

METODE SIMULASI MONTECARLO

Monte CARLO adalah simulasi tipe probabilitas yang mendekati solusi sebuah masalah dengan melakukan s dari proses acak. Monte Carlo melibatkan penetapan distribusi pengambilan sampel acak dari distribusi untuk menghasilkan data. Ketika sistem terdapat elemen-elemen yang memperlihatkan perilaku yang cenderung tidak pasti atau probabilistik maka metode simulasi Monte Carlo dapat diterapkan. Dasar teknik Monte Carlo adalah mengadakan percobaan probabilistik melalui sampling random. Istilah Monte Carlo telah menjadi sinonim dengan simulasi probabilitas. Namun secara sempit metode Monte Carlo dapat didefinisikan sebagai suatu teknik untuk memilih angka-angka secara acak dari suatu distribusi probabilitas untuk digunakan dalam suatu distribusi probabilitas untuk digunakan dalam suatu percobaan dari suatu simulasi.

Metode Monte Carlo merupakan pendekatan khusus yang sangat berguna untuk mensimulasikan situasi yang mengandung resiko sehingga diperoleh jawaban-jawaban perkiraan yang tidak dapat diperoleh dari penelitian-penelitian secara fisik atau dari penggunaan analisis matematika. Proses Monte Carlo dalam memilih angka acak berdasarkan distribusi probabilitas bertujuan untuk menentukan variabel acak melalui uji sampel dari distribusi probabilitas. Metode Monte Carlo bertitik tolak pada generalisasi fakta-fakta yang terjadi dengan mempresentasikan ke dalam bilangan acak dan distribusi probabilitas kumulatif. Munculnya nilai bilangan acak yang dapat dilakukan dengan generator bilangan acak seperti Linier Congruential Generator, Multiplivative Random Number Generator ataupun Mixed Congruential Random Number Generator.

Distribusi probabilitas kumulatif dari sampel data diperhitungkan dari data empiris atau data statistik di lapangan. Bilangan acak yang dihasilkan dari generator bilangan acak yang dapat dimunculkan sesuai dengan digit data. Untuk digit tunggal, bilangan acak diawali dari bilangan 0 sampai 9. Jika diperlukan digit ganda, bilangan acak diawali dari 00 sampai 99, dan seterusnya. Dapat ditentukan sembarang. Metode dalam analisis sistem nyata dengan Monte Carlo dibutuhkan uji coba yang berulang-ulang untuk mendapatkan variasi sampling data ke tingkat akurasi yang paling rendah sehingga jawaban yang diharapkan akan memiliki tingkat ketelitian tinggi. Agar hal tersebut dapat dilakukan dengan baik, diperlukan komputer digital dan pengaksesan data-data yang diperhitungkan.

Dalam kasus sistem persediaan, disadari bahwa permintaan atas produk merupakan komponen penting dalam menentukan jumlah persediaan yang harus dimiliki oleh perusahaan dagang. Sebagian besar rumus matematika yang digunakan untuk menganalisis sistem persediaan menggunakan asumsi bahwa permintaan tersebut bersifat pasti yaitu bukan variabel acak. Pada kenyataannya bagaimanapun juga permintaan sulit diketahui secara pasti. Simulasi merupakan salah satu sarana untuk menganalisis sistem persediaan dimana permintaan merupakan variabel acak yang mencerminkan ketidakpastian permintaan. Sehingga masalah persediaan tersebut disusun dalam model probabilistik, karena model ini seringkali bermanfaat untuk menganalisis inventory dibanding model deterministik, dan pemecahan masalah yang sifatnya probabilistik akan lebih mudah jika menggunakan simulasi.

Distribusi probabilitas dalam sistem persediaan bersifat kontinu sehingga pembangkitan angka acak akan bersifat pada alokasi probabilitas dari tingkat permintaan yang dibatasi dalam sebuah distribusi frekuensi kumulatif. Meskipun demikian tetap harus diperhatikan kesulitan potensial yang disebabkan oleh kenyataan bahwa mensimulasikan setiap sistem hanya satu kali sehingga hasil simulasi tersebut dapat menampilkan variasi yang signifikan. Satu-satunya cara untuk memperoleh keyakinan atas akurasi hasil adalah dengan mensimulasikan setiap sistem beberapa kali dan menghitung hasil rata-rata. Kemudian untuk membandingkan hasil simulasi dengan hasil analitis, kadangkala sulit untuk mengesahkan hasil dari model simulasi apakah sudah sesuai dengan keadaan tetap. Cara yang dapat dilakukan adalah dengan membandingkan hasil simulasi dengan nilai ekspektasi atau dengan melakukan validasi dari data historik yang diperoleh sebelumnya. Meskipun demikian, simulasi paling sering digunakan pada saat analitis tidak memungkinkan (ini merupakan

salah satu alasan mengapa umumnya simulasi bermanfaat) kondisi tersebut terjadi jika tidak ada standar perbandingan analitis, dengan penyerahan hasil menjadi semakin sulit.

