi yang lebih banyak.

Ada banyak kode 2D yang telah dibuat seperti QR code, color code, shot code, maxi code, Aztec code, trill code, sema code, dan EZ code. Namun kode 2D tidak dapat dibaca dengan laser seperti layaknya barcode biasa sehingga digunakan teknologi kamera untuk memindai seluruh kode.



Gambar 1. Berbagai kode 2D

Dari semua kode 2D yang ada, QR code adalah yang paling populer. Denso Wave menciptakan QR code yang merupakan singkatan dari *Quick Response code* pada tahun 1994. Awalnya QR code digunakan di Jepang namun sekarang sudah menyebar ke seluruh dunia hingga Amerika dan Eropa.

## II. KODE BATANG / KODE 1 DIMENSI

### A. Sejarah

Pada tanggal 26 Juni 1974 pertama kali dilakukan transaksi dengan produk ber-barcode yaitu sebuah permen karet. Tipe barcode yang digunakan saat itu adalah *Universal Product Code*.

Sistem pengkodean produk otomatis ini pertama kali dipatenkan oleh Bernard Silver dan Norman Woodland yang merupakan lulusan Drexel Institute of Technology. Sistem yang mereka buat menggunakan tinta yang dapat

memantulkan sinar ultraviolet namun tidak populer karena biayanya yang mahal dan tintanya kurang stabil.

*Barcode* yang umum digunakan saat ini adalah yang dikembangkan oleh IBM pada tahun 1973 dan menggunakan pemindai buatan NCR.

Awalnya *barcode* diciptakan untuk mengotomatiskan sistem pemeriksaan produk dan harganya di supermarket. Namun kini penggunaan *barcode* telah meluas dan disebut Auto ID Data Capture.

Ada berbagai macam *barcode* untuk berbagai kegunaan. Berdasarkan kegunaannya, *barcode* dapat dibagi menjadi beberapa kategori yaitu:

1. Untuk keperluan retail, misal di supermarket, digunakan tipe UPC.
2. Untuk keperluan packaging dan pengiriman barang digunakan tipe ITF.
3. Untuk keperluan penerbitan, misal untuk penerbitan buku, digunakan ISBN.
4. Untuk keperluan farmasi dan identifikasi produk obat-obatan digunakan jenis HIBC.
5. Untuk keperluan non-retail digunakan tipe Code 39.

Pada makalah ini yang akan dibahas lebih mendalam adalah UPC (*Universal Product Code*) dan EAN (*European Article Number*).

### B. Universal Product Code

Dalam UPC digunakan 12 digit desimal dengan pattern SLLLLLLMRRRRRE. Tiga bagian yang selalu sama adalah S untuk *start* dan E untuk *end* yang memiliki pattern tetap yaitu 101, serta M untuk *middle* dengan pattern 01010.



Gambar 2. Contoh *barcode* UPC 12 digit

Selain ketiga bagian diatas, digit pertama pada bagian kiri (*Left*) adalah nomor sistem yang merupakan kode negara, lima digit setelahnya adalah nomor identifikasi perusahaan / pabrik, sedangkan lima digit (*Right*) setelahnya adalah nomor item. Adalah tugas sebuah perusahaan / pabrik untuk memastikan nomor item setiap produknya unik.

Digit terakhir pada UPC adalah karakter uji. Digit ini digunakan untuk membantu pemindai menentukan apakah kode yang dipindai benar atau tidak. Ada kemungkinan *barcode* yang dipindai rusak atau tidak terbaca dengan baik karena *barcode* basah dan berbagai kemungkinan lain. Karena itulah karakter uji ini diperlukan.

