



**PUBLISHER:** <https://journal.adlermanurungpress.com/>

**DOI:** <https://doi.org/10.63607/jcmb.v14i1>

---

## EXTREME VALUE THEORY DALAM SKEMA PERENCANAAN BLENDED FINANCE

**Riska Nurida Putri<sup>1\*</sup>, Adler Haymans Manurung<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Doktor Manajemen dan Bisnis IPB University, Bogor

<sup>2</sup>Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

Email: [rnpriska@apps.ipb.ac.id](mailto:rnpriska@apps.ipb.ac.id)<sup>1\*</sup>, [adler.manurung@dsn.ubharajaya.ac.id](mailto:adler.manurung@dsn.ubharajaya.ac.id)<sup>2</sup>

Alamat: Gedung SB IPB, Jalan Pajajaran Kota Bogor +62 251 8313813

Korespondensi Penulis: [rnpriska@apps.ipb.ac.id](mailto:rnpriska@apps.ipb.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan bagaimana penerapan risiko ekstrem melalui *Extreme Value Theory* (EVT) dapat digunakan untuk membentuk desain pembiayaan campuran yang lebih presisi. Data yang digunakan adalah pengembalian harian dari Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) selama kurang lebih sepuluh tahun, yang kemudian dimasukkan ke dalam log-return dan dianalisis menggunakan pendekatan *Peaks-Over-Threshold* (POT). Kuantil lima persen digunakan sebagai titik ambang dan digunakan untuk memodelkan GPD. Hasil estimasi menunjukkan nilai parameter bentuk ( $\xi$ ) sekitar 0,4859, yang sesuai dengan distribusi *heavy-tailed*, dengan VaR 95% dan 99% masing-masing sebesar -5,01% dan -6,51%, dan ES 99% sekitar -9,07%. Hasil ini menunjukkan bahwa pasar Indonesia masih memiliki risiko substansial dan tidak dapat sepenuhnya diwakili menggunakan distribusi normal sebagai model. Selain itu, juga dilakukan pemetaan risiko dalam tiga lapisan; komersial, menengah-tinggi, dan ekstrem, untuk identifikasi keberkelanjutan dan kebutuhan bantuan keuangan untuk memungkinkan adanya modal konsesional. Studi ini menyimpulkan bahwa pendekatan pembiayaan yang seimbang dengan memanfaatkan EVT memungkinkan alokasi modal publik yang lebih terfokus pada pilihan instrumen risiko-terbatas seperti modal kerugian

pertama, jaminan parsial, dan utang subordinasi serta menentukan proporsi eksposur dengan cakupan pasar.

**Kata kunci:** *Extreme Value Theory, tail risk, IHSG, blended finance, risk layering*

### **Abstract**

*This study aims to explain how the application of extreme risk analysis through Extreme Value Theory (EVT) can be utilized to construct a more precise blended finance design. The data employed consist of daily returns of the Indonesia Composite Index (IDX Composite) over approximately ten years, which are transformed into log-returns and analyzed using the Peaks-Over-Threshold (POT) approach. The five percent quantile is applied as the threshold to model the Generalized Pareto Distribution (GPD). The estimation results indicate a shape parameter ( $\xi$ ) of approximately 0.4859, consistent with a heavy-tailed distribution, with Value-at-Risk (VaR) at the 95% and 99% confidence levels of  $-5.01\%$  and  $-6.51\%$ , respectively, and an Expected Shortfall (ES) at the 99% level of approximately  $-9.07\%$ . These findings suggest that the Indonesian market remains subject to substantial risk and cannot be adequately represented by a normal distribution. Furthermore, risk mapping is conducted across three layers—commercial, medium-to-high, and extreme—to support sustainability assessment and the identification of financial assistance needs that justify the deployment of concessional capital. This study concludes that a balanced financing approach leveraging EVT enables a more targeted allocation of public capital toward risk-mitigating instruments such as first-loss capital, partial guarantees, and subordinated debt, while also determining the appropriate proportion of market-covered exposure.*

**Keywords:** *Extreme Value Theory, tail risk, IDX Composite, blended finance, risk layering*

## **PENDAHULUAN**

Peristiwa ekstrem baik bencana alam, gangguan ekonomi, atau gangguan sistemik semakin diakui sebagai sumber risiko yang dapat dengan mudah mengakibatkan kerugian signifikan pada sistem keuangan dan sistem keuangan publik. Peristiwa semacam itu jarang terjadi, tetapi ketika terjadi, dampaknya bisa jauh lebih besar daripada model konvensional yang berfokus pada nilai median yang diperkirakan. Dalam banyak kasus, peristiwa ekstrem dapat mengganggu stabilitas fiskal, menghentikan aktivitas ekonomi, dan keberlanjutan pendanaan jangka panjang. Hochrainer-Stigler et al. (2018)

menunjukkan bahwa jika dampak kerugian langsung dan tidak langsung dipertimbangkan secara komprehensif, beban risiko yang harus ditanggung pemerintah dapat meningkat secara substansial di atas yang dapat ditanggungnya. Termasuk dalam analisis menggunakan analisis berbasis EVT dalam studi ini, dampak tidak langsung termasuk gangguan bisnis, dampak pada layanan publik, dan efek jaringan antar sektor cenderung memperbesar struktur risiko fiskal.

