

Analisis Simulasi Monte Carlo VAR (*Value at Risk*) dan *Maximum Entropy Bootstrap* untuk Menghitung *Total Loss* pada Kasus PT.X

Bachtiar Rachman Zain¹⁾, dan Chatarina Dian Indrawati^{*1)}, Petrus Setya Murdapa¹⁾

¹⁾Program Studi Rekayasa Industri Kampus Kota Madiun, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jl. Manggis No.15-17, Kejuron, Kec. Taman, Jawa Timur 63131, Kota Madiun, 63131, Indonesia

Email: bachtiarrachman45@gmail.com, chdian.indrawati@ukwms.ac.id, petrus.setya@ukwms.ac.id

ABSTRAK

Risiko operasional adalah kerugian yang diakibatkan oleh internal perusahaan. Sebuah kerugian akibat risiko dapat diprediksi untuk bisa ditangani dan dicegah sebelum hal tersebut terjadi maupun dibuat mitigasinya, salah satu cara memprediksi kerugian adalah dengan cara menilai risiko tersebut. VAR (*value at risk*) adalah salah satu metode yang cukup populer untuk menilai sebuah kerugian operasional. Dasar dari perhitungan VAR adalah *severity* dan frekuensi kejadian. Penelitian sebelumnya milik Adiperdana dkk (2010), membahas mengenai potensi kerugian ekstrim dengan VAR simulasi Monte Carlo Samad-Khan di PT. X. Perhitungan tersebut menggabungkan distribusi *severitas* dan frekuensi kejadian sebagaimana ungkapan dari simulasi Monte Carlo Samad-Khan. Namun nilai yang dihasilkan cukup tinggi sehingga dapat membebani finansial perusahaan. Oleh sebab itu perlunya perhitungan untuk menghitung potensi kerugian rata-rata. Dilakukanlah *fitting distribution* untuk menyesuaikan distribusi *severitas* data, sedangkan distribusi frekuensi yang digunakan adalah distribusi poisson. Sebaran distribusi akan diambil parameternya, kemudian parameter kedua distribusi tersebut akan digunakan pada simulasi Monte Carlo. Penggabungan tersebut membangkitkan bilangan *random* yang menjadi konsep dasar dari simulasi Monte Carlo. Data yang tersedia cukup terbatas untuk menggambarkan sebaran distribusi, maka dari itu digunakan *bootstrap* dengan *maximum entropy bootstrap* atau MEBoot (Vinod, 2019) untuk simulasi dan mereplikasi data.

Kata kunci: *Maximum Entropy Bootstrap*, Risiko Operasional, Simulasi Monte Carlo, VAR

1. Pendahuluan

Risiko operasional adalah kerugian yang diakibatkan oleh *problem* internal perusahaan, yang kurang mendapat perhatian dan pengendalian. Sebuah perusahaan diharapkan menerapkan tahapan manajemen risiko yang umum dilaksanakan, yaitu mengidentifikasi risiko, mengukur risiko dan mengendalikan risiko. Terdapat beberapa cara untuk mengukur atau menilai sebuah potensi risiko, salah satunya menggunakan VAR (*Value at risk*). Var adalah metode yang cukup populer, dan bahkan diakui oleh BASEL II sebagai salah satu alat ukur risiko yang baku. Hasil satuan yang diperoleh dari perhitungan VAR biasanya berupa rupiah/periode.

VAR juga dibagi dengan beberapa cara untuk menghitung sebuah potensi risiko, salah satunya adalah menggunakan simulasi Monte Carlo. Simulasi Monte Carlo menggunakan konsep dasar dari sebuah risiko, yaitu *severity* dan frekuensi kejadian. Penggabungan *severity* dan frekuensi kejadian menggunakan peranan distribusi statistik agar dapat menghasilkan *expected total loss* (kerugian total yang bisa diterima) (Samad-Khan, 2008).

Sebuah penelitian terdahulu milik Adiperdana dkk (2010), menggunakan perhitungan VAR simulasi Monte Carlo dengan pendekatan ekstrim, perhitungan tersebut memprediksi potensi kerugian yang tidak diharapkan (*unexpected*) yaitu sebesar Rp 6.255.000.000, sementara rata-rata kerugian pertahun yang diperoleh adalah Rp 856.310.00. Dimana pada dasarnya kerugian ekstrim memiliki probabilitas kejadian yang kecil, namun jika terjadi nilai kerugiannya (rupiah) sangat parah.