Ada beberapa langkah untuk menentukan karakter uji dari suatu kode. Misalkan kita punya kode 63782001836X, maka untuk menentukan karakter ujinya perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Jumlahkan semua digit ganjil (1,3,5,7,9, dan 11).  
 $6 + 7 + 2 + 0 + 8 + 6 = 29$
2. Kalikan hasil (1) dengan 3.  
 $29 * 3 = 87$
3. Jumlahkan semua digit genap (2, 4, 6, 8, dan 10).  
 $3 + 8 + 0 + 1 + 3 = 15$
4. Jumlahkan hasil (2) dan (3).  
 $87 + 15 = 102$
5. Hitung hasil (4) modulo 10.  
 $102 \bmod 10 = 2$
6. Jika hasil (5) tidak 0, maka kurangi hasil dengan 10.  
 $10 - 2 = 8$

Maka karakter uji (X) pada kode yang telah kita pilih adalah 8. Pada tahap (5) diterapkan ilmu aritmatika modulo untuk menentukan karakter uji.

Setiap kali pemindai *barcode* memindai sebuah produk, maka pemindai akan melakukan perhitungan ini untuk mengecek apakah kode yang dipindai benar atau tidak. Jika karakter uji yang terpindai tidak sesuai dengan hasil perhitungan maka mesin akan meminta pemindaian ulang.

UPC hanya dapat menyimpan data numerik 0-9. Berikut adalah table pattern untuk angka 0-9 pada bagian kiri (*left*) dan kanan (*right*). Kode 1 melambangkan garis hitam dan 0 melambangkan spasi:

Tabel 1. *Binary code* untuk angka 0-9 pada *barcode*

| Digit | Kiri    | Kanan   |
|-------|---------|---------|
| 0     | 0001101 | 1110010 |
| 1     | 0011001 | 1100110 |
| 2     | 0010011 | 1101100 |
| 3     | 0111101 | 1000010 |
| 4     | 0100011 | 1011100 |
| 5     | 0110001 | 1001110 |
| 6     | 0101111 | 1010000 |
| 7     | 0111011 | 1000100 |
| 8     | 0110111 | 1001000 |
| 9     | 0001011 | 1110100 |

Pembedaan kode untuk bagian kiri (*left*) dan kanan (*right*) bertujuan agar *barcode* dapat dipindai dari kiri ke kanan dan sebaliknya. Jika kita perhatikan angka “2” untuk bagian kiri memiliki kode “0010011” sedangkan untuk bagian kanannya adalah “1101100” yang merupakan invers dari kode sebelah kirinya.

### C. European Article Number

EAN yang merupakan singkatan dari *European Article Number* adalah hasil pengembangan dari UPC yang dilakukan oleh *International Article Numbering*

Association di Eropa. EAN dibuat karena UPC dianggap tidak dibuat untuk penggunaan secara global / internasional.

Saat ini yang digunakan adalah EAN-13 yang merupakan adaptasi dari UPC-12 digit. Karena banyaknya jumlah produk yang ada maka dirasa perlu menambah satu digit pada sistem yang sudah ada.



Gambar 3. Contoh barcode EAN-13

Jika pada UPC nomor sistem dilambangkan oleh satu digit terdepan dengan range 0-9, maka pada EAN-13 nomor sistem dilambangkan oleh dua digit terdepan sehingga *range*-nya membesar dari 00-99 yang merupakan kode negara.

Jadi pada code EAN-13 pengkodean dibagi menjadi empat bagian yaitu:

1. Nomor Sistem  
Dua digit pertama digunakan untuk mengidentifikasi negara atau region ekonomi. Misal untuk USA dan Kanada digunakan kode 00-13, 45 dan 49 untuk Jepang, 40-44 untuk Jerman, dan 89(9) untuk Indonesia.
2. Kode Pabrik  
Lima digit setelah nomor sistem digunakan untuk pengkodean pabrik produsen produk tersebut.
3. Kode Produk  
Lima digit setelah kode pabrik digunakan untuk pengkodean produk tersebut. Hal ini berarti suatu pabrik dapat memproduksi hingga 99.999 jenis produk.
4. Karakter Uji  
Digit terakhir dari kode digunakan sebagai karakter uji. Sama seperti pada UPC, karakter uji berfungsi untuk mengecek apakah kode yang dipindai sudah benar atau tidak. Hal ini berguna untuk mengatasi kemungkinan *barcode* rusak, salah print, atau tidak terbaca dengan baik karena basah dan sebagainya.

