

# Metode Monte Carlo

Nadinastiti—NIM 18209026

Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

nadinastiti@gmail.com

**Abstrak**—Untuk menerapkan ilmu probabilitas dan statistik dalam suatu populasi, dibutuhkan sampel. Semakin banyak sampel yang digunakan, hasilnya akan semakin mendekati. Namun sampel yang digunakan pun tidak bisa sembarangan. Sampel yang digunakan haruslah berupa sampel acak. Hal ini berarti sampel dipilih secara acak sehingga hasil akan makin mendekati kebenaran. Untuk menghasilkan sampel acak dalam jumlah besar pun butuh suatu cara. Dari sampel-sampel tersebut pun dapat diterapkan metode Monte Carlo.

**Kata kunci**—algoritma, probabilitas, Monte Carlo, random number generator, sampel acak, statistik.

## I. PENDAHULUAN

Saat ini makin banyak bidang di kehidupan di mana hasil yang tidak terduga (*unpredictable*) dibutuhkan. Misalnya pengambilan sampel statistik, simulasi komputer, sistem keamanan, dan kriptografi. Dalam bidang-bidang tersebut, *random number generator* (penghasil angka acak, biasa disingkat *RNG*) bisa diaplikasikan.

Dalam ilmu komputer, *RNG* memiliki peranan penting dan merupakan sesuatu yang umum karena bisa diaplikasikan dalam berbagai aspek.

Hal ini bisa dilihat dalam bidang kriptografi yang membutuhkan ketidakteraturan (*randomness*) tingkat tinggi. Semakin tinggi tingkat ketidakteraturan berarti semakin susah pula ditebak polanya. Lain halnya dengan pengaplikasian ketidakteraturan di permainan komputer, misalnya untuk menentukan langkah mana yang akan diambil oleh komputer. Hal tersebut tidak terlalu membutuhkan ketidakteraturan tingkat tinggi.

Salah satu kegunaan *RNG* adalah dalam metode Metode Carlo. Metode Monte Carlo sendiri adalah metode yang digunakan untuk menghitung atau memperkirakan nilai atau solusi menggunakan angka acak, probabilitas, dan statistik.

Salah satu aplikasi dari metode ini misalnya program untuk memperkirakan sebuah nilai, misalnya  $\pi$ . Hal yang dibutuhkan antara lain kemampuan untuk menghasilkan angka acak dan mengaplikasikannya ke kemungkinan statistik. Hal ini akan dijelaskan dalam bagian selanjutnya.

Kita bisa menemukan pengaplikasian Metode Monte Carlo di banyak bidang mulai dari bidang ekonomi

hingga ilmu nuklir. Bahkan bidang kimia pun menggunakan metode ini. Tapi pada dasarnya, eksperimen dengan menggunakan metode Monte Carlo berarti menggunakan angka acak untuk memeriksa permasalahan yang akan dipecahkan.

Metode Monte Carlo berhubungan dengan bidang probabilitas dan statistika karena pengaplikasian metode ini membutuhkan sampel acak. Selain itu metode Monte Carlo yang memang dapat diaplikasikan ke berbagai bidang juga dapat diterapkan di bidang teknologi informasi.

## II. PENGHASIL ANGKA ACAK (*RANDOM NUMBER GENERATOR*)

### A. Penjelasan Singkat Mengenai Ketidakteraturan (*Randomness*)

Ada beberapa mekanisme yang dianggap merupakan asal muasal terjadinya ketidakteraturan di sistem kehidupan. Mekanisme tersebut adalah:

1. Ketidakteraturan yang muncul dari lingkungan. Misalnya gerak Brown.
2. Ketidakteraturan yang muncul dari kondisi awal. Bahkan ada sebuah bidang ilmu yaitu Teori Chaos yang mempelajari hal ini. Ketidakteraturan ini mudah berubah sesuai dengan kondisi awal. Contohnya adalah dadu.
3. Ketidakteraturan yang dihasilkan oleh sistem. Biasa disebut juga *pseudorandomness* (*pseudo* adalah kata dalam bahasa Yunani yang berarti *palsu*). Sudah banyak algoritma untuk menghasilkan angka-angka yang *pseudorandom*. Sifat dari ketidakteraturan ini bisa diketahui dari algoritma yang digunakan.

Sejak zaman kuno, tanpa disadari manusia selalu mengembangkan cara-cara untuk menghasilkan data yang acak. Hingga sekarang pun alat-alat untuk menghasilkan data acak tersebut masih dapat kita lihat bahkan digunakan.

