

SKRIPSI

**PEMODELAN DAN PERHITUNGAN PREMI ASURANSI
KEAMANAN SIBER DENGAN MODEL MARKOV DAN
MODEL NON-MARKOV**



Ivander Jeremy

NPM: 2017710033

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2021**

FINAL PROJECT

**MODELING AND CALCULATION OF CYBERSECURITY
INSURANCE PREMIUM WITH MARKOV MODEL AND
NON-MARKOV MODEL**



Ivander Jeremy

NPM: 2017710033

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN DAN PERHITUNGAN PREMI ASURANSI KEAMANAN SIBER DENGAN MODEL MARKOV DAN MODEL NON-MARKOV

Ivander Jeremy

NPM: 2017710033

Bandung, 15 Februari 2021

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Benny Yong, Ph.D.

Felivia Kusnadi, M.Act.Sc., ASAI

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Dr. Ferry Jaya Permana, ASAI

Farah Kristiani, Ph.D.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Dr. Erwinna Chendra

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

PEMODELAN DAN PERHITUNGAN PREMI ASURANSI KEAMANAN SIBER DENGAN MODEL MARKOV DAN MODEL NON-MARKOV

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 15 Februari 2021

Ivander Jeremy
NPM: 2017710033

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) tidak hanya memberikan dampak positif, melainkan dampak negatif juga, khususnya pada sektor keamanan siber seperti peretasan data perusahaan, pembobolan rekening bank nasabah, dan sebagainya. Oleh karena itu, perusahaan asuransi menciptakan produk asuransi yang relatif baru yaitu asuransi keamanan siber. Namun, pengembangan asuransi keamanan siber masih perlu diteliti lebih lanjut karena tidak adanya tabel aktuarial standar layaknya tabel mortalitas pada asuransi jiwa. Skripsi ini akan membahas tentang pemodelan proses infeksi dan pemulihan suatu simpul dan berbagai simpul lainnya yang saling terkoneksi dalam jaringan komputer di suatu perusahaan dengan model Markov dan model non-Markov pada kasus tidak adanya ketergantungan (independen) antara risiko keamanan siber. Setelahnya, skripsi ini akan dilanjutkan dengan melakukan metode simulasi Monte Carlo untuk memperoleh data-data percobaan dengan berbagai distribusi, seperti distribusi Eksponensial, distribusi Weibull, distribusi Lognormal, dan distribusi Gauss Invers, agar dapat diolah untuk perhitungan besar premi yang dikenakan oleh perusahaan asuransi kepada perusahaan tertanggung yang tertarik untuk membeli produk asuransi keamanan siber. Perhitungan premi dilakukan dengan menggunakan prinsip premi standar deviasi dan prinsip premi utilitas eksponensial.

Kata-kata kunci: Asuransi Keamanan Siber, Markov, non-Markov, Infeksi, Pemulihan, Jaringan Komputer, Monte Carlo

ABSTRACT

The development of information and communication technology (ICT) not only has positive impacts, but also negative impacts, especially in the cybersecurity sector such as hacking of corporate data, breaching customer bank accounts, and so on. Therefore, insurance companies created a relatively new insurance product, namely cybersecurity insurance. However, the development of cybersecurity insurance still needs further investigation because there is no standard actuarial table like the mortality table in life insurance. This final project will discuss about the modeling of the infection and recovery process of a node and various other nodes that are connected to a computer network in a company with Markov model and non-Markov model in the case of the absence of dependence (independent) between cybersecurity risks. After that, this final project will be continued by performing the Monte Carlo simulation method to obtain experimental data with various distributions, such as the Exponential distribution, Weibull distribution, Lognormal distribution, and Inverse Gaussian distribution, so that it can be processed to calculate the amount of premium charged by the insurance company to the insured company that is interested in purchasing a cybersecurity insurance product. Premium calculation is done using standard deviation premium principle and exponential utility premium principle.

