

**DARI TEORI KE REALITA:
KONTRIBUSI MATEMATIKA, STATISTIKA DAN
STOKASTIKA DALAM ILMU AKTUARIA**



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Ilmu Aktuaria
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
Tanggal 17 Juni 2025**

**Oleh:
Prof. Dr. Drs. Gunardi, M.Si.**

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua.

Yang terhormat,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Gadjah Mada,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik Universitas Gadjah Mada,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Gadjah Mada,

Rektor dan para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada,

Para Dekan, Wakil Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada, serta Ketua Lembaga di lingkungan Universitas Gadjah Mada,

Segenap sivitas akademika, terutama para Dosen di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada,

Para tamu undangan, handai taulan, kerabat, sahabat, keluarga, dan seluruh hadirin yang saya muliakan.

Alhamdulillah, puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah Swt Yang atas rahmat dan karunia-Nya, kita semua dapat berkumpul pagi ini dalam keadaan sehat.

Pada kesempatan ini, saya menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Gadjah Mada atas kepercayaan yang diberikan kepada saya untuk menyampaikan pidato pengukuhan ini sebagai bagian dari tanggung jawab akademik saya sebagai Guru Besar di bidang **Ilmu Aktuaria** pada Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, terhitung sejak 1 September 2024.

Pada kesempatan ini perkenankan saya menyampaikan pidato ilmiah dengan judul:

Dari Teori ke Realita: Kontribusi Matematika, Statistika dan Stokastika dalam Ilmu Aktuaria

Pimpinan Sidang dan Hadirin yang saya hormati,

Hadirin yang saya hormati, Ilmu Aktuaria adalah bidang multidisiplin yang menggabungkan matematika, statistika, dan stokastika untuk memahami, mengukur, dan mengelola risiko, khususnya dalam industri asuransi, keuangan, dan investasi. Dari zaman kuno hingga era modern, perkembangan ketiga cabang ilmu ini telah memungkinkan kita untuk mengambil keputusan berdasarkan data dan probabilitas guna menghadapi ketidakpastian yang ada di dunia nyata.

Matematika: Fondasi Logika dalam Ilmu Aktuaria

Ilmu aktuaria berdiri kokoh di atas fondasi pertama dan terpenting: matematika. Tanpa kehadirannya, tidak mungkin kita dapat memahami maupun mengelola risiko secara sistematis. Matematika menyediakan bahasa formal untuk menjelaskan konsep inti aktuaria, seperti risiko, nilai waktu uang, dan ketidakpastian.

Sejak era Newton 1660 (Smith, 2007) dan Leibniz 1675 (Look, 2025) yang memperkenalkan kalkulus, serta kontribusi Pascal (Robertson, Blaise Pascal, 1996) dan Fermat (Robertson, 2002) 1654 dalam mengembangkan teori peluang, matematika telah menjadi alat utama untuk memodelkan ketidakpastian. Dalam praktik asuransi dan dana pensiun, konsep seperti nilai kini (*present value*) dan anuitas sepenuhnya bergantung pada prinsip-prinsip kalkulus dan aljabar.

Tanpa struktur yang dibawa oleh matematika, mustahil bagi kita untuk merancang kontrak asuransi yang adil, menentukan tarif premi yang rasional, menghitung kebutuhan dana pensiun secara akurat. Sejak awal, teori bilangan, kalkulus, dan aljabar linier telah membentuk dasar dari model risiko dan valuasi dalam aktuaria. Hukum bilangan besar dan distribusi probabilitas memungkinkan aktuaria untuk membuat prediksi yang andal berdasarkan data historis. Melalui kerangka matematis ini, kita tidak hanya mengenali pola risiko, tetapi juga dapat merancang strategi mitigasi yang lebih efektif dan efisien. Fenomena di atas dalam matematika dijelaskan dengan notasi **variabel**.

Variabel dalam Matematika

Dalam matematika, variabel adalah simbol (misalnya, x atau y) yang mewakili suatu nilai yang dapat berubah. Misalkan x sebagai variabel bebas dan y sebagai variabel tidak bebas. Nilai x dapat berubah-ubah, dan perubahan tersebut akan menentukan nilai y . Variabel adalah komponen fundamental dalam membangun model matematis yang fleksibel dan dapat disesuaikan dengan berbagai kondisi nyata.

Pimpinan Sidang dan Hadirin yang saya hormati,

Statistika: Jembatan antara Data dan Ilmu Aktuaria

Teori saja tidak cukup. Dunia nyata dipenuhi oleh data yang tidak sempurna, fluktuasi, serta ketidakaturan. Di sinilah statistika hadir sebagai jembatan antara data dan ilmu aktuaria. Statistika mengajarkan kita cara menarik kesimpulan yang valid dari data yang terbatas dan penuh ketidakpastian.

Dalam konteks aktuaria, teknik statistik seperti inferensi, regresi, dan estimasi parameter memungkinkan kita memperkirakan frekuensi klaim, besar kerugian, harapan hidup, dengan tingkat ketepatan yang tinggi.

Tanpa statistika, perhitungan aktuaria bisa terjebak dalam spekulasi. Dengan statistika, kita dapat mengubah data historis menjadi dasar pengambilan keputusan yang kuat, terukur, dan bertanggung jawab.

Sejak pengembangan tabel mortalitas pertama oleh John Graunt 1662 (Traverso & Magni, 2018) dan Edmond Halley 1693 (Halley, 1693), statistika telah menjadi alat penting dalam aktuaria. Teknik modern seperti regresi, analisis varians, serta pendekatan *machine learning* dan *big data* serta *statistical learning* kini semakin memperkaya analisis dalam bidang ini. Dengan dukungan statistika, aktuaria tidak hanya mampu memahami pola-pola masa lalu, tetapi juga dapat memproyeksikan tren masa depan dalam industri keuangan dan asuransi.

Variabel random (*Random Variable*)

Dalam teori probabilitas dan statistika, variabel random adalah variabel yang nilainya ditentukan oleh suatu proses random. Nilai-nilai

yang mungkin diambil oleh variabel random mengikuti distribusi probabilitas tertentu.