Berikut adalah langkah-langkah pengecekan karakter uji pada kode EAN-13, dengan contoh kode 063591000924X:

1. Anggap digit paling kanan dari kode (sebelum X) adalah digit ganjil (*Odd*) sehingga digit sebelumnya adalah digit genap (*Even*) dan begitu seterusnya.

Tabel 2. Posisi Digit Barcode pada EAN-13

|      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Code | 0 | 6 | 3 | 5 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 2 | 4 |
| E/O  | E | O | E | O | E | O | E | O | E | O | E | O |

2. Jumlahkan semua digit ganjil dan kalikan dengan 3.  
 $3 * (6 + 5 + 1 + 0 + 9 + 4) = 75$
3. Jumlahkan semua digit genap.  
 $0 + 3 + 9 + 0 + 0 + 2 = 14$
4. Jumlahkan hasil (2) dan (3).  
 $75 + 14 = 89$
5. Hitung hasil (4) modulo 10.  
 $89 \text{ mod } 10 = 9$
6. Jika hasil (5) tidak sama dengan "0", maka kurangi hasil dengan 10.  
 $10 - 9 = 1$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapat hasil karakter uji dari kode 063591000924X adalah 1.

*Barcode* EAN-13 memiliki struktur kode sebagai berikut:

1. Bagian ter kiri atau disebut "Start" selalu diberi kode "101".
2. Digit kedua pada nomor sistem diberi kode sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
3. Lima digit setelahnya (kode pabrik) atau disebut "left-hand character" diberi kode sesuai ketentuan yang berlaku.
4. Bagian tengah atau "Middle" selalu diberi kode "01010".
5. Lima digit setelahnya (kode produk) atau disebut "right-hand character" diberi kode sesuai ketentuan berlaku.
6. Bagian ter kanan atau disebut "End" selalu diberi kode "101".

Berikut adalah table untuk membantu pengkodean numerik 0-9 untuk EAN-13:

Tabel 3. Set Pengkodean Karakter EAN

| Digit | Left-Hand Encoding |             | Right-Hand Encoding |
|-------|--------------------|-------------|---------------------|
|       | Odd Parity         | Even Parity | All Characters      |
| 0     | 0001101            | 0100111     | 1110010             |
| 1     | 0011001            | 0110011     | 1100110             |
| 2     | 0010011            | 0011011     | 1101100             |
| 3     | 0111101            | 0100001     | 1000010             |
| 4     | 0100011            | 0011101     | 1011100             |
| 5     | 0110001            | 0111001     | 1001110             |
| 6     | 0101111            | 0000101     | 1010000             |
| 7     | 0111011            | 0010001     | 1000100             |
| 8     | 0110111            | 0001001     | 1001000             |
| 9     | 0001011            | 0010111     | 1110100             |

Kode "right-hand" didapat dengan mengganti "0" pada "left-hand odd" menjadi "1" dan "1" menjadi "0". Kode "left-hand even" didapat dengan membalik urutan kode "right-hand". Penentuan "odd" atau "even" suatu digit sama dengan ketika kita akan menentukan karakter uji *barcode*.

Sebagai contoh jika kita memiliki kode 7501031311309, maka pattern yang kita dapatkan adalah sebagai berikut:

1. Start : **101**
2. 5 [left-odd] : **0110001**
3. 0 [left-even] : **0100111**
4. 1 [left-odd] : **0011001**
5. 0 [left-even] : **0100111**
6. 3 [left-odd] : **0111101**
7. 1 [left-even] : **0110011**
8. Middle : **01010**
9. 3 [right] : **1000010**
10. 1 [right] : **1100110**
11. 1 [right] : **1100110**
12. 3 [right] : **1000010**
13. 0 [right] : **1110010**
14. 9 [right] : **1110100**
15. End : **101**