Tantangan yang ditimbulkan oleh risiko ekstrem bagi negara berkembang juga dikonfirmasi oleh temuan ini, yang dapat menempatkan tekanan berat pada negara maju. Milidonis dan Grace (2008) menemukan dalam studi mereka tentang risiko ekor pasar asuransi bahwa risiko ekor sering kali diremehkan oleh pasar asuransi. Model berbasis distribusi normal cenderung meremehkan peristiwa ekstrem, yang berarti penyedia layanan keuangan tidak memiliki cadangan risiko yang cukup (Manurung, 2014). Dalam keadaan ekstrem, ini membuat mekanisme pembiayaan rentan, mengirimkan biaya modal melonjak. Risiko ekstrem semakin relevan dalam instrumen keuangan berkelanjutan seperti obligasi hijau, yang ketahanannya sebagian besar ditentukan oleh kemampuan model statistik untuk menafsirkan perilaku distribusi ekor. Tidak hanya di sisi komersial, risiko ekstrem juga mempengaruhi struktur fiskal. Studi tentang risiko fiskal di Uni Eropa (2025) juga mengungkapkan bahwa peristiwa ekstrem menghasilkan kewajiban tersembunyi yang tidak cukup diperhitungkan oleh penilaian risiko tipikal. Guncangan mendadak dari peristiwa ekstrem dapat sangat meningkatkan utang publik terutama ketika mekanisme mitigasi risiko tidak dirancang untuk menghadapi ketidakpastian ekstrem.

Pembiayaan campuran semakin diterapkan sebagai mekanisme pengurangan risiko dalam kerangka pembiayaan pembangunan yang mendorong penempatan modal swasta ke dalam proyek berisiko tinggi. Namun, sebagian besar desain pembiayaan campuran didasarkan pada pendekatan berbasis risiko tradisional yang tidak mencakup kemungkinan peristiwa ekstrem. Namun, peristiwa ekstrem sering kali memainkan peran signifikan dalam menentukan kelayakan finansial dalam banyak proyek, terutama pada proyek jangka panjang di industri infrastruktur, energi, dan pembangunan. Menggunakan EVT memberikan cara yang lebih tepat untuk menilai dan mengukur risiko ekor berdasarkan analisis distribusi ekor. Ketika prinsip EVT dan pelapisan risiko diintegrasikan, model pembiayaan campuran menjadi lebih halus, terutama dalam hal ukuran modal kerugian pertama, konsesionalitas relatif yang terlibat, pembagian risiko

antara investor publik dan swasta, dll. Mengingat latar belakang yang disebutkan di atas, makalah ini bertujuan untuk menyelidiki kegunaan informasi berbasis EVT dalam memajukan desain pembiayaan campuran satu area kunci di mana pendekatan risiko tradisional sering tidak digunakan karena fitur risiko ekstrem. Proyek ini kemungkinan akan memberikan jawaban awal tentang bagaimana risiko ekstrem harus dimasukkan ke dalam struktur pembiayaan pembangunan, terutama dengan proyek berisiko tinggi dan ketidakpastian jangka panjang.

## **KERANGKA TEORI**

### **1.1 Risiko Ekstrem dalam Sistem Keuangan dan Pembiayaan Publik**

Risiko ekstrem dalam konteks keuangan publik merujuk pada kejadian-kejadian langka yang berada jauh di ujung distribusi kerugian, namun memiliki dampak yang sangat besar dan tidak proporsional terhadap sistem ekonomi (Manurung, 2014). Berbeda dengan fluktuasi harian yang bersifat normal dan dapat diprediksi, kejadian ekstrem menunjukkan pola distribusi yang berat di bagian ekor (*fat-tailed*), sehingga peluang munculnya kerugian besar jauh lebih tinggi daripada yang diasumsikan oleh model statistik konvensional. Karena distribusinya tidak mengikuti pola simetris, pendekatan standar berbasis normalitas kerap gagal menangkap dinamika dan skala ancaman yang sebenarnya.

Hochrainer-Stigler et al. (2018) menjelaskan bahwa ketika kerugian dianalisis dengan mempertimbangkan seluruh dampak langsung maupun tidak langsung, profil risiko fiskal pemerintah berubah secara signifikan. Kerugian tidak langsung termasuk terhentinya aktivitas produksi, gangguan layanan publik, serta efek rambatan antarsektor membuat bagian ekor distribusi menjadi semakin berat. Akibatnya, eksposur fiskal pemerintah dapat meningkat jauh melampaui perhitungan kerugian berbasis data historis yang hanya memperhitungkan dampak langsung. Temuan ini memperlihatkan bahwa risiko ekstrem tidak hanya berdampak pada negara dengan kapasitas fiskal terbatas, tetapi juga menjadi tantangan nyata bagi pemerintah di negara maju.