Variabel random menjadi elemen kunci dalam membangun model statistik dan aktuarial, karena membantu kita menggambarkan ketidakpastian dalam bentuk yang kuantitatif.

Pimpinan Sidang dan Hadirin yang saya hormati,

Stokastika: Model untuk Mengelola Ketidakpastian Dinamis

Dalam praktik aktuarial modern, kita tidak hanya menghadapi ketidakpastian yang bersifat statis, tetapi juga ketidakpastian yang berkembang seiring waktu. Untuk itu, stokastika hadir sebagai alat penting dalam memahami dan memodelkan proses random yang bersifat dinamis.

Model stokastik seperti rantai Markov 1906 (Wikipedia, 2024), proses Poisson 1827 (Wikipedia, 2025), dan proses Wiener (*Brownian motion*) 1926 (Wikipedia, 2025) menyediakan kerangka kerja matematis untuk menggambarkan fenomena dunia nyata seperti pergerakan harga saham, perubahan suku bunga, frekuensi dan intensitas klaim asuransi.

Lebih lanjut, model-model lanjutan seperti model Black-Scholes untuk opsi keuangan dan teori risiko kolektif memperluas kapabilitas analisis risiko dalam konteks ekonomi yang sangat volatil atau bervariasi. Di era modern, mengandalkan model deterministik saja sudah tidak memadai. Model stokastik menjadi keharusan bagi aktuaris untuk membuat proyeksi yang realistis atas nilai-nilai keuangan dan risiko jangka panjang.

Stokastika, yang berakar dari teori probabilitas, memungkinkan kita untuk menangkap kompleksitas pergerakan random dalam sistem keuangan dan asuransi. Proses stokastik seperti *Markov chain* dan *Brownian motion* kini menjadi pilar penting dalam valuasi derivatif keuangan, perhitungan cadangan asuransi, manajemen risiko portofolio investasi.

Dalam dunia yang semakin kompleks dan penuh ketidakpastian, pendekatan stokastik tidak hanya relevan, tetapi juga esensial dalam membangun sistem keuangan yang adaptif dan tangguh.

Pimpinan Sidang dan Hadirin yang saya hormati,

X(t): Notasi Umum dalam Proses Stokastik dan Sistem Dinamis

Notasi $X(t)$ sering digunakan dalam berbagai cabang matematika, terutama dalam **proses stokastik**, **sistem dinamis**, dan **fungsi waktu**. Arti dari $X(t)$ bergantung pada konteks atau bidang studi yang sedang dibahas. Berikut penjelasannya dalam konteks **proses stokastik**: $X(t)$ adalah variabel random yang nilainya bergantung pada waktu t . Artinya, $X(t)$ merepresentasikan nilai suatu besaran yang berubah secara random seiring waktu t . Contoh: Jika $X(t)$ menyatakan harga saham pada waktu t , maka nilainya akan berubah secara random sesuai dengan dinamika pasar. Salah satu contoh klasik adalah proses Wiener (*Brownian motion*), yaitu model di mana $X(t)$ menggambarkan pergerakan random suatu partikel atau besaran (seperti harga aset) dari waktu ke waktu.

Dengan menggunakan $X(t)$, kita dapat memodelkan berbagai fenomena dunia nyata yang bersifat tidak pasti namun memiliki struktur statistik tertentu—sebuah kemampuan yang sangat penting dalam bidang aktuarial, keuangan, dan sains data.

X(t) dalam Konteks Aktuaria

Dalam ilmu aktuarial, notasi $X(t)$ sering digunakan untuk mewakili proses stokastik, yaitu variabel random yang berubah seiring waktu. Berikut beberapa contoh aplikatif:

1. Proses Klaim dalam Asuransi

- $X(t)$: Jumlah total klaim yang telah terjadi hingga waktu t . Sering dimodelkan sebagai proses Poisson, di mana jumlah klaim mengikuti distribusi Poisson.
- Contoh: Jika $X(t)$ adalah jumlah klaim asuransi kesehatan sampai waktu t , maka proses ini merepresentasikan frekuensi klaim secara stokastik.

2. Cadangan Dana (*Reserve Process*)

- $X(t)$: Cadangan dana perusahaan asuransi pada waktu t . Dipengaruhi oleh premi masuk, klaim keluar, dan hasil investasi.
- Model: *Cramér-Lundberg Model*, yang menggambarkan dinamika cadangan seiring waktu.

3. Nilai Aset dalam Pensiun dan Asuransi Jiwa

- $X(t)$: Nilai portofolio atau aset dari dana pensiun atau produk asuransi jiwa. Umumnya dimodelkan menggunakan *Geometric Brownian Motion* (GBM).
- Contoh: Jika $X(t)$ adalah nilai investasi pensiun, maka nilainya berubah secara random sesuai pergerakan pasar keuangan.

Dari Teori ke Realita: Aplikasi Ilmu Aktuaria dalam Kehidupan

Meski berakar pada teori matematika dan probabilitas yang mendalam, tantangan dunia aktuaria kini semakin kompleks. Munculnya *big data*, *machine learning*, *statistical learning* dan analitik prediktif menuntut pendekatan yang lebih adaptif dan dinamis. Seorang aktuaris modern tidak cukup hanya memahami teori; ia juga harus mampu membumikan konsep-konsep abstrak menjadi solusi nyata yang relevan dan berkelanjutan.

Inilah panggilan bagi kita semua:

- Memperkaya pembelajaran dan riset,
- Membangun jembatan antara teori dan aplikasi,
- Menginspirasi generasi baru aktuaris untuk terus melampaui batas-batas disiplin ilmu.