Keywords: Cybersecurity Insurance, Markov, non-Markov, Infection, Recovery, Computer Network, Monte Carlo

Untuk Papa, Mama, dan adikku terkasih

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat, karunia dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul "Pemodelan dan Perhitungan Premi Asuransi Keamanan Siber dengan Model Markov dan Model Non-Markov" sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 Program Studi Matematika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains (FTIS), Universitas Katolik Parahyangan (UNPAR), Bandung.

Selama penulisan skripsi berlangsung, penulis memperoleh banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat melewati berbagai rintangan dan hambatan yang ada. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih terutama kepada:

- Papa, Mama, Joice, dan keluarga besar yang telah memberi dukungan, doa, didikan, dan nasihat kepada penulis selama tahap penulisan dan penyelesaian skripsi.
- Bapak Benny Yong, Ph.D. selaku dosen pembimbing utama dan Ibu Felivia Kusnadi, M.Act.Sc., ASAI selaku dosen pembimbing serta yang telah dengan sabar membimbing, memberi ilmu, didikan, kritik, saran, dan arahan selama penulisan skripsi berlangsung dan masa perkuliahan.
- Bapak Dr. Ferry Jaya Permana, ASAI selaku dosen penguji pertama dan Ibu Farah Kristiani, Ph.D. selaku dosen penguji kedua dan dosen wali penulis yang telah menguji, memberi saran untuk perbaikan dan pengembangan skripsi ini, serta memberi kritik, saran, arahan, ilmu, dan didikan selama masa perkuliahan penulis.
- Bapak Liem Chin, M.Si. selaku dosen koordinator skripsi yang telah memberi arahan dan mengatur dari awal pelaksanaan mata kuliah skripsi sampai pelaksanaan sidang skripsi sehingga dapat berjalan dengan baik serta ilmu, didikan, kritik, saran, dan arahan selama masa perkuliahan.
- Seluruh dosen FTIS khususnya para dosen Program Studi Matematika yang telah memberi ilmu, didikan, kritik, saran, dan arahan selama masa perkuliahan.
- Seluruh staf Tata Usaha FTIS yang telah memberi bantuan khususnya dalam bidang administrasi selama masa perkuliahan.
- Seluruh pekaya FTIS yang telah merawat dan memelihara sarana dan prasarana di gedung 9 dan 10 selama masa perkuliahan.
- Rekan-rekan "AYCE" (Felisha, Natasha, Ronald, Maria, Tiffany, Felix, Jennifer, Nicolas, Kenzo, Jevan, Alvita, Octaviani, Gezia, dan Valencia) yang telah berbagi ilmu, hiburan, pengalaman, keluh kesah, sudut pandang, maupun kebersamaan dari awal masa perkuliahan.
- Rekan-rekan mahasiswa Matematika UNPAR angkatan 2017: Sebastian, Maria, Felisha, Marry, Nicolas, Jennifer, Ronald, Octaviani, Gladys, Helena, Kenzo, Tiffany, Elizabeth, Alvita, Raden, Felix, Fifi, Sheryl, Gezia, Anthony, Ananda, Natasha, Billy, Cory, Kevin, Monika, Christopher, Johannes, Nathania, Edwin, Gika, Paulus, Jevan, dan Enrico yang telah berbagi ilmu, hiburan, pengalaman, maupun kebersamaan dari awal masa perkuliahan.
- Para kakak dan adik tingkat Matematika UNPAR dari berbagai angkatan yang tidak dapat disebut satu per satu.

Tujuan lain dari pemilihan topik skripsi dan penulisan skripsi ini secara umum adalah untuk meneliti risiko keamanan siber pada model Markov dan model non-Markov pada kasus pada kasus tanpa adanya ketergantungan antara risiko keamanan siber komputer/*server* yang satu dengan yang lain pada satu jaringan komputer sehingga dapat menghitung premi asuransi keamanan siber.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan memiliki kekurangan sehingga penulis ingin memohon maaf kepada para pembaca apabila terdapat kesalahan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, para pembaca dapat memberi kritik dan saran yang membangun kepada penulis. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya bagi para pembaca yang ingin mempelajari maupun mendalami topik asuransi keamanan siber dan mengembangkan topik tersebut.