Sementara itu, dalam sektor keuangan komersial, kejadian ekstrem juga menimbulkan risiko yang tidak dapat ditangani oleh model risiko standar. Milidonis dan Grace (2008) menemukan bahwa distribusi normal sering kali meremehkan probabilitas terjadinya kerugian katastrofik, sehingga perusahaan asuransi cenderung menyisihkan cadangan yang lebih kecil daripada yang dibutuhkan. Kondisi *under-reserving* ini berakibat pada meningkatnya risiko likuiditas dan tingginya biaya modal ketika peristiwa

ekstrem benar-benar terjadi. Dengan kata lain, kegagalan model konvensional menangkap tail risk dapat melemahkan mekanisme pembiayaan yang menjadi pondasi stabilitas sektor keuangan.

Dalam pembiayaan publik dan pembangunan, implikasi risiko ekstrem menjadi semakin penting karena tidak semua jenis risiko dapat diperlakukan dengan pendekatan mitigasi yang sama. Risiko operasional atau fluktuasi normal dapat dikelola melalui instrumen pembiayaan reguler, tetapi risiko ekstrem memerlukan perlindungan khusus. Pendekatan *risk layering* digunakan untuk memetakan risiko berdasarkan kapasitas masing-masing aktor dalam menanggungnya. Risiko rendah hingga moderat umumnya dapat dibagi antara investor swasta dan lembaga keuangan pembangunan, sedangkan risiko ekstrem harus ditempatkan pada lapisan tertinggi karena memerlukan instrumen mitigasi yang lebih kuat seperti reasuransi, jaminan tambahan, atau dukungan fiskal pemerintah.

Dengan demikian, teori risiko ekstrem memberikan landasan yang penting bagi perancangan instrumen pembiayaan. Pemahaman mengenai sifat distribusi yang berat di ekor, frekuensi relatif kejadian ekstrem, serta potensi kerugian yang bersifat non-linear memungkinkan perancang kebijakan menilai secara lebih tepat jenis instrumen apa yang dibutuhkan untuk melindungi sistem keuangan dan memastikan keberlanjutan pembiayaan pembangunan.

## 1.2 *Extreme Value Theory* (EVT)

*Extreme Value Theory* (EVT) muncul sebagai pendekatan statistik yang secara khusus dirancang untuk memahami perilaku kejadian-kejadian ekstrem yang terletak jauh di bagian ekor distribusi. Berbeda dengan metode statistik konvensional yang cenderung menitikberatkan pada nilai tengah atau variasi moderat, EVT berfokus pada peristiwa langka yang justru membawa dampak terbesar terhadap sistem. Pendekatan ini banyak digunakan di berbagai disiplin mulai dari analisis banjir, perubahan iklim, hingga pasar keuangan karena kejadian ekstrem sering kali menentukan stabilitas jangka panjang suatu sistem meskipun terjadi dengan frekuensi rendah.

Secara teoritis, EVT beroperasi melalui dua pilar utama. Pendekatan pertama adalah *block maxima*, yang memodelkan nilai maksimum (atau minimum) dalam suatu interval waktu menggunakan *Generalized Extreme Value* (GEV) distribution (Manurung, 2024). Pendekatan kedua, yang lebih banyak digunakan dalam analisis risiko keuangan, adalah *peaks-over-threshold* (POT), di mana hanya observasi yang melewati suatu

ambang batas tertentu yang dianalisis menggunakan *Generalized Pareto Distribution* (GPD). Elsom dan Pawley (2025) menekankan bahwa pendekatan GPD lebih fleksibel karena langsung mempelajari bagian distribusi yang paling relevan bagi pengambilan keputusan berbasis risiko tinggi.

Dalam konteks pasar keuangan, Gkillas et al. (2025) menunjukkan bagaimana EVT mampu menangkap perubahan risiko ekstrem di pasar Inggris setelah referendum Brexit. Walaupun volatilitas rata-rata tidak berubah secara dramatis, perilaku ekor distribusi menunjukkan peningkatan risiko yang signifikan. Temuan ini memperlihatkan bahwa dinamika ekstrem tidak dapat dilihat melalui ukuran volatilitas standar dan membutuhkan analisis yang secara khusus memfokuskan pada tail risk.

Seiring perkembangan metode statistik dan komputasi, EVT juga mengalami transformasi menuju pendekatan yang lebih adaptif. Richards et al. (2025) memperkenalkan integrasi EVT dengan *additive models* dan teknik *machine learning* untuk memodelkan data ekstrem yang tidak stasioner, yaitu ketika pola risiko berubah dari waktu ke waktu. Pendekatan ini memungkinkan analisis ekstrem menjadi lebih responsif terhadap kondisi lingkungan dan pasar yang dinamis.

Dalam situasi yang lebih kompleks, risiko ekstrem juga dapat muncul secara bersamaan pada berbagai variabel. Li et al. (2025) mendemonstrasikan bagaimana pendekatan multivariat berbasis copula, termasuk vine copula, dapat menangkap ketergantungan ekstrem antar-variabel, misalnya antara kerugian pasar saham, perubahan nilai tukar, dan faktor eksternal lain seperti cuaca ekstrem. Dengan memahami *tail dependence*, analis dapat menilai bagaimana kejadian ekstrem pada satu komponen dapat memicu atau memperbesar risiko pada komponen lainnya.