Kontribusi Nyata Ilmu Aktuaria

Gabungan dari matematika, statistika, dan stokastika menghasilkan berbagai kontribusi nyata dalam kehidupan, antara lain:

- Penetapan premi dan cadangan asuransi berbasis data dan proyeksi realistis.
- Perancangan skema pensiun yang berkelanjutan dan tahan terhadap tekanan ekonomi jangka panjang.
- Pengembangan produk asuransi jiwa, kesehatan, dan kerugian yang inovatif serta responsif terhadap kebutuhan masyarakat.
- Manajemen risiko keuangan di sektor perbankan dan pasar modal.
- Ekspansi ke bidang baru, seperti aktuaria kesehatan, bencana alam, dan sosial, yang memperluas manfaat ilmu ini bagi masyarakat luas.

Hadirin sekalian, kontribusi matematika, statistika, dan stokastika dalam ilmu aktuaria bukanlah sekadar teori di dalam buku teks. Konsep-konsep ini telah digunakan untuk:

- Menentukan premi yang **sesuai dengan risikonya**.
- Merancang dana pensiun yang **mempertimbangkan risiko demografi**.
- Memprediksi dampak perubahan iklim terhadap ekonomi global.
- Sistem pembiayaan kesehatan yang lebih efisien.

Dengan kombinasi antara teori dan penerapan nyata, ilmu aktuaria menjadi alat penting dalam membantu individu, perusahaan, dan negara menghadapi risiko di masa depan.

Pengembangan ilmu aktuaria di masa kini dan masa depan

- Penggunaan kecerdasan buatan dalam pengembangan produk dan efisiensi operasional.
- Pengembangan sistem jaminan sosial di Indonesia yang realistis.
- Laporan keuangan yang adaptif dan realistis.
- Pengembangan ilmu aktuaria yang disesuaikan dengan konsep Syariah.

Perjalanan Penelitian dan Kerja sama

Perjalanan penelitian saya di dunia realita diawali dari Research Workshop tentang proses stokastik di ITB dengan pemateri Prof. F. M. Dekking, Dr. Gerard Hooghiemstra dan Dr. J.A.M van der Weide dari TU Delft Belanda. Dilanjutkan dengan kunjungan penelitian di TU Delft Belanda tahun 1998 selama 4 bulan dengan pemodelan stokastik untuk transplantasi organ tubuh manusia dengan dukungan dana dari Euorotransplant Foundation (Eurotransplant, 1967).

Beberapa tahun kemudian dengan melihat realita sektor keuangan di Indonesia kurang baik setelah krisis keuangan tahun 1998, saya mulai melakukan penelitian dibidang keuangan sehingga topik penelitian S3 saya di bidang statistika keuangan, khususnya teori opsi (*option Theory*). Berdasarkan Kontrak Opsi Saham yang diperdagangkan di Bursa Efek Indonesia, tahun 2006 menghasilkan penelitian untuk

disertasi saya tentang Kontrak Opsi Saham Indonesia atau *Indonesian Options* (Weide, 2006). Selanjutnya hasil penelitiannya dipublikasikan pada tahun 2008 dengan judul *P(I)DE Approach For Indonesian Options Pricing*.

Selanjutnya Penelitian dibidang ilmu aktuaria saya awali dengan tesis mahasiswa bimbingan saya tahun 2009 dengan judul *Penentuan premi tunggal bersih untuk kontrak asuransi jiwa seumur hidup unit linked*.

Sedangkan Perjalanan kerja sama, saya awali tahun 2010 dengan nama proyeknya *Indonesian Facility Project* (TU Delft, UGM, ABFI) dengan judul *Strengthening the finance sector of Indonesia through training, research and development in finance and risk*, dengan durasi September 1, 2010 to March 31, 2011. Berdasarkan dukungan program *R&D fellowships in the NL for training and exposure from October 1 to November 30, 2010* diberangkatkan ke TU Delft 6 dosen UGM (Gunardi, Danang Teguh Qoyyimi, Nanang Susyanto, Abdurakhman, Fajar Adi Kusumo, Irwan Endrayanto) dan 5 dosen ABFI (Muztanwir Zuhri, Adi Susilo Jahja, Endang S. Wibowo, Zaenal Abidin, Acong D Marsono).

Pada tahun yang sama beberapa topik penelitian lain di bidang ilmu aktuaria dihasilkan dengan judul *Penggunaan rekursi panjer untuk menghitung distribusi akumulasi klaim asuransi kebakaran dan Model markov multi status untuk menentukan premi asuransi perawatan jangka panjang*. Selanjutnya pada tahun 2011 penelitian dengan judul *Menentukan Premi Dan Risiko Individu Untuk Asuransi Perawatan Jangka Panjang* (Tesis) dan tahun 2012 dengan judul *Penentuan Premi Stasioner Dan Efisiensi Premi Berdasarkan Distribusi Stasioner Pada Bonus-Malus System (Bms)* (Tesis).

Penelitian pada tahun 2013 menghasilkan Jurnal dengan judul *Pemodelan Intensitas Transisi dan Peluang pada Asuransi Perawatan Jangka Panjang*. (Jurnal), dan beberapa Tesis mahasiswa S2 dengan judul sebagai berikut: *Penentuan Premi Tunggal Bersih Untuk Kontrak Asuransi Jiwa Endowment Unit Link Dengan Garansi Minimum Menggunakan Metode Point-To-Point* (Tesis), *Penentuan Premi Tunggal Bersih Untuk Kontrak Asuransi Jiwa Seumur Hidup Unit Link Dengan Benefit Diakhir 1/M Tahun Kematian* (Tesis) dan *Asuransi Jiwa*

Unit Link Dengan Jaminan Minimum Manfaat Kematian Menggunakan Pendekatan Opsi Tipe Eropa; Unit-Linked Life Insurance Contract With Minimum Death Benefit Guarantee (Tesis) yang menerapkan teori opsi dalam ilmu aktuaria.