Monte Carlo membuat sebuah model probabilistik dari kondisi nyata dan kemudian memperagakan eksperimen dengan sampling pada model tersebut. Metode ini membangkitkan sejumlah besar bilangan dari data yang mungkin saja memerlukan waktu yang lama untuk menerapkannya setelah pembangkitan dari data, dapat dilakukan analisis komputasi dan solusi masalah dapat diturunkan. Tahapan utama dalam simulasi Monte Carlo adalah sebagai berikut :

- Menentukan distribusi probabilitas yang diketahui dari beberapa variabel kunci. Distribusi itu mungkin distribusi yang standar seperti distribusi poisson, normal, atau eksponensial atau mungkin distribusi empiris yang diturunkan dari data historis.
- Mengubah distribusi frekuensi ke dalam distribusi probabilitas kumulatif. Ini dilakukan untuk memastikan bahwa hanya satu nilai variabel yang diwakili oleh bilangan acak yang diberikan.
- Mengambil sampel secara acak dari distribusi kumulatif untuk menentukan nilai variabel yang spesifik untuk digunakan dalam simulasi. Cara untuk mengambil sampel adalah dengan menggunakan tabel bilangan random. Bilangan acak dimasukkan ke dalam distribusi probabilitas kumulatif untuk menghasilkan nilai variabel yang spesifik untuk tiap observasi. Urutan dari bilangan acak yang dipakai akan menggantikan pola dari variasi yang diharapkan untuk ditemui.
- Mensimulasikan operasi yang dianalisis dalam jumlah replikasi yang sesuai dibutuhkan dalam kondisi yang sama seperti ukuran sampel yang sesuai pada percobaan aktiah dunia nyata. Tes signifikansi dengan statistik yang biasa dapat digunakan dalam tahap ini. Dengan simulasi menggunakan komputer, besar sampel dapat sangat besar dan kadang untuk menjalankan sampel yang sangat besar, sangat ekonomis dan dengan kesalahan yang sangat kecil.

Contoh :

Misalkan variabel yang diamati adalah X yang memiliki satu satuan dalam satuan menit :

0,4 0,1 0,2 0,4 0,7 0,3 0,2 0,5 0,2 0,6 0,1 0,3 0,2
 0,1 0,3 0,2 0,3 0,2 0,5 0,4

Data di atas kemudian disajikan dalam bentuk probabilitas untuk menggambarkan kemungkinan terjadinya suatu kejadian variabel X (lihat Tabel 1).

Tabel 1 Nilai Probabilitas variabel X

Nilai variabel X	Frekuensi	Frek.Kumulatif	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif
0,1	3	3	15%	15%
0,2	6	9	30%	45%
0,3	4	13	20%	65%
0,4	3	16	15%	80%
0,5	2	18	10%	90%
0,6	1	19	5%	95%
0,7	1	20	5%	100%
Total	20			

Dari tabel di atas diketahui dibutuhkan 100 bilangan acak jika dilihat dari frekuensi kumulatif yang 100%. Setelah menentukan nilai probabilitas kumulatif, selanjutnya menentukan bilangan random berdasarkan nilai probabilitas kumulatif (Tabel 1). Bilangan random pertama (awal) dapat diasumsikan bervariasi antara 00 sampai 99. Misal untuk variabel X digunakan bilangan 00 sebagai

bilangan awal (bilangan random pertama). Sehingga diperoleh seratus buah bilangan random ini berhubungan dengan setiap persen dari probabilitas seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 Interval Bilangan Random untuk variabel X

Nilai variabel X	Probabilitas Kumulatif	Jumlah bilangan random yang dibutuhkan	Deret bilangan acak yang dibutuhkan sesuai probabilitas masing-masing	Interval Bilangan Random
0,1	15%	$15\% \times 100 = 15$	00,01,02,03,04,05,06,07,08,09,10,11,12,13,14	00 – 14
0,2	45%	$30\% \times 100 = 30$	15,16,17,18,19,20,,40,41,42,43,44	15 – 44
0,3	65%	$20\% \times 100 = 20$	45,46,47,48,49,50,, 60,61,62,63,64	45 – 64
0,4	80%	$15\% \times 100 = 15$	65,66,67,68,69,70,, 75,76,77,78,79	65 – 79
0,5	90%	$10\% \times 100 = 10$	80,81,82,83,84,85,86,87,88,89	80 – 89
0,6	95%	$5\% \times 100 = 5$	90,91,92,93,94	90 – 94
0,7	100%	$5\% \times 100 = 5$	95,96,97,98,99	95 – 99

Jadi untuk variabel X yang bernilai 0,1 menit, dibutuhkan 15 buah bilangan random untuk keperluan simulasi variabel tersebut. Karena asumsi di atas menyatakan bahwa bilangan awal (bilangan random pertama) adalah 00, maka bilangan-bilangan random untuk variabel X yang bernilai 0,1 menit adalah : 00, 01, 02, 01, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, dan 14 (seluruhnya da 15 buah bilangan). Atau dapat ditulis secara ringkas dalam interval bilangan acak yaitu 00 – 14.