Jika dilihat dari perbandingan rata-rata kerugian pertahun dengan hasil perhitungan potensi kerugian dengan pendekatan ekstrim, hal tersebut bisa membawa dampak yang kurang baik bagi finansial perusahaan, karena perusahaan dituntut untuk mengantisipasi dan membuat mitigasi yang lebih besar dari yang biasanya. Oleh karena itu diperlukan perhitungan untuk potensi kerugian rata-rata, dimana pendekatan ini menghitung nilai kerugian yang bisa diterima oleh perusahaan serta pada penelitian sebelumnya tidak ditemukan aspek-aspek yang menyebabkan perusahaan berpotensi mengalami kerugian ekstrim. Jadi pada kali ini akan membahas perhitungan VAR simulasi Monte Carlo dengan perhitungan yang bisa diterima.

Namun karena data pada penelitian sebelumnya terbilang cukup terbatas hanya sepuluh, maka dilakukan *bootstrap* dengan teknik MEBoot (*Maximum Entropy Bootstrap*) sebagai langkah pertama perhitungan. MEBoot yang dikembangkan oleh Vinod (2009) dapat memunculkan data berdasarkan pola data yang tersedia sebelumnya dengan konsep *resample* dan nantinya digunakan untuk menggambarkan distribusi data.

2. Metode

Samad-Khan (2008), menyebutkan bahwa perhitungan *total loss* hasil simulasi Monte Carlo didapat dari perkalian antara distribusi *severitas* dengan *frequency of events*. Simulasi Monte Carlo memanfaatkan bilangan *random* dari distribusi. Data dari penelitian sebelumnya (Adiperdana dkk, 2010), memiliki data yang cukup terbatas untuk bisa menggambarkan distribusi data, maka dari itu akan dilakukan *bootstrap* dengan MEBoot (*maximum entropy bootstrap*). *Bootstrap* dengan MEBoot dapat mereplikasi data dalam jumlah besar berdasarkan pola data yang tersedia sebelumnya. Algoritma MEBoot menggunakan peranan kuantile untuk menciptakan data, dan nantinya hasil dari MEBoot tidak akan jauh dari data-data original (Vinod, 2009). Terjemahan MEBoot bisa dilihat pada penelitian Adiperdana dkk (2010).

Data hasil *bootstrap* akan dilakukan *fitting distribution* untuk dilihat parameter distribusinya menggunakan *software Easyfit ver.5.5 professional*. Hasil parameter dari *fitting distribution* akan menunjukkan distribusi yang sesuai dan digunakan untuk membangkitkan nilai *random* berdasarkan distribusi data dan melakukan simulasi Monte Carlo.

Parameter untuk distribusi poisson adalah λ (Muslich, 2007). Parameter ini akan memunculkan nilai *random* berdasarkan distribusi yang sudah dijelaskan, dengan ini syarat pada Samad-Khan (2008) telah terpenuhi. Setelah diketahui parameter tersebut maka dilakukan penggabungan antara distribusi *severitas* dan frekuensi dengan 10.000 simulasi. Total data *loss* diurutkan dari yang terbesar sampai terkecil, kemudian dihitung VAR menggunakan 99% persentil (Muslich, 2007).

3. Hasil dan Pembahasan

Diketahui berikut ini adalah data risiko operasional pertahun pada PT. X penelitian Adiperdana dkk (2010).

Tabel 1. Data Kerugian Operasional

Tahun	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Nilai Loss (dalam juta Rp)	695,2	694	723,8	684,5	841,2	814,5	920	918,4	858,1	1413,4

(Sumber: Adiperdana dkk, 2010)

Data berikut akan dikonversi dengan sudut pandang era sekarang dengan asumsi i sebesar 5% dari sumber Indonesian *Economic Data* tahun 2015 sampai 2019. Berikut akan ditampilkan tabel konversi nilai rupiah.

Tabel 2 Konversi nilai rupiah
E03.2

No	Tahun	Nilai kerugian (Juta Rupiah)	Nilai ekuivalen di tahun 2021 dengan asumsi $i = 5,5\%$ dengan persamaan nilai kerugian $x(1+i)^{\text{tahun}}$ yang akan dikonfersi (Juta Rupiah)
1	1999	695,2	2.140,0
2	2000	694	2.136,3
3	2001	723,8	2.228,0
4	2002	684,5	2.107,1
5	2003	841,2	2.589,4
6	2004	814,5	2.507,2
7	2005	920	2.832,0
8	2006	918,4	2.827,1
9	2007	858,1	2.641,4
10	2008	1413,4	4.350,8
11	2009	6225	19.162,0

(Sumber: hasil pengolahan data)

Dikarenakan keterbatasan data yang ada, maka data kerugian akan dilakukan *bootstrap* menggunakan MEBoot. Berikut merupakan hasil *bootstrap* dengan 500 replikasi data.