Pada tahun 2014 menghasilkan penelitian dengan judul Modifikasi Cadangan Premi Metode Full Preliminary Term Pada Asuransi Jiwa Dwiguna Model Diskrit dan Premi Tunggal Asuransi Jiwa Equity-Linked : Analisis Pengaruh Usia Tertanggung Dan Waktu Jatuh Tempo, serta beberapa skripsi dengan judul Penentuan Harga Obligasi Bencana Alam Gempa Bumi dengan Sebaran Nilai Ekstremum Rampat dan Model Suku Bunga Cox-Ingersoll-Ross (CIR) (Skripsi) dan Modifikasi Cadangan Premi Metode Full Preliminary Term Pada Asuransi Jiwa Dwiguna Model Diskrit; Modification Of Premium Reserve By Using Full Preliminary Term Method (Skripsi).

Kerja sama berikutnya pada tahun 2015 disetujuinya proyek dengan judul *Project READI: Risk Management, Economic Sustainability, and Actuarial Science Development in Indonesia* (2015-2021), suatu proyek yang didanai oleh Pemerintah Kanada (Global Affairs Canada), PT. Manulife Indonesia dan Sun Life Financial dan dilaksanakan oleh University of Waterloo bekerja sama dengan Otoritas Jasa Keuangan (OJK). Tujuan utama Proyek READI adalah untuk menjadikan Indonesia sebagai Pusat Keunggulan Ilmu Aktuaria dan Manajemen Risiko di kawasan regional. Beberapa hasil penting dari proyek ini adalah beasiswa untuk program master di bidang ilmu aktuaria di University of Waterloo dan lahirnya program studi ilmu aktuaria di beberapa perguruan tinggi di Indonesia.

Penelitian yang dilakukan seiring awal pelaksanaan proyek READI ada beberapa hasil dengan judul Valuation of Indonesian catastrophic earthquake bonds with generalized extreme value (GEV) distribution and Cox-Ingersoll-Ross (CIR) interest rate model, Aproksimasi Anuitas Hidup Menggunakan Kombinasi Eksponensial dan Single Premium of Equity-Linked with CRR and CIR Binomial Tree.

Pada tahun 2016 mulai dilakukan penelitian terkait perubahan iklim dan dampaknya, beberapa judul penelitian seperti Application of the empirical orthogonal function to study the rainfall pattern in Daerah

Istimewa Yogyakarta province, Climate Change Detection Using Bayesian Change Point Method for Improving the Traditional Cropping Calendar in DIY Province Indonesia.

Selanjutnya tahun 2017 penelitian terkait perubahan iklim dan teori opsi terus dilakukan dengan judul *Toda-Yamamoto approximation for the granger causality analysis of climate attributes in Yogyakarta* dan *The greeks of Indonesian call option*.

Penelitian dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian, pada tahun 2018 menghasilkan judul *Copula modeling to identify the dependency structure of agricultural production and its environment indicators in Indonesia*.

Selanjutnya dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian pada tahun 2019 mulai diteliti dengan judul *Calculation of crop insurance premium based on dependence among yield price, crop yield, and standard rainfall index using vine copula dan Modeling indemnity of revenue-based crop insurance in Indonesia using time-varying copula models* (Ahdika, Rosadi, Effendie, & Gunardi, 2019).

Pada tahun 2020 masih diteliti terkait opsi Indonesia dengan judul *Finite difference method for pricing of Indonesian option under a mixed fractional Brownian motion*, penelitian terapan teori opsi untuk penentuan harga premi diperoleh dengan judul *Pendekatan Opsi Cash-Or-Nothing Up And In Barrier Untuk Penentuan Nilai Premi Asuransi Pertanian*. Selain itu juga diteliti premi asuransi umum dengan judul *Implementasi Metode Bayes Pada Penghitungan Premi Asuransi Kendaraan Bermotor* (Fitriani & Gunardi, 2020).

Pada tahun 2021 masih diteliti terkait sektor pertanian dengan judul *Household margin insurance of agricultural sector in Indonesia using a farmer exchange rate index* dan mulai penelitian tentang penyakit kanker dengan judul *Survival analysis of breast cancer patients in Yogyakarta* dan *Dynamics of a Breast Cancer Model for Neutropenia Case due to Chemotherapy Effects*.

Selanjutnya pada tahun 2022 mulai diteliti tentang cadangan dengan judul *Classifying Insurance Reserve Period via Claim Frequency Domain Using Hawkes Process*. Pada tahun ini juga dilakukan penelitian dengan topik Asuransi untuk penyakit kritis, beberapa hasil penelitian sebagai berikut: *Critical Illness Insurance*

Model for Breast Cancer Patients Based on Chemotherapy Responses, Cox Proportional Hazard Regression Interaction Model and Its Application to Determine The Risk of Death in Breast Cancer Patients after Chemotherapy. Characteristics of breast cancer patients at dr. Sardjito Hospital for early anticipation of neutropenia: Cross-sectional study dan Mathematical Model of the Journey of Breast Cancer Patients Affected by Chemotherapy Response.

Pada tahun 2023, Beberapa hasil pebelitian diterbitkan dalam jurnal atau prosiding dengan judul: A Mathematical Model for The Treatment Cost Estimation of Breast Cancer with Cardiotoxicity, Robust Optimization of Stock Portfolio Index IDX 30 Using Monte Carlo Simulation in Insurance Company, Prediction of the Number of BPJS Claims due to COVID-19 Based on Community Mobility and Vaccination in DIY Province Using the Bayesian Structural Time Series, Determining Auto Insurance Pure Premium Based on Mileage (Pay-As-You-Drive Insurance) Using Tree-Based Machine Learning, Geographically Weighted Logistic Regression Model on Binomial Data to Explore Weather Spatial Non-Stationarity in Covid-19 Cases, Geographically weighted generalized Poisson regression model with the best kernel function in the case of the number of postpartum maternal mortality in East Java dan Perhitungan Premi Asuransi Penyakit Kritis Kanker Paru-paru menggunakan Model Multi Status dengan Angka Insidensi dan Angka Kematian Penyakit Kritis (Skripsi).

Sedangkan pada tahun 2024 dihasilkan penelitian aktuaria di bidang keuangan dengan judul Deposit Insurance Price Using Modified Option Approach Based on Variance-Gamma Process dan di bidang pertanian dengan judul An improved agricultural household margin insurance scheme with insured-insurer risk protection: a time-varying copula approach.