Bandung, Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Pembahasan	3
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Matriks Eksponensial	5
2.2 Persamaan Diferensial Linear Orde Pertama	6
2.3 Teori Graf	7
2.4 Perhitungan Ekspektasi dengan Ekspektasi Bersyarat	7
2.5 Fungsi Bertahan Hidup (<i>Survival</i>) dan <i>Joint Survival Status</i>	7
2.6 Jenis-Jenis Distribusi Peluang	8
2.6.1 Distribusi Beta	8
2.6.2 Distribusi Eksponensial	10
2.6.3 Distribusi Weibull	11
2.6.4 Distribusi Lognormal	13
2.6.5 Distribusi Gauss Invers	14
2.7 Proses Poisson	16
2.8 Proses Pembaharuan	17
2.8.1 Proses Pembaharuan Berayun	17
2.8.2 Proses Pembaharuan dengan Imbalan	18
2.9 Prinsip Perhitungan Premi	18
2.9.1 Prinsip Premi Standar Deviasi	18
2.9.2 Prinsip Premi Utilitas Eksponensial	19
3 MODEL PENYEBARAN	21
3.1 Model Markov	21
3.2 Model Non-Markov	23
3.3 Proses Infeksi dan Pemulihan pada Jaringan Komputer	27
4 SIMULASI DAN PERHITUNGAN HARGA PREMI	31
4.1 Skema Perbandingan Parameter pada Distribusi yang Sama	36
4.1.1 Simulasi dengan Menggunakan Distribusi Eksponensial	36

4.1.2	Simulasi dengan Menggunakan Distribusi Weibull	39
4.1.3	Simulasi dengan Menggunakan Distribusi Lognormal	42
4.1.4	Simulasi dengan Menggunakan Distribusi Gauss Invers	44
4.2	Skema Perbandingan Antara Distribusi-Distribusi yang Berbeda dengan Nilai Rata-Rata dan Variansi yang Sama	47
5	KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
	DAFTAR REFERENSI	51

DAFTAR GAMBAR

3.1	Siklus Proses Infeksi dan Pemulihan yang Terjadi pada Simpul v	27
3.2	Contoh Gambar Topologi	28
4.1	Contoh Jaringan Komputer Sederhana	31
4.2	Aproksimasi Peluang Batas Atas Infeksi Kasus 1 Terhadap Waktu	33
4.3	Aproksimasi Peluang Batas Atas Infeksi Kasus 2 Terhadap Waktu	34
4.4	Aproksimasi Peluang Batas Atas Infeksi Kasus 3 Terhadap Tingkat Pemulihan Simpul	35
4.5	Aproksimasi Peluang Batas Atas Infeksi Kasus 4 Terhadap Tingkat Pemulihan Simpul	36

DAFTAR TABEL

4.1	Tabel Hasil Simulasi untuk Skenario M_1	37
4.2	Tabel Hasil Simulasi untuk Skenario M_2	38
4.3	Tabel Perhitungan Premi dari Skenario M_1 dan Skenario M_2	39
4.4	Tabel Hasil Simulasi untuk Skenario N_1	40
4.5	Tabel Hasil Simulasi untuk Skenario N_2	41
4.6	Tabel Perhitungan Premi dari Skenario N_1 dan Skenario N_2	41
4.7	Tabel Hasil Simulasi untuk Skenario N_3	42
4.8	Tabel Hasil Simulasi untuk Skenario N_4	43
4.9	Tabel Perhitungan Premi dari Skenario N_3 dan Skenario N_4	44
4.10	Tabel Hasil Simulasi untuk Skenario N_5	45
4.11	Tabel Hasil Simulasi untuk Skenario N_6	46
4.12	Tabel Perhitungan Premi dari Skenario N_5 dan Skenario N_6	46
4.13	Tabel Hasil Simulasi untuk Distribusi Weibull	47
4.14	Tabel Hasil Simulasi untuk Distribusi Lognormal	47
4.15	Tabel Hasil Simulasi untuk Distribusi Gauss Invers	48