Tabel 2. Hasil MEBoot Data Kerugian Operasional

2139,9	2133,4	2264,6	2125,7	2656,9	2457	3289,6	2745,7	2674,7	3834,4
2326,3	2284,4	2485,9	1810,4	2683,9	2570,8	3809,8	2714,5	2691,9	3833,5
2079,3	1971,4	2127,9	1939	2351,4	2218,4	3799,7	2590,7	2355,3	3865,7
2334,7	2135,6	2522,6	2083,1	2655,4	2563,3	3481,1	2771,5	2752,8	3681,4
2135,6	2083,1	2155,8	2081,2	2433,5	2171,7	2744,5	2593,4	2563,3	3681,4
2126,5	2122,2	2141,9	1853,3	2438,4	2142,6	2706,6	2565,1	2549,6	3904,8
2321,7	2220,2	2560,7	2027,5	2567,7	2562,2	3253,9	2749,1	2612,9	3487,7
2132,5	2115,7	2488,1	1968,7	2590,8	2509,5	3725,1	3535,1	2653,5	3852,5
2144,9	2128,4	2554,1	1793,3	2711,1	2685,2	3175,1	3136,4	2780,1	3921,3
2169,2	2144,8	2183,9	2128,8	2351,8	2227,2	2603,6	2565,9	2358	2746,3
2129,3	2128,2	2230	2125,2	2720,1	2468,1	3538,7	3501,2	2722,8	3777,6
2567,9	2439,1	2771,9	2172,3	3379,3	3084,7	3747,6	3735,7	3713,7	3782,8
2213,2	2163,9	2230,5	1820	2495,2	2377,1	2669,7	2565	2515,4	3570,3
2134,4	2125,4	2142,3	1974,4	2808,2	2756,4	3716,8	3646,1	3351,6	3776,4
2210,5	2157,4	2589,3	2131,2	3361,9	2756,4	3716,8	3669,5	3646,1	3776,4
2098,6	2085	2389,5	2040,9	2634,4	2417	3375,9	3323,4	3201,8	3840,7
2263,2	2251,4	2385,6	2149,8	2550	2469	3494,6	3230,4	2791,5	3550,4
2437,2	2305	2524,1	2038,2	2802,5	2594,5	3900,3	3766,4	2894,1	3910,1
2344,3	2255,5	2373,5	1847,4	2529,3	2479,7	3048,6	2819,6	2763,8	3602,6
2127,9	2127,2	2136,7	1874,9	2294,6	2188,1	2910,6	2622,2	2603,1	3387,8
2250	2219,5	2268,6	2198	2612	2314,4	2960,8	2779,5	2725,5	2972,7
2360,7	2135,1	2445,3	1792,6	2590	2569,8	2771,6	2759,3	2712	3045,2
2135,7	1804,5	2147,1	1802,5	2159,3	2152,5	2802,9	2388,8	2281,9	3079,4
2137,1	2135,5	2154,9	1886,4	2722,1	2159,4	3339,2	3027,3	2784,6	3836,8
1949,4	1886,4	2054	1822,7	2476,2	2161,4	3027,3	2784,6	2688	3339,2
2155,3	2152,6	2168,5	2126,4	2574,3	2293,8	2801,4	2605,8	2583,5	3136,7