Sedangkan pada tahun 2025 menghasilkan beberapa penelitian di bidang asuransi penyakit kritis dengan judul Pricing Cancer Reinsurance Premiums Using a Stochastic Treatment Cost Model, Modification of Cox-Snell and Martingale Residual for Estimating Change Point in a Covariate within the Cox Proportional Hazard Model. dan Cox-Based Estimation Model for Critical Illness Insurance Policy for Breast Cancer Based on the Possible Transition of Status.

Penutup

Sebagai akademisi dan praktisi di bidang ilmu aktuaria, kita memiliki tanggung jawab besar untuk terus mengembangkan metode yang lebih inovatif dan berkontribusi dalam membangun sistem keuangan yang lebih stabil dan berkelanjutan. Saya berharap ilmu ini terus berkembang dan memberikan manfaat yang luas bagi masyarakat.

Pimpinan Sidang dan Hadirin yang saya hormati,

Saya menyadari sepenuhnya bahwa capaian tertinggi akademik ini terwujud atas bantuan dan kontribusi banyak pihak. Oleh karenanya izinkan saya menyampaikan terima kasih kepada beberapa pihak tersebut. Pertama, kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan Tinggi Sains dan Teknologi Republik Indonesia, Kepada Prof. dr. Ova Emilia, M.Med.Ed., Sp.OG(K), Ph.D., Rektor Universitas Gadjah Mada, Prof. Dr. Supriyadi, M.Sc., Wakil Rektor bidang Sumber Daya Manusia dan Keuangan, Universitas Gadjah Mada, Pimpinan dan Anggota Dewan Guru Besar UGM, Pimpinan dan Anggota Senat Akademik UGM, Dekan FMIPA UGM, para Wakil Dekan FMIPA UGM, Senat FMIPA UGM, TIM PAK FMIPA UGM, Ketua Departemen Matematika FMIPA UGM, serta Sekretaris Departemen Matematika FMIPA UGM, yang telah memproses, mengusulkan, mengesahkan, dan menyetujui usulan kenaikan jabatan akademik saya sebagai guru besar hingga terbit SK.

Apresiasi dan terima kasih dengan tulus saya sampaikan kepada Prof Suadi, S.Pi., M.Agr.Sc., Ph.D., Direktur Sumber Daya Manusia, Bu Kenok, Pak Mohamad Akhdy Prihantono, dan rekan-rekan lain di Direktorat Sumber Daya Manusia, Ibu/Bapak Staf UP FMIPA UGM Bapak Bomahasko Kosasih, Pak Dwi Winarno dan Ibu Shafa Purnama Sari, atas jerih payah selama proses pengusulan guru besar saya.

Selanjutnya, penghargaan dan terima kasih yang tulus saya haturkan untuk semua guru yang telah membimbing, mendidik dan membentuk saya hari ini: Ibu/Bapak guru SDN Sokaraja Kulon III, SMPN II Sokaraja, dan SMAN II Purwokerto, serta Ibu/Bapak dosen di Departemen Matematika FMIPA UGM. Alm. Bapak Prof. Subanar, Alm. Bapak Prof. R. Soemantri, Alm. Bapak Prof. Zanzawi Soejoeti,

Sri Haryatmi, Alm. Bapak Drs. Wirasto, Alm. Bapak Drs. Wardiman, Alm. Ibu Dra. Sri Pangesti, Alm. Ibu Dra. Sri Daru Unoningsih, Alm. Bapak Drs. Sri Tunjung Widyakumara, dan Alm. Ibu Dra. Retno Wikaningtyas, serta Alm. Bapak Prof Widodo yang beliau-beliau telah mendahului kita, semoga Allah Swt memberikan tempat terbaik di sorga, Aamiin. Juga kepada Bapak Prof. Soeparna Darmawijaya, Bapak Prof. Bambang Sudiyono, Bapak Drs. GP. Dalijo, Dipl. Com. dan Drs. Zulaela, M.Si, Semoga beliau-beliau selalu diberi kesehatan oleh Allah Swt. Semoga ilmu dan kebaikan yang telah Ibu/Bapak curahkan tercatat sebagai amal jariyah yang tak terputus.

Terima kasih juga saya sampaikan kepada pembimbing doktoral saya di UGM, Alm Prof. Subanar, Ph.D., Alm Prof. Dr. Sri Haryatmi, M.Sc. dan Dr. J.A.M Vander Weide (TU Delft Belanda) atas ilmu dan bimbingannya selama studi doktoral saya.

Selanjutnya, terima kasih saya haturkan kepada Alm Prof. Drs. Zanzawi Soejoeti, M.Sc., Ph.D., Alm. Prof. Drs. Suryo Guritno, M.Stats., Ph.D, Alm Prof. Drs. Subanar, Ph.D., dan Alm Prof. Dr. Dra. Sri Haryatmi, M.Sc. atas rekomendasinya untuk saya menjadi dosen di Departemen Matematika.

Kepada seluruh kolega, baik staf pendidik maupun tenaga kependidikan di FMIPA UGM dan khususnya kolega di Departemen Matematika, terima kasih atas sinergi, dukungan, dan kebersamaannya selama ini. Dan kepada Ibu/Bapak dosen di Lab Statistika, Prof. Dr. Abdurakhman, M.Si., Dr. Danardono, M.PH., Dr. Adhitya Ronnie Efendy, M.Sc., Danang Teguh Qoyyimi, M.Si. Ph.D., Yunita Wulan Sari, M.Si., Dr. Atina Husnaqilaty., Dr Ivonne, M.Sc., Rika Fitriyani, M.Si, Riyanti, M.Si., Rahmalia nur Azizah, M.Si., Restu Ananda Putra dan Era Setya Cahyati, M.Si., terima kasih untuk diskusi-diskusinya dan kolaborasi produktif selama ini.