Alat-alat dan metode tersebut antara lain pelemparan koin, dadu, pengacakan kartu permainan (*shuffling*), dan masih banyak yang lain.

Namun alat-alat tersebut tidak memungkinkan untuk menghasilkan angka atau data acak yang banyak karena membutuhkan waktu yang lama. Padahal data yang acak sangatlah penting dalam ilmu statistik. Alat untuk menghasilkan angka dan data acak pun semakin

berkembang. *Random number generator* pun dikembangkan.

### B. *Random Number Generator*

Pengembangan *random number generator* ini cukup pesat. Contohnya, dewasa ini sudah jarang digunakan metode tradisional untuk menghasilkan angka acak dalam permainan lotere karena semakin sering digunakannya *random number generator*.

Sebuah *random number generator* (biasa disingkat *RNG*) merupakan sebuah generator yang bisa berupa perangkat lunak atau keras yang dibuat untuk menghasilkan sejumlah angka dalam deretan yang tidak memiliki pola. Dengan kata lain *RNG* menghasilkan sejumlah angka yang acak.

Penghasil angka acak berupa perangkat keras yang sudah ada sejak dahulu dan masih digunakan hingga sekarang antara lain dadu dan lempar koin. Alat-alat tersebut digunakan untuk permainan maupun perjudian namun masih terlalu lambat untuk digunakan dalam bidang kriptografi dan statistik.

Namun manusia sebagai makhluk berakal memang tidak pernah kehabisan akal. Penghasil angka acak pun dikembangkan berdasarkan kejadian-kejadian acak yang memang selalu terjadi di bumi.

Kejadian-kejadian acak tersebut misalnya fenomena atomik dan subatomik yang hanya bisa diketahui dari hukum fisika kuantum. Namun sumber utama dari kejadian-kejadian acak adalah entropi. Seperti situs *Random.org* yang menggunakan variasi amplitudo dari bunyi udara di atmosfer yang direkam oleh radio biasa. Contoh lainnya adalah perangkat lunak sistem keamanan yang membutuhkan masukan berupa gerakan dari pengguna yaitu pergerakan tetikus maupun papan ketik yang akan menghasilkan entropi yang cukup untuk menginisialisasi *pseudorandom numbers generators*.

*Pseudo-random numbers generators* (PRNGs) sendiri adalah algoritma untuk menghasilkan sederet angka yang acak.

Salah satu cara untuk menghasilkan angka acak antara lain menggunakan fungsi padat peluang. Metode pertama adalah metode pembalikan. Metode ini mengintegrasikan sebuah area di fungsi tersebut dengan besar lebih besar atau sama dengan angka acak yang telah dihasilkan (berkisar antar 0 hingga 1). Metode kedua adalah metode terima-tolak di mana pertama-tama kita memilih dua buah nilai  $x$  dan  $y$  kemudian diuji apakah nilai fungsi dari  $x$  lebih besar dari  $y$ . Apabila iya, nilai  $x$  diterima. Bila tidak, nilai  $x$  ditolak dan algoritma diulangi.

Beberapa perhitungan yang menggunakan *RNG* bisa diringkas sebagai perhitungan dari nilai total atau nilai rata-rata seperti perhitungan integral menggunakan metode Monte Carlo. Namun apakah metode Monte Carlo tersebut?

## III. METODE MONTE CARLO

### A. *Sejarah Metode Monte Carlo*

Ide pertama dicetuskan Enrico Fermi di tahun 1930an. Pada saat itu para fisikawan di Laboratorium Sains Los Alamos sedang memeriksa perlindungan radiasi dan jarak yang akan neutron tempuh melalui beberapa macam material. Namun data yang didapatkan tidak dapat membantu untuk memecahkan masalah yang ingin mereka selesaikan karena ternyata masalah tersebut tidak bisa diselesaikan dengan penghitungan analitis.

Lalu John von Neumann dan Stanislaw Ulam memberikan ide untuk memecahkan masalah dengan memodelkan eksperimen di komputer. Metode tersebut dilakukan secara untung-untungan. Takut hasil karyanya dicontek orang, metode tersebut diberi kode nama "Monte Carlo"

Nama "Monte Carlo" kemudian akhirnya menjadi populer oleh Enrico Fermi, Stanislaw Ulam, dan rekan-rekan mereka sesama peneliti fisika. Nama "Monte Carlo" merujuk kepada sebuah kasino terkenal di Monako. Di sanalah paman dari Stanislaw Ulam sering meminjam uang untuk berjudi. Kegunaan dari ketidakteraturan dan proses yang berulang memiliki kesamaan dengan aktivitas di kasino.