Lanjutan Tabel 2. Hasil MEBoot Data Kerugian Operasional

2135,4	1988,6	2183,8	1788,1	2750,5	2435,9	3695,3	2762,3	2757,9	3817,2
2169,2	2129,4	2245,4	2122,2	2415,7	2296,7	3157,5	3134,7	2556,9	3871
2137,5	2105	2144,7	2025,2	2289	2147	2632,1	2626	2401,5	2677,5
2144,7	2137,5	2153,7	2025,2	2537,5	2263,7	2910,7	2770,2	2626	3817,6
2161,3	2145,5	2350,8	1860,5	2668,6	2360,7	3025	2798,4	2794,3	3344,9
2617,8	2437,2	2702,2	2134,9	2797,8	2705	3783,3	3752,5	2812,1	3837,8
2053,2	2020,2	2115,2	1965,6	2313,5	2196,4	3024,2	2645,9	2517,2	3875,3
2419,2	2212,7	2492,8	2198,2	2658,1	2530,8	2771,9	2696,8	2675,5	2790,7
2336,7	2167,8	2397	1963,4	2590,1	2411,9	2756,5	2749,6	2688,2	3327,2
2444,2	2393,7	2466,6	2125,1	2760,9	2575	3018,2	2773,3	2762,4	3357,6
2191,5	2132,4	2259	2040,1	2584,2	2365,4	3542,2	2910	2717,6	3671,4
2180,3	2166,9	2586,8	2149,9	2689,5	2650,3	3079,1	2829,5	2747,6	3204,1
2136	2111,3	2369,8	1854	2533	2516,1	3852,6	3708,3	2778	3890,5
2111,3	1854	2136	1791,4	2492,7	2281,5	2741,1	2586,4	2533	3825,5
2148,1	1946,4	2273,7	1796,6	2409,8	2329,5	2812,9	2763,9	2564,8	3339,2
2157,8	2122,6	2167,3	2097,1	2575,3	2549,6	3267,7	3228,5	2644,9	3924,3
2322,9	2139,8	2553,6	2028,3	2688,7	2592,3	3753,4	2793	2731,1	3854,4
2172	2132,7	2372,4	2014	2593,4	2556,1	2652,5	2628,5	2595,8	3810,5
2175,8	2175,6	2183,8	2172,5	2590,9	2276	2777,9	2682,2	2681,5	3641,9
2130,9	2102,6	2192,1	2055	2594,1	2330,8	3720,1	3452,1	3182,4	3744,8
2135,6	2128,9	2293,5	2126	2795,9	2656,1	3772,3	3453	2886,4	3882,4
2136,2	2122,6	2160,6	1992,4	2286,3	2177	2651,4	2380,5	2339,8	2759,6
2341,9	2283,1	2659,6	2137,6	2799,7	2667,8	2829,6	2826,4	2820,1	3093,7
2308,4	2215	2432,9	2164,1	2568,5	2446,2	3334,7	2716,2	2661	3662,6

(Sumber: hasil pengolahan data)

Kemudian hasil *bootstrap* akan dilakukan *fitting distribution* menggunakan *software Easyfit ver.5.5 professional* untuk diambil parameter *severitas*. Sedangkan untuk distribusi poisson menggunakan parameter $\lambda = 1$. Hal ini dikarenakan data kerugian menunjukkan kejadian setiap tahun. Berikut merupakan rangkuman parameter untuk membangkitkan bilangan *random*. Hasil *fitting distribution* menunjukkan distribusi Fatigue Life (3p) yang sesuai dengan data *severitas* hasil *bootstrap*.

Tabel 3. Parameter untuk Simulasi Monte Carlo

Jenis distribusi	Parameter	Nilai
Fatigue Life (3p)	α	0,48352
	β	1011,7
	γ	1485,4
Poisson	λ	1

(Sumber: hasil pengolahan data)

Nilai parameter pada tabel 3 akan digunakan untuk simulasi Monte Carlo, dengan memasukkan fungsi yang telah tersedia pada *add in software Easyfit ver.5.5 professional* pada Microsoft Excel. Dilakukan simulasi sebanyak 10.000 kali, berikut akan ditampilkan sedikit hasil simulasi Monte Carlo.