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) pada zaman sekarang telah berkembang pesat sehingga banyak pekerjaan menjadi lebih mudah untuk dilakukan seperti mengirim pesan serta berkas melalui surat elektronik, berita-berita yang dahulu termuat di surat kabar maupun majalah sudah dapat dibaca secara daring, arsip-arsip berharga dapat disimpan dalam bentuk *softcopy* dengan cara dipindai, dan sebagainya. Namun, perkembangan sektor TIK yang begitu pesat juga memberikan dampak negatif seperti pembajakan data suatu perusahaan oleh pihak tertentu, pembobolan rekening nasabah di bank, dan sebagainya. Oleh sebab itu, perusahaan asuransi berupaya untuk menawarkan berbagai produk asuransi agar para pemegang polis dapat mengalihkan risiko kehilangan atau kerugian yang dialami. Salah satu produk asuransi yang sedang menjadi topik hangat dalam beberapa tahun belakang adalah produk asuransi keamanan siber. Pasar asuransi keamanan siber sudah mulai meluas, tidak hanya diminati oleh perusahaan-perusahaan besar melainkan perusahaan-perusahaan menengah ke bawah juga mulai melirik produk asuransi keamanan siber.

Belakangan ini, asuransi keamanan siber baru ramai dikembangkan karena terdapat ciri khusus yang membedakan asuransi keamanan siber dengan asuransi konvensional, yaitu terdapat jaringan yang terdiri komputer dan *server* yang dinotasikan sebagai kumpulan simpul yang saling terhubung. Jika terjadi pembajakan atau penyerangan pada suatu simpul, akan terdapat potensi pembajakan atau penyerangan ke simpul lain pada jaringan. Oleh sebab itu, perusahaan asuransi perlu mempertimbangkan struktur atau topologi jaringan komputer yang ada pada perusahaan-perusahaan yang akan membeli produk asuransi keamanan siber. Selain itu, terdapat pula permasalahan ketiadaan tabel aktuarial standar maupun sistem penilaian standar pada sektor asuransi keamanan siber. Salah satu contoh tabel aktuarial standar yang dimaksud adalah tabel mortalitas yang digunakan untuk memodelkan perhitungan premi pada asuransi jiwa. Alasan mengapa tidak dapat dibuat tabel aktuarial standar untuk asuransi keamanan siber adalah risiko keamanan siber antara perusahaan yang satu dengan yang lain bisa berbeda sehingga polis untuk perusahaan bertanggung dibentuk dalam bentuk grup-grup tertentu dan premi yang dikenakan untuk masing-masing grup akan berbeda pula. Asuransi keamanan siber masih relatif baru sehingga tidak ada cukup data terkait peristiwa pembajakan atau penyerangan siber yang terkumpul untuk dijadikan acuan bagi perusahaan asuransi. Kekurangan data disebabkan karena keengganan pihak perusahaan bertanggung untuk melaporkan peristiwa pembajakan atau penyerangan siber yang pernah terjadi. Pihak perusahaan cenderung khawatir untuk melaporkan peristiwa pembajakan atau penyerangan karena hal ini dapat memberi keuntungan tertentu kepada pihak kompetitor, menurunkan kepercayaan pasar terhadap perusahaan, dan lain-lain [1].

Dari permasalahan-permasalahan yang telah dijabarkan di atas, para ahli dan akademisi mulai mengembangkan pemodelan risiko keamanan siber dan penentuan harga premi asuransi keamanan siber dengan berbagai metode maupun pendekatan seperti oleh Kosub [2] yang meneliti secara menyeluruh terkait pemodelan dan manajemen risiko keamanan siber, Schwartz dan Sastry [3] mengembangkan pengelolaan risiko keamanan siber pada jaringan interdependen skala besar, serta Mukhopadhyay dkk [4] mengembangkan pemodelan risiko keamanan siber dengan pendekatan