Hal yang berbeda dari simulasi Monte Carlo adalah ia "membalikkan" bentuk simulasi yang umum. Metode ini akan mencari kemungkinan terlebih dahulu sebelum memahami permasalahan yang ada. Sementara umumnya menggunakan simulasi untuk menguji masalah yang sebelumnya telah dipahami. Walaupun pendekatan terbalik ini sudah ada sejak lama, namun baru setelah metode Monte Carlo populer pendekatan ini "diakui".

Penggunaan metode paling awal diketahui digunakan oleh Enrico Fermi di tahun 1930. Pada waktu itu beliau menggunakan metode acak untuk menghitung sifat dari neutron yang baru ditemukan. Baru setelah komputer pertama diperkenalkan sekitar tahun 1945 metode Monte Carlo mulai dipelajari lebih lanjut. Metode ini telah digunakan di bidang fisika, kimia fisika, dan lain-lain. Rand Corporation dan U.S. Air Force merupakan sponsor utama dalam pengembangan metode Monte Carlo pada waktu itu dan metode ini semakin berkembang di berbagai bidang.

Penggunaan metode Monte Carlo membutuhkan sejumlah besar angka acak sehingga seiring dengan berkembangnya metode ini, berkembang pula *pseudorandom number generator* yang ternyata lebih efektif digunakan daripada tabel angka acak yang terlah sebelumnya sering digunakan untuk pengambilan sampel statistik.

### B. *Penerapan Metode*

Metode Monte Carlo memiliki banyak penerapan di berbagai bidang. Penerapan metode Monte Carlo antara lain dalam bidang:

1. Grafis.  
Digunakan untuk penjejak sinar.
2. Biologi.

Mempelajari jaringan biologi.

3. Keuangan

Dalam bidang ini, Monte Carlo digunakan untuk menilai dan menganalisis model-model finansial.

4. Fisika.

Cabang-cabang fisika yang menggunakan antara lain fisika statistik dan partikel. Dalam fisika partikel, digunakan untuk eksperimen. Dalam ilmu nuklir metode ini juga banyak diterapkan

5. Ilmu probabilitas dan statistik.

Digunakan untuk mensimulasikan dan memahami efek keberagaman.

6. Ilmu komputer.

Misalnya Algoritma Las Vegas dan berbagai permainan komputer.

7. Kimia.

Digunakan untuk simulasi yang melibatkan kluster-kluster atomik.

8. Ilmu lingkungan.

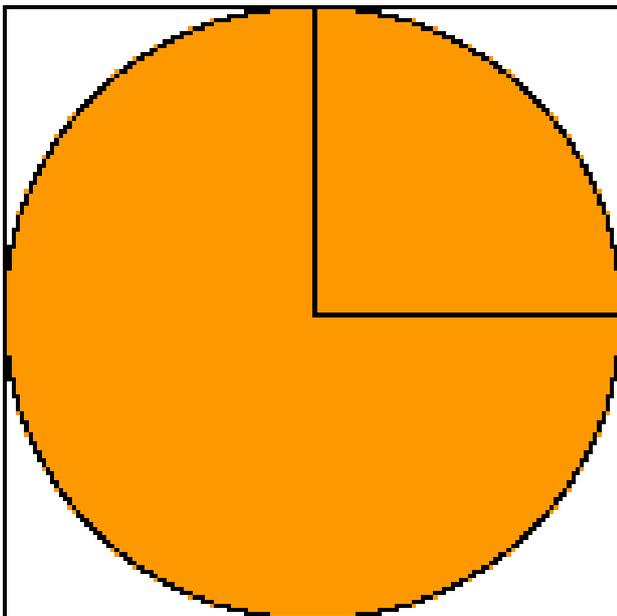
Metode ini digunakan untuk memahami perilaku kontaminan.

Masih banyak lagi penerapan metode Monte Carlo di berbagai bidang. Di makalah ini mari kita bahas satu persatu.

*C. Penerapan Metode untuk Menghitung  $\pi$*

Seperti yang telah disebutkan di atas, metode Monte Carlo dapat diaplikasikan untuk menghitung  $\pi$ . Penghitungan  $\pi$  dengan menerapkan metode Monte Carlo adalah sebagai berikut.