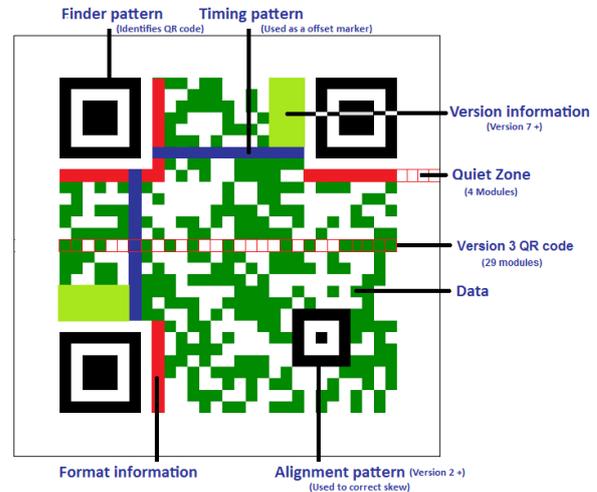


Gambar 4. Barcode EAN-13 dengan kode 7501031311309

Corporation Jepang yaitu Denso-Wave pada tahun 1994. QR sendiri berarti *quick response* karena QR code dapat membaca data yang ada dalam kode dengan cepat.

QR code ini berbentuk segiempat dengan ukuran sekitar 1.5 cm namun dapat menyimpan data hingga 7.089 digit numerik dan 4.296 karakter huruf. Elemen terkecil (satu kotak hitam atau putih) pada QR code disebut “modul”.

Sebuah QR code terdiri dari kombinasi modul hitam dan putih, pola deteksi posisi dan waktu, format informasi yang mengandung koreksi kesalahan tingkat dan nomor masker, data area, dan kode kesalahan koreksi (Reed-Solomon code).



Gambar 5. QR Code

### III. KODE MATRIKS / 2 DIMENSI

#### A. Sejarah

Perkembangan zaman menuntut *barcode* untuk mampu menyimpan data yang lebih banyak dan bukan hanya data numerik. Misal sebuah produk makanan mempunyai *barcode* yang tidak hanya menyimpan identitas dan harga tapi juga kandungan gizi dan berbagai macam informasi lainnya.

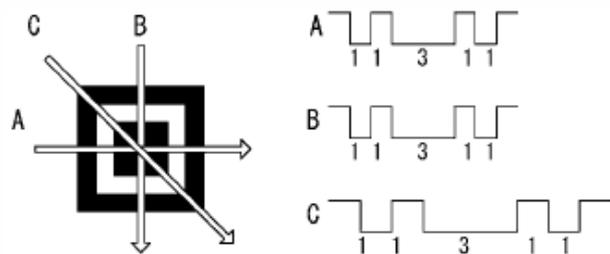
Ditemukannya sistem pengkodean matriks atau dua dimensi ini sangat berguna karena memiliki kapasitas yang jauh lebih besar dibanding kode batang biasa. Hal ini memungkinkan kode menyimpan berbagai jenis data seperti numerik, alfabet, bahkan kanji.

Dalam perkembangannya ada banyak jenis kode 2D yang dibuat misal QR code, color code, EZcode, Aztec code, bullseye, maxicode, 3-DI, shot code, dan semacode.

Pada makalah ini yang akan dibahas lebih lanjut adalah QR Code (*Quick Response Code*).

#### B. Quick Response Code

QR Code adalah sebuah kode matriks yang dikembangkan oleh salah satu divisi dari Toyota



Gambar 6. Position Decision Patterns

Fitur-fitur yang dimiliki oleh QR code adalah:

1. *High-speed reading.*
2. *High capacity and density.*
3. *Error correcting.*
4. *Structured append.*

Tidak seperti *barcode* satu dimensi yang hanya mampu menyimpan data numerik, QR code mampu menyimpan berbagai jenis data yaitu dengan jumlah yang cukup besar, seperti berikut:

1. Numerik  
Berupa angka dari 0-9. QR code mampu menampung 7089 karakter numerik.
2. Alphanumerik

Berupa angka 0-9, A-Z, dan karakter lain seperti #,%^&\*. QR code mampu menampung 4296 karakter alphanumeric.