Ketika data ekstrem sangat terbatas, pendekatan Bayesian memberikan alternatif yang menjanjikan. Martín et al. (2024) menunjukkan bahwa dengan menggabungkan *prior information*, estimasi Value-at-Risk (VaR) dan Conditional Value-at-Risk (CVaR) dapat dilakukan dengan lebih stabil, terutama untuk sistem risiko jangka panjang dengan sedikit observasi ekstrem. Pendekatan ini menjadikan EVT lebih kokoh dalam situasi data yang langka, seperti proyek infrastruktur atau aset berisiko tinggi yang tidak sering mengalami kerugian ekstrem.

Salah satu elemen penting dalam pendekatan POT adalah penentuan *threshold*, yang berfungsi untuk memisahkan kejadian ekstrem dari kejadian biasa. Pemilihan ambang batas yang tepat sangat krusial. Jika *threshold* terlalu rendah, terlalu banyak

observasi yang masuk ke dalam analisis sehingga model GPD kehilangan ketajamannya. Sebaliknya, jika *threshold* terlalu tinggi, jumlah data ekstrem menjadi sangat sedikit sehingga estimasi parameter menjadi tidak stabil. Penggunaan *mean excess plot*, parameter *stability plot*, dan analisis kuantil sering digunakan untuk menentukan *threshold* yang optimal sehingga hanya kejadian yang benar-benar ekstrem yang dianalisis. *Threshold* inilah yang kemudian menjadi pintu masuk dalam mempelajari area distribusi yang paling relevan untuk manajemen risiko dan desain pembiayaan.

Secara keseluruhan, berbagai perkembangan metodologis dalam EVT mulai dari model non-stasioner, ketergantungan multivariat, pendekatan Bayesian, teknik pembelajaran mesin, hingga penentuan *threshold* menjadikan teori ini sebagai kerangka fleksibel untuk memahami risiko ekstrem. Bagi sektor keuangan dan pembiayaan publik, EVT tidak hanya menawarkan alat statistik, tetapi juga memberikan fondasi bagi desain mekanisme mitigasi risiko yang lebih akurat, terutama ketika keputusan pembiayaan bergantung pada pemahaman yang tepat mengenai perilaku ekor distribusi.

### 1.3 Implikasi EVT terhadap Perancangan *Blended Finance*

Pemodelan risiko ekstrem melalui EVT memberikan dasar yang penting bagi pengembangan *blended finance*, terutama karena *blended finance* dirancang untuk mengurangi risiko yang tidak mampu ditanggung oleh investor komersial. Inti dari *blended finance* adalah menciptakan struktur pembiayaan yang mampu menjembatani perbedaan antara tingkat risiko aktual suatu proyek dan tingkat risiko yang dianggap layak oleh pasar. Berbagai lembaga internasional menekankan hal ini melalui definisi strategis masing-masing. Convergence, misalnya, memandang *blended finance* sebagai pemanfaatan modal publik atau filantropi untuk menarik investasi swasta ke proyek pembangunan berkelanjutan. OECD menegaskan bahwa *blended finance* merupakan penggunaan instrumen pembiayaan pembangunan secara terarah guna memobilisasi pembiayaan komersial tambahan di negara berkembang. Sementara itu, World Bank menempatkan *blended finance* sebagai penggunaan dana concessional untuk menurunkan risiko investasi agar proyek yang berdampak tinggi dapat menarik modal swasta.

Meskipun definisi tersebut berasal dari institusi yang berbeda, semuanya menunjukkan fungsi utama *blended finance*: menutup *risk–return gap*. Dalam konteks ini, EVT memberi kontribusi analitis yang sangat relevan. Melalui pemahaman mengenai perilaku ekor distribusi, EVT mampu mengungkap besarnya kerugian ekstrem dan

seberapa sering peristiwa tersebut mungkin terjadi. Informasi seperti tail index, level ekstrem, dan quantile risiko menjadi penting untuk memperkirakan kerugian pada skenario terburuk. Temuan tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan seberapa besar risiko ekstrem harus diserap oleh instrumen concessional, misalnya melalui *first-loss capital*, *subordinated debt*, atau bentuk-bentuk jaminan lainnya. Dengan kata lain, EVT memungkinkan desain blended finance disusun secara lebih akurat karena didasarkan pada karakteristik risiko yang sebenarnya, bukan sekadar pada asumsi rata-rata.

Dalam kerangka OECD, blended finance harus memenuhi prinsip *additionality*, yaitu intervensi publik tidak boleh menggantikan pembiayaan swasta yang seharusnya dapat terjadi secara alami. Ketika analisis EVT menunjukkan bahwa sebagian risiko berada pada wilayah distribusi ekstrem yang sulit dihargai oleh investor, maka penggunaan dana publik untuk melindungi bagian tersebut menjadi dapat dibenarkan. Dengan pendekatan ini, blended finance tetap konsisten dengan prinsip *minimum concessionality*, yakni pemberian insentif hanya pada tingkat yang benar-benar diperlukan dan tidak menimbulkan distorsi pasar.