Khususnya kepada Prof. Dr. Imam Sholehudin., dan Prof. Dr.rer.nat. Yeni Susanti, M.Si. terima kasih juga saya sampaikan untuk koreksi dan masukan yang membangun atas naskah pidato ini. Saya juga sampaikan ucapan terimakasih untuk bapak Paul Setio Kartono selaku Ketua Persatuan Aktuaris Indonesia (PAI) atas saran dan masukkan dari sisi praktisi aktuaria untuk naskah pidato ini,

Terima kasih pula saya sampaikan untuk semua kolaborator penelitian saya, Prof. F.M. Dekking, Dr. Gerard Hooghiemstra dan Dr. J.A.M van der Weide (*TU Delft Netherland*) yang telah mengenalkan saya pada model Stokastik dan aplikasinya, Prof Karl Sigman (Columbia University USA) selalu semangat diskusi tentang proses Stokastik khususnya Teori Antrian dan aplikasinya, Prof. Wu Wei Ying (NDHU Taiwan) yang semangat memberi saran dan memasukkan untuk riset model survival dengan titik ubah dari bimbingan S3 saya pak Hasan, di samping itu juga memberi kesempatan saya dan pak Hasan untuk kunjungan riset ke Taiwan tahun 2024. Selanjutnya Dr. Mahayudin (UiTM Malaysia) yang telah bersedia menjadi Ko-Promotor bimbingan mahasiswa S3 saya Bu Rokhana, ibu Dr. dr. Susana sebagai Ko Promotor untuk pak Ivan dan Bu Yunita. Serta ibu Dr. dr. Mardiyah sebagai Ko Promotor untuk Bu Sulasri.

Saya ucapkan terima kasih kepada bapak Rianto, bapak Fauzi dan teman-teman di Persatuan Aktuaris Indonesia (PAI) atas kerja samanya untuk kelahiran program studi Ilmu Aktuaria di UGM dan memberi kesempatan *mapping* mata Kuliah untuk sertifikasi ASAI.

Saya juga ucapkan terima kasih kepada bapak Budi Herawan (Ketua), bapak Vincentius Wilianto (Wakil Ketua) dan bapa33k Cipto Hartono (Direktur Eksekutif) Asosiasi Asuransi Umum Indonesia (AAUI) atas kesediaannya mulai tahun 2025 untuk Kerja sama dengan FMIPA UGM khususnya Departemen Matematika.

Pada kesempatan ini, saya juga ucapkan terima kasih untuk bapak Djap Tet Fa (Presiden Direktur) dan bapak Eko Prasetyo (Direktur) PT Astra Agro Lestari (AAL) yang telah memberi kesempatan magang 16 mahasiswa prodi Statistika pada tahun 2024 dan memberi kesempatan 4 di antaranya bekerja di PT AAL mulai tahun 2025, semoga terus berlanjut dan ditingkatkan pada waktu mendatang.

Apresiasi juga saya sampaikan kepada mahasiswa-mahasiswa saya, di semua jenjang S1, S2, maupun S3, yang telah menjadi mitra penting bertukar pikiran dan sumber inspirasi untuk saya. Semoga kolaborasi yang telah terbangun bisa terus berlanjut di masa mendatang.

Selanjutnya, doa dan apresiasi juga saya sampaikan untuk mertua saya, Ibu Tukinah terutama untuk masa-masa saya di luar kota, beliau di usia sepuh harus ikut mengurus tiga cucu yang masih kanak-kanak.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada mertua saya bapak Sudarmaji, yang selalu mendoakan, memberi dukungan dan nasehat kepada saya sehingga saya berhasil meraih Guru Besar. Saya ucapkan terima kasih juga kepada Dik Rina dan Alm. Mas Andik, Dik Suci beserta keluarga, Dik Deni beserta keluarga, Dik Bagus beserta keluarga dan Dik Rinto beserta keluarga atas dukungannya selama ini.

Penghargaan dan doa istimewa saya haturkan untuk ibu saya tercinta Alm. Ibu Umi Sulyati, seorang guru SD di Sokaraja, yang telah melahirkan, mengasuh, menyayangi, dan menjadi suri teladan kami, terutama dalam hal dedikasi, kemurahan hati, dan kesabaran. Penghargaan dan doa terbaik dari lubuk hati terdalam juga untuk bapak saya tercinta Alm. Bapak Sudjiwo atas jerih payah, pengorbanan, dan perhatiannya mengingatkan saya untuk selalu belajar demi masa depan yang lebih baik. Saya juga sampaikan terima kasih kepada Mas Yudi beserta keluarga, Mba End beserta keluarga, Dik Lis beserta keluarga, Dik Wawang beserta keluarga dan Dik Yoyo beserta keluarga atas dukungannya selama ini.

Doa juga selalu saya panjatkan kepada Almarhumah istri saya drg. Anindi Rini Hidayati, ibu bagi anak saya Ofa, Ito dan Dadan, semoga almarhumah ditempatkan di surganya Allah Swt.

Pada akhirnya, Allah mempertemukan saya dengan istri saya, Sartika Dewi, A.Md.Keb., terima kasih atas kasih sayang, kesetiaan, kesempatan mengembangkan diri, dan dukungannya selama ini. Terima kasih telah bersedia bersusah payah mengurus 6 anak saya sehingga 3 anak telah berhasil menjadi Sarjana alumni UGM serta mendukung saya secara terus menerus sehingga saya berhasil meraih jabatan Guru Besar.