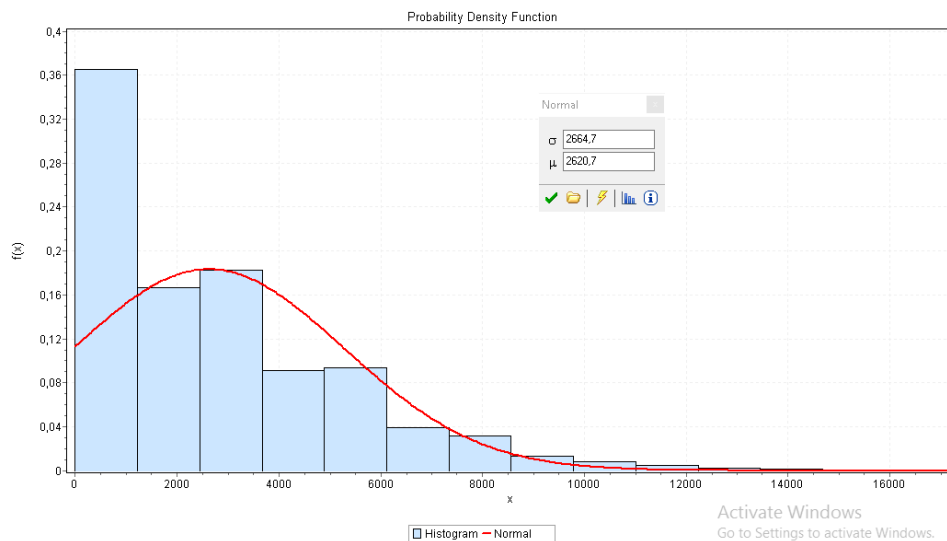
Tabel 4. Simulasi Monte Carlo

Poisson	FatigueLifeRand(alpha;beta;[gamma])										Jumlah
	FatigueLifeRand(0,48352;1011,7;1485,4)										
DistRand(Poisson(1))	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1935,51	4816,3	2583,59	0	0	0	0	0	0	0	9335,4
1	2819,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2819,38
2	2908,64	2128,44	0	0	0	0	0	0	0	0	5037,08
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3163,97	3310,1	0	0	0	0	0	0	0	0	6474,06
1	2572,96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2572,96
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1881,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1881,12
2	2131,14	2929,15	0	0	0	0	0	0	0	0	5060,29
2	2396,62	2230,93	0	0	0	0	0	0	0	0	4627,56
1	3870,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870,7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2487,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2487,49
1	2429,59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2429,59
1	2783,96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2783,96
4	2716,07	2378,33	2614,94	2424,61	0	0	0	0	0	0	10133,9

(Sumber: Pengolahan data)

Setelah dilakukan simulasi Monte Carlo, data jumlah akan dilakukan *fitting distribution* juga untuk mengetahui sebaran data yang terjadi pada penggabungannya. Berikut merupakan jenis distribusi hasil *fitting*.

Gambar 1. Histogram Distribusi Nomal *Expected Total Loss*



(Sumber: Hasil pengolahan data)

Kemudian kolom jumlah pada tabel 4 akan di urutkan dari yang terbesar hingga yang terkecil, kemudian dilakukan perhitungan percentile 99%. Maka akan menghasilkan nilai *expected total loss*.

Tabel 5. *Expected Total Loss*

Percentile	99%
VAR	10621,829

(Sumber: Pengolahan data)

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa diperoleh nilai potensi *expected total loss* sebesar Rp10.621.829.000 pada tahun 2009 dengan persentil 99%. Pendekatan ekstrim sebelumnya memiliki rentang yang jauh dari kerugian tahun sebelumnya, dari Rp4.350.800.000 pada tahun 2008, menjadi Rp.19.162.000 pada tahun 2009. Apabila prediksi perhitungan ekstrim tidak

terjadi, maka akan membuat rugi perusahaan karena keuntungan yang harusnya diinvestasikan digunakan untuk pencegahan risiko ekstrim. Namun keputusan kembali pada perusahaan, dengan perhitungan-perhitungan tersebut, minimal perusahaan siap untuk menerima kerugian yang telah diprediksikan. Perhitungan *expected total loss* bisa digunakan sebagai alternatif untuk mengambil keputusan mana yang akan dipilih, namun alangkah lebih baiknya lebih ditekankan identifikasi sumber risiko dan pengelolaan risiko agar kerugian dapat berkurang.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang sudah dilakukan, maka bisa diambil kesimpulan seperti pada berikut ini.

1. *Bootstrap* menggunakan MEBoot digunakan untuk mereplikasi data dan menjadi dasar untuk membangun simulasi monte carlo.
2. Didapat potensi *expected total loss* pada tahun 2009 sebesar Rp10.621.829.000
3. Perhitungan *expected total loss* bisa digunakan sebagai alternatif keputusan perusahaan untuk menjalankan pencegahan maupun mitigasi risiko yang bisa terjadi.

Daftar Pustaka

- Adiperdana dkk, A., Suwignjo, P., & Rusdiansyah, A. (2010). Analisis Value at Risk Menggunakan Metode Extreme Value Theory-Generalized Pareto Distribution dengan Kombinasi Algoritma Meboot dan Teori Samad-Khan (Studi Kasus PT. X). Industrial Engineering Department ITS, Surabaya.
- Hanafi, Mamduh. (2006). "Manajemen Risiko". Yogyakarta: Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen YKPN.
- Muslich, Muhammad. (2007). "Manajemen Risiko Operasional: Teori & Praktik". Jakarta: Bumi Aksara.
- Samad-Khan, A. (2008). Modern operational risk management. *Emphasis*, 2, 26-29.
- Stephenson, F. H. (2010). *Calculations for Molecular Biology and Biotechnology (Second Edition)*.
- Vinod, H. D., & López-de-Lacalle, J. (2009). Maximum entropy *bootstrap* for time series: the meboot R package. *Journal of Statistical Software*, 29(5), 1-19.