Perkembangan terbaru dalam EVT yang mencakup model non-stasioner, analisis multivariat, serta pendekatan Bayesian dan teknik pembelajaran mesin memungkinkan pembaruan parameter risiko ekstrem secara dinamis. Kemampuan ini memberikan peluang bagi blended finance untuk mengadopsi struktur de-risking yang lebih adaptif, termasuk mekanisme jaminan yang diaktifkan berdasarkan kondisi pasar (*contingent guarantees*) atau sistem de-risking yang berubah sesuai evolusi risiko dalam jangka panjang. Pendekatan tersebut sejalan dengan praktik lembaga pembangunan seperti World Bank yang menekankan perlunya instrumen fleksibel dalam menghadapi risiko proyek yang terus berkembang.

Selain itu, EVT memperkuat penerapan *risk layering* dalam *blended finance*. Dengan mengetahui lapisan risiko yang paling rentan terhadap kejadian ekstrem, pembiayaan publik dapat dialokasikan secara lebih tepat pada bagian yang tidak dapat ditanggung pasar, sementara lapisan risiko menengah tetap dapat menjadi ruang partisipasi bagi investor swasta maupun *Development Finance Institutions* (DFI). Arsitektur *blended finance* yang digambarkan oleh Convergence menempatkan *concessional capital* pada posisi penyangga risiko tertinggi, dan analisis EVT memberikan bukti kuantitatif mengapa struktur tersebut diperlukan.

Secara keseluruhan, integrasi EVT dalam *blended finance* memungkinkan skema pembiayaan dirancang berdasarkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai risiko ekstrem. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efektivitas mobilisasi pembiayaan swasta, tetapi juga memastikan bahwa penggunaan dana publik dilakukan secara lebih tepat sasaran, efisien, dan sesuai dengan tingkat risiko yang dihadapi proyek pembangunan.

## METODOLOGI

### 1 Data

Penelitian ini memanfaatkan data return harian Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) sebagai dasar analisis. IHSG dipilih karena mencerminkan dinamika risiko pasar Indonesia secara keseluruhan dan sering digunakan sebagai indikator persepsi investor terhadap perubahan kondisi ekonomi, baik yang bersumber dari dalam negeri maupun dari luar negeri. Return harian dihitung menggunakan transformasi logaritmik untuk menghasilkan pola distribusi yang lebih stabil dan sesuai dengan karakter analisis risiko ekstrem yang membutuhkan sensitivitas terhadap perubahan kecil maupun kejadian besar.

Data diperoleh dari harga penutupan harian IHSG untuk kurun waktu sekitar sepuluh tahun terakhir. Rentang observasi yang panjang memungkinkan identifikasi kejadian ekstrem secara lebih akurat, karena peristiwa jarang seperti *shock* pasar atau penurunan tajam hanya dapat terlihat dengan baik pada deret waktu yang memadai. Penggunaan data pasar keuangan relevan karena volatilitas yang tinggi dan perubahan mendadak pada pasar saham berpengaruh langsung terhadap persepsi risiko investor swasta. Persepsi inilah yang kemudian menentukan apakah suatu proyek investasi dipandang layak atau memerlukan dukungan tambahan melalui mekanisme *de-risking* dalam *blended finance*. Dengan demikian, data IHSG tidak hanya menjadi basis analisis statistik, tetapi juga berfungsi sebagai gambaran kondisi risiko yang relevan bagi perancangan struktur pembiayaan pembangunan.

### 2. Metode

Tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut:

#### a. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data return harian IHSG yang diunduh dari <https://finance.yahoo.com/>. Return harian dihitung menggunakan *log-return* untuk memperoleh representasi volatilitas yang stabil, yaitu:

$$r_t = \ln \left( \frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

dengan

$P_t$  : menyatakan harga penutupan pada hari ke- $t$ ,  $t=2, 3, \dots, n$ .

b. Identifikasi Nilai Ekstrem

Secara konsep, kejadian ekstrem adalah return yang berada di bagian ekor (penurunan besar). Definisikan fungsi indikator untuk kejadian ekstrem terhadap threshold  $u$ :

$$I_t = 1\{r_t \leq u\} = \begin{cases} 1, & \text{jika } r_t \leq u \\ 0, & \text{jika } r_t > u \end{cases}$$

Observasi dengan  $I_t = 1$  diklasifikasikan sebagai kandidat nilai ekstrem.

c. Penentuan *Threshold* (POT Approach)

a) *Threshold* berbasis kuantil

*Threshold*  $u$  dipilih sebagai **kuantil bawah** dari distribusi log-return, misalnya kuantil 5%:

$$u = Q_\alpha(r_t), \alpha = 0,05$$

dengan  $Q_\alpha(r_t)$  adalah quantile ke- $\alpha$  dari distribusi *log-return*.

b) *Mean Excess Function* (pendukung pemilihan  $u$ )

Untuk *mean excess function* (rata-rata kelebihan kerugian di atas/bawah ambang) dapat dinyatakan sebagai:

$$e(u) = \mathbb{E}[u - r_t \mid r_t \leq u]$$

secara empiris:

$$\hat{e}(u) = \frac{1}{m_u} \sum_{t:r_t \leq u} (u - r_t)$$

dengan  $m_u$  adalah jumlah observasi yang memenuhi  $r_t \leq u$ .