Sedangkan untuk variabel X yang bernilai 0,2 menit, dibutuhkan 30 bilangan random untuk keperluan simulasi variabel tersebut. Karena bilangan acak sebelumnya sampai angka acak bernilai 14, maka bilangan acak dimulai dari bilangan 15. Maka bilangan acak untuk variabel X ini adalah : 15, 16, 17 , , sdt, 43,44. Atau dapat ditulis secara ringkas dalam interval acak yaitu 15 – 44.

Sedangkan untuk variabel X yang bernilai 0,3 menit, dibutuhkan 20 bilangan random untuk keperluan simulasi variabel tersebut. Karena bilangan acak sebelumnya sampai angka acal bernilai 44, maka bilangan acak dimulai dari bilangan 45. Maka bilangan acak untuk variabel X ini adalah : 45, 46, 47 , , sdt, 63,64. Atau dapat ditulis secara ringkas dalam interval acak yaitu 45 –64.

Dan begitu seterusnya untuk nilai-nilai variabel siklus waktu pekerjaan lainnya.

Tabel 2 pada kolom interval bilangan random, diperoleh informasi bahwa bilangan acak yang dibutuhkan untuk mensimulasikan variabel X adalah bilangan acak 00 – 99 (sebanyak 100 bilangan acak)

Langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi variabel X dengan cara mengambil sampel bilangan acak sesuai dengan yang dibutuhkan. Bilangan acak dapat diperoleh dengan menggunakan salah satu metode Random Number Generator. Jika diasumsikan menggunakan metode Multiplicative Random Number Generator dengan $Z_0 = 12357$, $a = 7$, dan $m = 128$ maka akan diperoleh deret bilangan acak seperti yang tampak pada Tabel 3. Jumlah bilangan acak yang dibangkitkan sesuai kebutuhan simulasi. Jika simulasi variabel X akan dilakukan 10 kali, maka jumlah bilangan acak yang dibangkitkan pun adalah 10 bilangan acak (Tabel 3). Karena bilangan acak yang dihasilkan oleh Random Number Generator adalah bilangan acak antara 0 – 1. Maka bilangan acak tersebut dikalikan dengan 100 sehingga akan diperoleh bilangan acak antara 00-99 sesuai kebutuhan seperti yang telah ditunjukkan pada Tabel 2.

Contoh perhitungan :

Jika dari hasil Multiplicative diperoleh :

$$U_1 = 0,7734 \times 100 = 77$$

$$U_2 = 0,4141 \times 100 = 41$$

$$U_3 = 0,8984 \times 100 = 90$$

Dan begitu seterusnya sehingga dapat diperoleh bilangan acak seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3 Hasil simulasi variabel X sebanyak 10 kali

BILANGAN RANDOM	HASIL SIMULASI VARIABEL X (dalam satuan Menit)
77	0,4
41	0,2
90	0,6
29	0,2
2	0,1
16	0,2
15	0,2
4	0,1
27	0,2
91	0,6

Hasil simulasi variabel X diperoleh dengan cara melihat posisi bilangan random yang telah dihasilkan (Tabel 3) pada interval bilangan acak di Tabel 2.

Contoh :

Pada Tabel 3 diketahui bilangan acak pertama adalah 77, maka jika dilihat dari Tabel 2 bilangan tersebut terletak pada interval bilangan acak 65 – 79 (kolom interval bilangan random pada Tabel 3). Dan jika dilihat nilai simulasinya pada kolom nilai variabel X pada tabel 2, tampak bahwa nilai simulasinya adalah 0,4. Maka hasil simulasi pada kolom hasil simulasi variabel x adalah 0,4 (Tabel 3)

Pada Tabel 3 diketahui bilangan acak kedua adalah 41, maka jika dilihat dari Tabel 2 bilangan tersebut terletak pada interval bilangan acak 15 – 44 (kolom interval bilangan random pada Tabel 3). Dan jika dilihat nilai simulasinya pada kolom nilai variabel X pada tabel 2, tampak bahwa nilai simulasinya adalah 0,2. Maka hasil simulasi pada kolom hasil simulasi variabel x adalah 0,2 (Tabel 3)

Pada Tabel 3 diketahui bilangan acak pertama adalah 90, maka jika dilihat dari Tabel 2 bilangan tersebut terletak pada interval bilangan acak 90 – 94 (kolom interval bilangan random pada Tabel 3). Dan jika dilihat nilai simulasinya pada kolom nilai variabel X pada tabel 2, tampak bahwa nilai simulasinya adalah 0,6. Maka hasil simulasi pada kolom hasil simulasi variabel x adalah 0,6 (Tabel 3)

Dan begitu seterusnya.