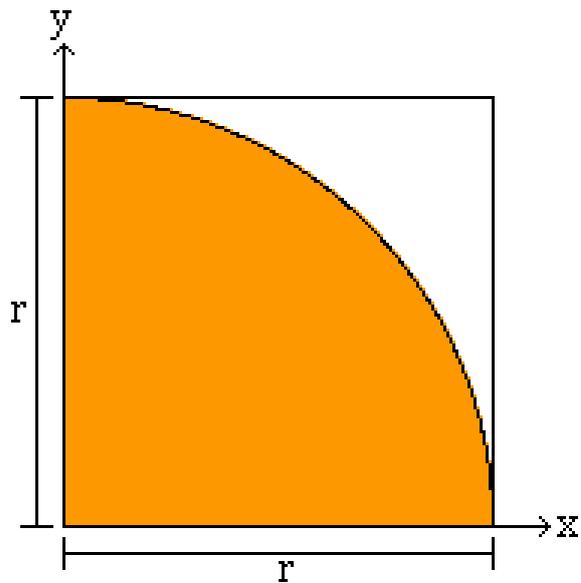
Langkah pertama, buatlah sebuah persegi dengan panjang sisi  $2r$ . Lalu gambarlah sebuah lingkaran di dalam persegi tersebut dengan jari-jari lingkaran sepanjang  $r$ . Gambar dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1

ditinjau hanyalah satu kuadran dari sebuah lingkaran saja. Ilustrasinya adalah seperti gambar di bawah ini. Untuk mempermudah, bagian lingkaran kita warnai jingga sementara sisanya kita biarkan putih.

Gambar 2



Kemudian kita bisa membayangkan menaburkan beras di atas gambar tersebut. Kita bisa menyebut kejadian tersebut sebagai kejadian dengan sampel acak. Karena acak itulah, kita bisa memperkirakan perbandingan jumlah butir beras yang jatuh di daerah berwarna jingga dengan yang jatuh di daerah putih.

Bila kita mendefinisikan  $x$  sebagai variabel acak dari kejadian butiran beras jatuh di daerah jingga (lingkaran) dan  $y$  sebagai variabel acak dari kejadian butiran beras jatuh di daerah persegi (keseluruhan), sementara  $P(x)$  dan  $P(y)$  adalah kemungkinan terjadinya kejadian tersebut, maka dapat disimpulkan hal-hal seperti di bawah ini.

$$\frac{P(x)}{P(y)} = \frac{\frac{1}{4} \pi r^2}{r^2} = \frac{1}{4} \pi$$

Gambar 3

Untuk mempermudah perhitungan, bagian yang akan

$$\pi = 4 \frac{P(x)}{P(y)}$$

Gambar 4

Misalnya radius dari lingkaran adalah 1 satuan panjang. Untuk setiap butiran beras yang jatuh kita bisa mendapatkan 2 angka acak. Angka-angka tersebut adalah angka  $a$  dan  $b$  yang merupakan kordinat dari tempat jatuhnya butiran beras. Kemudian kita bisa menghitung jarak dari titik asal (0,0) dan mengambil kesimpulan. Hasil jarak yang kurang dari 1 berarti butiran beras jatuh di dalam daerah jingga.

Bila kita telah mendapatkan nilai  $P(x)$  dan  $P(y)$ , sesungguhnya kita bisa langsung menghitung  $\pi$  namun angka yang dihasilkan tidak akan memuaskan.

Namun untuk mendapatkan hasil  $\pi$  yang memuaskan ternyata dibutuhkan butiran beras dalam jumlah besar. Untuk mempermudah, kita bisa membuat komputer menghasilkan angka-angka acak.

Bila kita melakukannya berjuta-juta kali, kita akan mendapatkan  $P(x)$  dan  $P(y)$  yang merupakan jumlah terjadinya kejadian  $x/y$  dibagi jumlah percobaan yang dilakukan. Setelah mendapatkan  $P(x)$  dan  $P(y)$  (atau cukup jumlah kejadian  $x$  dan  $y$ ), kita dapat menghitung besar  $\pi$  dengan hasil yang memuaskan.

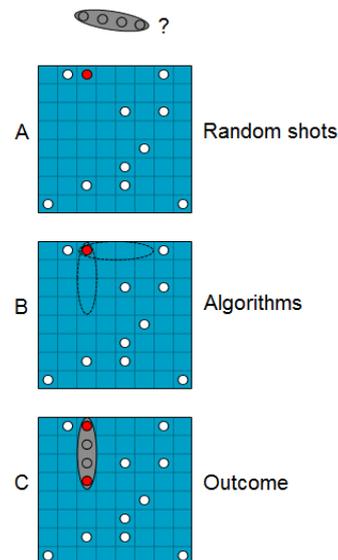
Bila kita melakukannya berjuta-juta kali, kita akan mendapatkan  $P(x)$  dan  $P(y)$  yang merupakan jumlah terjadinya kejadian  $x/y$  dibagi jumlah percobaan yang dilakukan. Setelah mendapatkan  $P(x)$  dan  $P(y)$  (atau cukup jumlah kejadian  $x$  dan  $y$ ), kita dapat menghitung besar  $\pi$  dengan hasil yang memuaskan. Metode ini termasuk kepada metode pembalikan seperti telah disebutkan sebelumnya.