3. 8bit byte data  
QR code mampu menampung 2953 karakter.
4. Kanji  
QR code mampu menampung 1817 karakter kanji.

Salah satu kelebihan QR code adalah ia memiliki fasilitas error-correcting code (Reed-Solomon code). Kode ini diterapkan pada QR code untuk mengembalikan data yang hilang. Tingkat restorasi yang dilakukan bervariasi tergantung pada tingkat kesalahan/kerusakan yang terjadi.

**Tabel 4. QR code error-correcting level**

| Error Correcting Level | Damaged Area To Entire Code Size |
|------------------------|----------------------------------|
| L                      | 7%                               |
| M                      | 15%                              |
| Q                      | 25%                              |
| H                      | 30%                              |

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari makalah ini adalah sistem kode batang atau *barcode* telah memudahkan kita untuk memberi "identitas" pada suatu produk dan menyimpan informasi mengenai produk tersebut.

"Identitas" yang kita berikan berupa sederet angka. Hal ini tidak dapat dilakukan secara sembarangan sehingga untuk menguji kevalidan suatu *barcode* ditambahkan satu digit angka yang digunakan sebagai karakter uji kode tersebut. Dalam menentukan karakter uji ini digunakan ilmu aritmatika modulo.

Pada awalnya *barcode* yang digunakan untuk produk-produk adalah UPC dengan 12 digit. Namun karena terjadi peningkatan produksi dan banyaknya jenis produk yang beredar saat ini, maka digunakanlah sistem *barcode* EAN dengan 13 digit.

Dengan perkembangan teknologi yang pesat, kini ditemukan sistem *barcode* dua dimensi, salah satunya yaitu QR code. Kelebihan dari QR code adalah ia memiliki kapasitas yang jauh lebih besar daripada *barcode* biasa dan mampu menyimpan berbagai jenis data seperti numerik, alphabet, simbol, kanji, dan kode biner. Selain itu QR code juga memiliki ukuran yang lebih kecil dibanding *barcode* biasa.

QR code dilengkapi fitur error correcting yang dapat memperbaiki kerusakan data hingga 30%. Walaupun tidak dapat dibaca dengan pemindai biasa, QR code dapat dibaca dari berbagai sudut sepanjang 360 derajat.

Penggunaan QR code sendiri sudah sangat luas mulai dari penyimpanan alamat dan URL, keperluan komersial,

dan kepentingan umum mulai dari kandungan nutrisi makanan hingga jadwal bus.

#### REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi, "Matematika Diskrit", edisi ketiga, Bandung, Penerbit Informatika, 2005, 191-218
- [2] Wikipedia (2010) Kode Batang. [http://id.wikipedia.org/wiki/Kode\\_batang](http://id.wikipedia.org/wiki/Kode_batang). Tanggal akses: 13 Desember 2010.
- [3] Wikipedia (2010) Kode QR. [http://id.wikipedia.org/wiki/Kode\\_QR](http://id.wikipedia.org/wiki/Kode_QR). Tanggal akses: 15 Desember 2010.
- [4] Wikipedia (2010) Universal Product Code. [http://en.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Product\\_Code.htm](http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Product_Code.htm). Tanggal akses: 15 Desember 2010.
- [5] How Stuff Works? (How UPC Bar Codes Work) <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/upc.htm>. Tanggal akses: 14 Desember 2010.
- [6] Barcode Island (2006) EAN-13 Background Information. <http://www.barcodeisland.com/ean13.phtml>. Tanggal akses: 15 Desember 2010
- [7] QR Code – Tracking Service, News, Videos, Forum, Focus groups and more. <http://www.qrme.co.uk/qr-code-resources/understanding-a-qr-code.html>. Tanggal akses: 15 Desember 2010.
- [8] 2D Code (2010). <http://broncu.blogspot.com>. Tanggal akses: 15 Desember 2010.

#### 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, 16 Desember 2010

Evlyn Dwi Tambun  
13509084