Dan teristimewa, kepada anak, menantu dan cucu saya yang saya sayangi dan banggakan, Muhammad Shafa Rinardi, S.Si (Ofa) dan istri yang telah memberi cucu laki-laki Arasya, Muhammad Anindito Adha, S.Kom (Ito) dan istri yang juga telah memberi cucu perempuan Anya, Muhammad Adelft Ramadhan, S.Si. (Dadan), Muhammad Setiadi Gunardi (Tio), Muhammad Samawi Gunardi (Ardi), dan Khansa Rafani Dewi (Khansa) terima kasih telah hadir memberi kehangatan dan semangat dalam menjalani hidup ini. Untuk Ofa dan Ito, selalu jaga keharmonisan keluarga untuk membangun keluarga sakinah,

mawaddah, dan warahmah dan sayangi anak-anaknya supaya menjadi anak yang saleh dan salehah. Untuk Dadan semoga segera menyusul seperti kakak-kakaknya. Untuk Tio, Ardi dan Khansa, terima kasih untuk ketekunannya belajar selama ini untuk mencapai cita-citanya. Besar harapan orang tua untuk kalian bertiga menjadi anak-anak saleh salehah, yang berbudi pekerti luhur dan bermanfaat untuk sesama.

Apresiasi dan terima kasih juga saya haturkan kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, atas dukungannya hingga terselenggaranya pidato pengukuhan ini, termasuk kepada seluruh panitia pengukuhan atas jerih payahnya mempersiapkan segala sesuatu demi kelancaran acara. Dan kepada semua hadirin saya haturkan terima kasih telah berkenan menyimak pidato ini dengan penuh kesabaran. Semoga Allah Swt melipatgandakan pahala kebaikan serta mengaruniakan keselamatan, kesehatan, kesuksesan, dan keberkahan kepada Ibu/Bapak/Saudara/Hadirin semua.

Mohon doa semoga Allah Swt memberikan saya kekuatan, kesehatan, dan petunjuk dalam mengemban amanah ini, dan semoga capaian ini membawa banyak kebaikan, dan keberkahan bagi diri saya pribadi, keluarga, dan sesama, serta bagi kemajuan institusi.

Akhir kata, mohon maaf atas semua hal yang kurang berkenan.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahdika, A., Rosadi, D., Effendie, A. R., and **Gunardi**, 2024, An improved agricultural household margin insurance scheme with insured–insurer risk protection: a time-varying copula approach, *Journal of Applied Statistics* 51(13), 2529-255.
- Ahdika, A., Rosadi, D., Effendie, A. R., and **Gunardi**, 2021, Household margin insurance of agricultural sector in Indonesia using a farmer exchange rate index, *Agricultural Finance Review* 81(2), 169 – 188.
- Ahdika, A., Rosadi, D., Effendie, A. R., and **Gunardi**, 2018, Copula modeling to identify the dependency structure of agricultural production and its environment indicators in Indonesia, *International Journal of Supply Chain Management* 7(4), 172 – 179.
- Ahdika, A., Rosadi, D., Effendie, A. R., and **Gunardi**, 2018, Modeling indemnity of revenue-based crop insurance in Indonesia using time-varying copula models, *AIP Conf. Proc.* 2192, 030001.
- Effendie, A. R., Kariyam, Murti, A. N., Angsari, M. F., and **Gunardi**, 2022, Classifying Insurance Reserve Period via Claim Frequency Domain Using Hawkes Process, *Risks* 10 (11).
- Eurotransplant. (1967). Diambil kembali dari Eurotransplant: <https://www.eurotransplant.org/>
- Fathoni, M. I. A., **Gunardi**, Kusumo, F. A., and Hutajulu, S. H., 2021, Survival analysis of breast cancer patients in Yogyakarta, *Journal of Physics: Conference Series* 1722(1).
- Fathoni, M. I. A., **Gunardi**, Kusumo, F. A., and Hutajulu, S. H., 2021, Dynamics of a Breast Cancer Model for Neutropenia Case due to Chemotherapy Effects, *International Journal of Differential Equations* 2021.
- Fathoni, M. I. A., **Gunardi**, Kusumo, F. A., Hutajulu, S. H., and Purwanto, I., 2022, Critical Illness Insurance Model for Breast Cancer Patients Based on Chemotherapy Responses, *Universal Journal of Public Health* 10(5) 547 – 553.

- Fathoni, M. I. A., **Gunardi**, Kusumo, F. A., and Hutajulu, S. H., 2022, Mathematical Model of the Journey of Breast Cancer Patients Affected by Chemotherapy Response, *International Journal of Difference Equations (IJDE)*, 17(1) 19-32.
- Fathoni, M. I. A., **Gunardi**, Kusumo, F. A., Hutajulu, S. H., and Purwanto, I., 2022, Cox Proportional Hazard Regression Interaction Model and Its Application to Determine The Risk of Death in Breast Cancer Patients after Chemotherapy, *International Journal of Statistics in Medical Research* 11, 105 – 113.
- Fathoni, M. I. A., **Gunardi**, Kusumo, F. A., Hutajulu, S. H., and Purwanto, I., 2022, Characteristics of breast cancer patients at dr. Sardjito Hospital for early anticipation of neutropenia: Cross-sectional study, *Annals of Medicine and Surgery* 73.
- Fitriani, R. dan **Gunardi**, 2020, Implementasi Metode Bayes Pada Penghitungan Premi Asuransi Kendaraan Bermotor, *Journal of Fundamental Mathematics and Applications (JFMA)*, 3(2) 112-123.
- Gunardi**, Weide, J. A. M. V., Subanar, and Haryatmi, S., 2008, P(I)DE Approach For Indonesian Options Pricing, *Journal of The Indonesian Mathematical Society*, 14(1) 37-45.
- Gunardi**, 2017, The greeks of indonesian call option, *Far East Journal of Mathematical Sciences* 101(10), 2111 – 2120.
- Gunardi**, 2024, Deposit Insurance Price Using Modified Option Approach Based on Variance-Gamma Process, *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, 54(4) 671-677.
- Gunardi**, and Setiawan, E. P., 2015, Valuation of Indonesian catastrophic earthquake bonds with generalized extreme value (GEV) distribution and Cox-Ingersoll-Ross (CIR) interest rate model, *AIP Conference Proceedings* 1692.
- Gunardi**, Kusumo, F. A., Endrayanto, I. A., Utami, H., Nitisapto, M., and Wijaya, T. A., 2016, Climate Change Detection Using Bayesian Change Point Method for Improving the Traditional Cropping Calendar in DIY Province Indonesia, *International Journal of Computing and Optimization* 3(1), 11-20.