jaringan singkat Bayesian. Skripsi ini akan membahas kasus tidak adanya ketergantungan (independen) risiko keamanan siber antara simpul-simpul di suatu jaringan komputer pada model Markov dan model non-Markov berdasarkan literatur yang dibuat Xu dan Hua [1]. Xu dan Hua juga membahas kasus adanya ketergantungan di dalam literatur. Akan tetapi, Xu dan Hua tidak terlalu fokus meneliti kasus independen sehingga pada skripsi ini akan meneliti lebih lanjut terkait kasus independen. Metode simulasi numerik yang diterapkan pada skripsi ini adalah metode simulasi Monte Carlo agar diperoleh data yang akan diolah untuk menentukan besar premi asuransi keamanan siber yang akan dikenakan oleh pihak perusahaan asuransi. Prinsip perhitungan premi yang digunakan pada skripsi ini ada 2 jenis, yaitu prinsip premi standar deviasi dan prinsip premi utilitas eksponensial [1, 5, 6].

1.2 Rumusan Masalah

Skripsi ini akan membahas pemodelan dan penentuan harga premi asuransi keamanan siber. Oleh karena itu, masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menaksir besar batas atas dari peluang terinfeksi suatu simpul pada jaringan komputer?
2. Bagaimana memodelkan frekuensi peristiwa infeksi dan total kerugian yang dialami suatu perusahaan?
3. Bagaimana menaksir besar premi asuransi keamanan siber yang diterapkan oleh perusahaan asuransi?
4. Bagaimana sensitivitas perubahan harga premi akibat pemilihan parameter pada distribusi yang sama atau pemilihan distribusi yang berbeda pada risiko keamanan siber antara simpul-simpul pada jaringan komputer?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Menerapkan metode untuk menaksir besar batas atas dari peluang terinfeksi suatu simpul pada jaringan komputer.
2. Menerapkan metode simulasi Monte Carlo untuk memodelkan frekuensi peristiwa infeksi dan total kerugian yang dialami oleh suatu perusahaan.
3. Menerapkan prinsip premi standar deviasi dan utilitas eksponensial untuk menentukan besar premi asuransi keamanan siber yang diterapkan oleh perusahaan asuransi.
4. Menghitung perubahan harga premi akibat pemilihan parameter pada distribusi yang sama atau pemilihan distribusi yang berbeda pada risiko keamanan siber antara simpul-simpul pada jaringan komputer.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Sebuah simpul asal akan menginfeksi suatu simpul tujuan, maka proses infeksi akan menjalar ke simpul-simpul lainnya yang menjadi penghubung antara kedua simpul tersebut.
2. Proses infeksi hanya akan menyerang simpul yang belum terinfeksi. Jika suatu simpul telah terinfeksi, maka proses infeksi akan berhenti sampai kondisi simpul telah pulih.
3. Proses pemulihan, proses infeksi antarsimpul, serta proses infeksi dari luar jaringan diasumsikan memiliki distribusi yang sama.
4. Tingkat keamanan semua simpul pada jaringan komputer baik komputer atau *server* diasumsikan sama.
5. Distribusi pada proses infeksi dan proses pemulihan pada setiap simpul diasumsikan sama.

6. Selama kontrak asuransi berlangsung, tidak ada perubahan struktur/topologi jaringan komputer pada perusahaan bertanggung.

1.5 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan pada skripsi ini terdiri dari lima bab, yaitu:

- **Bab 1: Pendahuluan**
Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika pembahasan penulisan skripsi.
- **Bab 2: Landasan Teori**
Bab ini berisikan teori-teori yang akan digunakan dalam pengerjaan skripsi.
- **Bab 3: Model Penyebaran**
Bab ini berisi pembahasan model penyebaran yakni model Markov dan model non-Markov serta proses infeksi dan pemulihan pada jaringan komputer.
- **Bab 4: Simulasi dan Perhitungan Harga Premi**
Bab ini akan membahas hasil simulasi terkait algoritma kontrak risiko keamanan siber, perhitungan premi asuransi keamanan siber, analisis sensitivitas akibat perubahan parameter dan pemilihan distribusi yang digunakan.
- **Bab 5: Kesimpulan dan Saran**
Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan skripsi dan saran untuk pengembangan model yang mungkin dapat diterapkan pada pengerjaan skripsi-skripsi selanjutnya.