c) *Exceedances* (*excess losses*)

Setelah threshold  $u$  ditetapkan, kita bentuk variabel *exceedances*:

$$Y_i = u - r_i, \text{ dengan } r_i \leq u, Y_i \geq 0, i = 1, \dots, m$$

dengan:

$m$  : jumlah observasi ekstrem (*exceedances*)

$Y_i$ : “selisih” antara threshold dan return ekstrem

d. Estimasi *Generalized Pareto Distribution* (GPD)

Kita asumsikan  $Y_i$  mengikuti distribusi **GPD** dengan parameter shape  $\xi$  dan scale  $\beta$ .

a) Fungsi distribusi kumulatif (CDF) GPD

$$G(y; \xi, \beta) = 1 - \left(1 + \frac{\xi y}{\beta}\right)^{-\frac{1}{\xi}}, y \geq 0, 1 + \frac{\xi y}{\beta} > 0$$

b) Fungsi log-likelihood (MLE)

Untuk sampel  $\{Y_i\}_{i=1}^m$ , log-likelihood GPD adalah:

$$\ell(\xi, \beta) = -m \ln \beta - \left(1 + \frac{1}{\xi}\right) \sum_{i=1}^m \ln \left(1 + \frac{\xi Y_i}{\beta}\right)$$

Parameter  $\hat{\xi}$  dan  $\hat{\beta}$  diperoleh dengan:

$$(\hat{\xi}, \hat{\beta}) = \arg \max_{\xi, \beta} \ell(\xi, \beta)$$

e. Perhitungan VaR dan *Expected Shortfall* Ekstrem

Menghitung nilai *Value-at-Risk* (VaR) dan *Expected Shortfall* (ES) pada tingkat kepercayaan tinggi sebagai ukuran besaran risiko ekstrem. Misalkan:

$n$  : jumlah total observasi return

$m$  : jumlah exceedances ( $r_t \leq u$ )

$\lambda = \frac{m}{n}$  : proporsi kejadian ekstrem

$p$  : tingkat kepercayaan

a) *Value-at-Risk* (VaR) ekstrem

$$\text{VaR}_p = u - \frac{\hat{\beta}}{\hat{\xi}} \left[ \left(\frac{1-p}{\lambda}\right)^{-\hat{\xi}} - 1 \right], \hat{\xi} \neq 0$$

Ini memberikan quantile ekstrem di tingkat kepercayaan  $p$ .

b) *Expected Shortfall* (ES) ekstrem

$$\text{ES}_p = \text{VaR}_p + \frac{\hat{\beta} + \hat{\xi}(\text{VaR}_p - u)}{1 - \hat{\xi}}, \hat{\xi} < 1$$

Rumus ini menggambarkan **rata-rata kerugian** ketika kerugian sudah melampaui VaR pada tingkat kepercayaan  $p$ .

f. Pemetaan *Tail Risk* ke *Risk Layering*

Mengklasifikasikan risiko menjadi lapisan rendah, menengah, dan ekstrem. Risiko ekstrem dialokasikan pada lapisan publik. Misalkan  $L$  adalah kerugian (loss). Kita dapat mendefinisikan lapisan risiko sebagai:

1) Risiko komersial:  $0 \leq L \leq L_1$

2) Risiko menengah – tinggi:  $L_1 < L \leq L_2$

3) Risiko ekstrem:  $L > L_2$

Untuk ilustrasi alokasi kerugian ke pelaku:

$$A_{\text{swasta}}(L) = \begin{cases} L, & 0 \leq L \leq L_1 \\ L_1, & L > L_1 \end{cases}$$
$$A_{\text{publik}}(L) = \max(0, L - L_1)$$

Dalam model tiga lapis,  $L > L_2$  dapat sepenuhnya dialokasikan pada lapisan publik / *concessional capital*.

g. Penentuan Instrumen *Blended Finance*

Menghubungkan hasil EVT dengan kebutuhan instrumen *concessional (first-loss capital, subordinated debt, guarantees)* untuk menutup *risk–return gap*.

Misalkan:

$\text{VaR}_p^{\text{proyek}}$  : tail risk proyek (dari EVT)

$\text{VaR}_p^{\text{pasar}}$  : risiko maksimum yang masih dapat diterima investor swasta

Maka kesenjangan risiko (*risk–return gap*) dapat ditulis:

$$\Delta\text{VaR}_p = \text{VaR}_p^{\text{proyek}} - \text{VaR}_p^{\text{pasar}}$$

Jika  $\Delta\text{VaR}_p > 0$ , maka bagian ini perlu diserap oleh instrumen *concessional*:

$$C_{\text{concessional}} \propto \Delta\text{VaR}_p \text{ atau } \Delta\text{ES}_p$$

dengan:

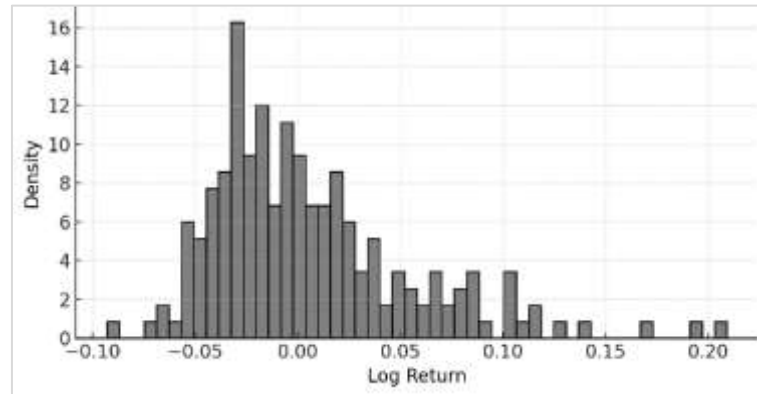
$$\Delta\text{ES}_p = \text{ES}_p^{\text{proyek}} - \text{ES}_p^{\text{pasar}}$$

Nilai  $C_{\text{concessional}}$  inilah yang secara konsep dapat “diterjemahkan” ke dalam besaran *first-loss capital, subordinated debt*, atau *guarantees* yang dibutuhkan agar proyek menjadi menarik bagi investor.

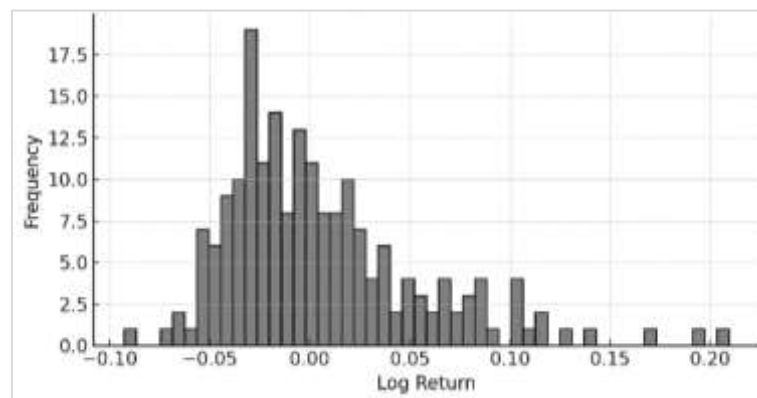
## PEMBAHASAN

Analisis awal dilakukan untuk memahami perilaku distribusi *log–return* IHSG periode 2010 – 2025. Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan *density plot* dan histogram *log–return*. Analisis terhadap grafik *density* dan histogram memperlihatkan bahwa distribusi *log–return* IHSG tidak bersifat simetris. Ekor distribusi terlihat menjulur lebih panjang ke arah kanan, menunjukkan bahwa pergerakan harga yang meningkat secara ekstrem lebih sering muncul atau memiliki rentang yang lebih luas dibandingkan penurunan ekstrem. Hal ini tampak dari keberadaan sejumlah observasi positif yang mencapai lebih dari 20 persen, sementara nilai-nilai ekstrem pada sisi negatif hanya berada di kisaran sekitar minus sepuluh persen. Dengan demikian, distribusi return menunjukkan kecenderungan *right-skewed*, di mana potensi lonjakan harga besar lebih berat dibandingkan potensi kejatuhan besar. Konsentrasi nilai *return* tetap berada di sekitar nol, tetapi pola penyebarannya menandakan bahwa volatilitas pasar Indonesia

tidak hanya tinggi, tetapi juga cenderung asimetris. Kondisi ini memperkuat alasan perlunya pendekatan khusus seperti *Extreme Value Theory* (EVT), karena model simetris seperti distribusi normal tidak mampu menggambarkan perilaku sisi ekor yang panjang tersebut.