- Halley, E. (1693). VI. An estimate of the degrees of the mortality of mankind; drawn from curious tables of the births and funerals at the city of Breslaw; with an attempt to ascertain the price of annuities upon lives. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, 17(196), 596-610.
- Kurniawan, M. H. S., **Gunardi**, and Danardono, 2025, Modification of Cox-Snell and Martingale Residual for Estimating Change Point in a Covariate within the Cox Proportional Hazard Model, *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, 55(5),984-996.
- Kusumo, F. A., **Gunardi**, Utami, H., Nurjani, E., Sopaheluwakan, A., Endrayanto, I. A., and Christiawan, T., 2016, Application of the empirical orthogonal function to study the rainfall pattern in Daerah Istimewa Yogyakarta province, *AIP Conference Proceedings* 1707.
- Kusumawati, R. dan **Gunardi**, 2013, Pemodelan Intensitas Transisi dan Peluang pada Asuransi Perawatan Jangka Panjang, *Bimipa* 23(1), 95-101.
- Look, Y. B. (2025, May 17). *Gottfried Wilhelm Leibniz*. Diambil kembali dari Encyclopaedia Britannica: <https://www.britannica.com/biography/Gottfried-Wilhelm-Leibniz#ref4130>
- Murwaningtyas, C. E., Kartiko, S. H., **Gunardi**, and Suryawan, H. P., Finite difference method for pricing of Indonesian option under a mixed fractional Brownian motion, *Mathematics and Statistics* 8(5), 610 – 619.
- Novianti, P., **Gunardi** and Rosadi D., 2023, Geographically Weighted Logistic Regression Model on Binomial Data to Explore Weather Spatial Non-Stationarity in Covid-19 Cases, *Engineering Letters* 31 (3), 938 – 947.
- Putri, F. S. and **Gunardi**, 2023, Robust Optimization of Stock Portfolio Index IDX 30 Using Monte Carlo Simulation in Insurance Company, *Springer Proceedings in Physics* 294, 91 – 108.
- Robertson, J. J. (1996, December). *Blaise Pascal*. Diambil kembali dari MacTutor Index - MacTutor History of Mathematics: <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Pascal/>

- Robertson, J. J. (2002, December). *Pierre de Fermat*. Diambil kembali dari MacTutor Index - MacTutor History of Mathematics: <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Fermat/>
- Sari, Y. W. dan **Gunardi**, 2014, Premi Tunggal Asuransi Jiwa Equity-Linked : Analisis Pengaruh Usia Tertanggung Dan Waktu Jatuh Tempo, *AdMathEdu*, 4(2), 2015-2021.
- Sari, Y. W. dan **Gunardi**, 2015, Single Premium of Equity-Linked with CRR and CIR Binomial Tree, The 7th SEAMS-UGM Conference Proceeding.
- Sari, Y. W. dan **Gunardi**, 2020, Pendekatan Opsi Cash-Or-Nothing Up And In Barrier Untuk Penentuan Nilai Premi Asuransi Pertanian, *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, 4(3) 557-565.
- Sari, Y. W., Megawati, N. Y., **Gunardi** and Hutajulu, S. H., 2023, A Mathematical Model for The Treatment Cost Estimation of Breast Cancer with Cardiotoxicity, *Engineering Letters* 31(4), 1853 – 1858.
- Sari, Y. W., Megawati, N. Y., **Gunardi** and Hutajulu, S. H., 2025, Pricing Cancer Reinsurance Premiums Using a Stochastic Treatment Cost Model, *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, 55(5), 1412-1418.
- Sari, Y. W., Megawati, N. Y., **Gunardi** and Hutajulu, S. H., 2025, Cox-Based Estimation Model for Critical Illness Insurance Policy for Breast Cancer Based on the Possible Transition of Status. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, 19(1).
- Sinay, L. J., Guritno, S. and Gunardi, 2015, Aproksimasi Anuitas Hidup Menggunakan Kombinasi Eksponensial, *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences* 38(1).
- Smith, G. (2007). Isaac Newton.
- Stephany, A. M. and **Gunardi**, 2023, Prediction of the Number of BPJS Claims due to COVID-19 Based on Community Mobility and Vaccination in DIY Province Using the Bayesian Structural Time Series. *Springer Proceedings in Physics* 294, 249 – 274.
- Suddin, S., Kusumo, F. A., Aryati, L., and **Gunardi**, 2021, Reaction-Diffusion on a Spatial Mathematical Model of Cancer Immunotherapy with Effector Cells and IL-2 Compounds'

Interactions, *International Journal of Differential Equations* 2021.

- Traverso, C., & Magni, B. (2018). *La vita Italiana nel Cinquecento: Conferenze tenute a Firenze nel 1893*.
- Tyas, S. W., **Gunardi**, and Puspitasari, L. A., 2023, Geographically weighted generalized Poisson regression model with the best kernel function in the case of the number of postpartum maternal mortality in East Java, *MethodsX* 10.
- Utami, H., Kusumo, F. A., **Gunardi**, and Nurjani, E., 2017, Toda-Yamamoto approximation for the granger causality analysis of climate attributes in Yogyakarta, *Far East Journal of Mathematical Sciences* 101(5), 1073 – 1083.
- Wirawan, S. B. and **Gunardi**, 2023, Determining Auto Insurance Pure Premium Based on Mileage (Pay-As-You-Drive Insurance) Using Tree-Based Machine Learning, *Springer Proceedings in Physics* 294, 317 – 342.
- Wikipedia. (2024, November 28). *Andrey Markov*. Diambil kembali dari Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Andrey_Markov
- Wikipedia. (2025, May 18). *Norbert Wiener*. Diambil kembali dari Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Norbert_Wiener
- Wikipedia. (2025, May 26). *Siméon Denis Poisson*. Diambil kembali dari https://en.wikipedia.org/wiki/Sim%C3%A9on_Denis_Poisson