#### D. Penerapan Metode Monte Carlo di Bidang Permainan Komputer

Penerapan metode ini juga terdapat pada banyak permainan komputer. Antara lain permainan Go (semacam catur dari Jepang) dan battleship.

Penerapan yang akan dibahas adalah dalam permainan *battleship*. Metode seperti ini juga ada di permainan bawaan Windows yaitu Minesweeper.

Di bawah ini adalah gambar dari permainan tersebut.



Gambar 5

Tujuan dari permainan ini adalah menebak di mana lokasi kapal lawan. Pada keadaan awal, lokasi kapal sama sekali tidak diketahui. Pemain pun menebak-nebak secara acak. Ketika akhirnya salah satu tebakan mengenai kapal, maka akan muncul warna merah sebagai tanda. Karena kita mengetahui bahwa kapal sebesar empat satuan panjang, maka hanya ada dua kemungkinan lokasi kapal. Hal tersebut bisa dilihat di gambar B. Kemungkinan pun semakin mengerucut sehingga kita hanya perlu menebak 4 ke kanan atau 4 ke bawah. Hingga akhirnya pada bagian C kita bisa tahu di mana posisi kapal lawan.

#### E. Penerapan Metode Monte Carlo di Bidang Lain

Metode Monte Carlo juga bisa digunakan untuk mensimulasikan reaksi dan interaksi yang kompleks dalam bidang keilmuan fisika dan kimia.

Di bidang ilmu grafis, metode ini digunakan untuk pelacakan objek.

Masih banyak lagi penerapan metode Monte Carlo di bidang ilmu lainnya.

## V. KESIMPULAN

Secara singkat, ketidakteraturan, penghasil angka acak, dan metode Monte Carlo saling berhubungan satu sama lain.

Metode Monte Carlo sendiri adalah suatu metode untuk mendapatkan nilai yang paling mendekati dari yang diharapkan dengan bereksperimen dengan angka-angka acak yang dihasilkan RNG dan teori probabilitas untuk mendapatkan hasil yang paling mendekati.

Untuk lebih memahami metode Monte Carlo, kunjungilah situs

<http://sourceforge.net/projects/mcsimulations/>.

## VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena ridho-Nyalah penulis dapat menyelesaikan makalah ini.

Selain itu tentu saja untuk orangtua penulis. Tanpa mereka, mungkin makalah ini baru akan selesai minggu depan.

Tak lupa ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada bapak dosen mata kuliah II2092 Probabilitas dan Statistik, Bapak Rinaldi Munir. Tanpa ajaran Bapak yang penuh kesabaran, penulis tak akan pernah mengerti apa itu standar deviasi, distribusi normal, dan lain-lain.

Terima kasih pun penulis ucapkan pada semua yang telah membantu penulisan makalah ini baik langsung maupun tak langsung. Penulis mendoakan semoga semuanya sukses selalu, dunia dan akhirat. Amin ya rabbal'alamin.

## DAFTAR REFERENSI

- [1]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Random\\_number\\_generator](http://en.wikipedia.org/wiki/Random_number_generator)
- [2]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Random\\_password\\_generator](http://en.wikipedia.org/wiki/Random_password_generator)
- [3]. <http://www.statisticssolutions.com/methods-chapter/sample-size-power-analysis/monte-carlo-methods/>
- [4]. [http://www.ehow.com/how\\_7323740\\_monte-carlo-methods-tutorial.html](http://www.ehow.com/how_7323740_monte-carlo-methods-tutorial.html)
- [5]. <http://www.chem.unl.edu/zeng/joy/mclab/mcintro.html>
- [6]. <http://www.fz-juelich.de/nic-series/volume23/frenkel.pdf>
- [7]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Resampling\\_\(statistics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Resampling_(statistics))
- [8]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Monte\\_Carlo\\_method](http://en.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_method)
- [9]. [http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/en/Monte\\_Carlo\\_method](http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/en/Monte_Carlo_method)

## 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

ttd



Nadinastiti  
18209026