Gambar 1. *Density Plot Log-return IHSG*

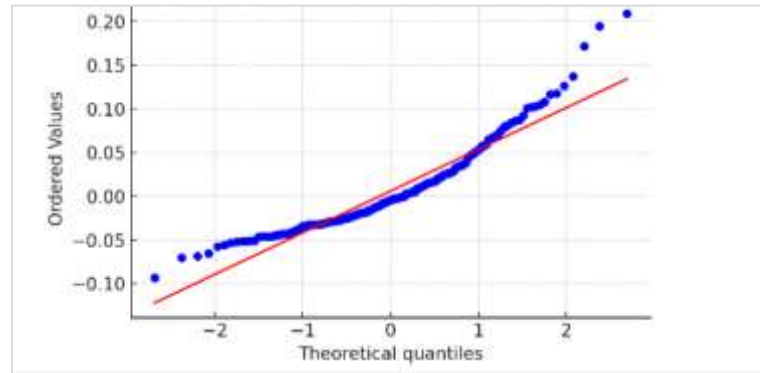


Gambar 2. *Histogram Log-return IHSG*

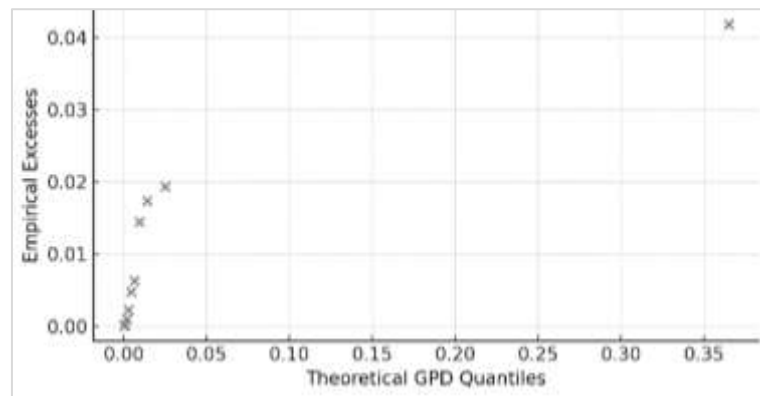
Hasil QQ Plot memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai bentuk distribusi *log-return* IHSG. Bagian tengah distribusi mengikuti garis diagonal dengan cukup baik, mengindikasikan bahwa sebagian besar nilai return masih mendekati pola distribusi normal. Namun, pada bagian kuantil tinggi terlihat penyimpangan yang cukup besar. Titik-titik pada ujung kanan kurva naik jauh di atas garis teoretis, menandakan bahwa nilai return positif ekstrem terjadi lebih sering dan lebih besar dibandingkan prediksi distribusi normal. Sebaliknya, deviasi pada kuantil rendah tidak sebesar penyimpangan di sisi kanan, sehingga tidak menunjukkan adanya berat ekor kiri yang dominan.

Pola ini konsisten dengan karakteristik distribusi yang memiliki *heavy right-tail* atau kecenderungan *positive skewness*, di mana potensi lonjakan positif yang besar lebih signifikan dibandingkan penurunan ekstrem. Kondisi tersebut memperlihatkan

bahwa model berbasis asumsi normalitas tidak cukup sensitif untuk menggambarkan dinamika ekstrem pada pasar Indonesia. Dengan demikian, penggunaan pendekatan EVT menjadi lebih tepat karena dapat menangkap perilaku ekor distribusi yang menyimpang dari pola normal secara lebih akurat.



Gambar 3. QQ Plot *Log-return* IHSB terhadap Distribusi Normal



Gambar 4. QQ Plot GPD terhadap *Exceedances* IHSB

Pendekatan *Peaks-Over-Threshold* (POT) diterapkan untuk mempelajari perilaku ekstrem pada distribusi log-return IHSB. Ambang batas ditetapkan pada kuantil lima persen, yaitu sekitar  $-0,0512$ . Seluruh observasi yang berada di bawah nilai tersebut dianggap sebagai *exceedances* dan menjadi dasar untuk estimasi model *Generalized Pareto Distribution* (GPD). Dari keseluruhan periode pengamatan, hanya sepuluh observasi yang melampaui batas tersebut, mengindikasikan bahwa kejadian ekstrem memang jarang namun tetap signifikan untuk dianalisis.

Estimasi parameter GPD menghasilkan nilai shape ( $\xi$ ) sebesar 0,4859 dan scale ( $\beta$ ) sekitar 0,0064. Nilai  $\xi$  yang positif menunjukkan bahwa ekor distribusi bersifat *heavy-tailed*, sehingga peristiwa dengan kerugian besar memiliki probabilitas yang lebih tinggi daripada yang diprediksi oleh distribusi normal. Meskipun sebagian besar *exceedances*

terkonsentrasi pada nilai yang relatif kecil, keberadaan satu atau dua pengamatan yang jauh lebih ekstrem menegaskan bahwa pasar Indonesia menyimpan potensi kejadian dengan dampak luar biasa. Nilai  $\beta$  yang kecil mencerminkan besaran kerugian ekstrem rata-rata yang moderat, namun nilai  $\xi$  memastikan bahwa pertumbuhan risiko pada bagian ekor dapat meningkat secara non-linear.

Secara keseluruhan, kombinasi parameter dan pola *exceedances* tersebut mengindikasikan bahwa risiko ekstrem di pasar Indonesia bersifat struktural, bukan sekadar anomali sementara. Hal ini menegaskan relevansi penggunaan EVT sebagai pendekatan utama untuk memodelkan *tail risk*, terutama ketika hasilnya akan digunakan untuk menyusun kerangka pembiayaan seperti *blended finance* yang memerlukan pemahaman presisi mengenai risiko ekstrem.

Tabel 1. Perhitungan VaR dan ES Ekstrem

Confidence Level (%)	VaR (%)	ES (%)
95	-5,01	-6,21
99	-6,51	-9,07

Perhitungan Value-at-Risk (VaR) dan Expected Shortfall (ES) yang diperoleh dari parameter GPD memberikan gambaran kuantitatif mengenai intensitas risiko ekstrem pada IHSG. Pada tingkat kepercayaan 99 persen, hasil estimasi menunjukkan bahwa pasar dapat mengalami penurunan harian yang melampaui sekitar 6,5 persen. Angka ini merefleksikan batas kerugian yang hanya diperkirakan terjadi dalam satu persen kejadian. Ketika pasar bergerak lebih dalam dari titik tersebut, nilai ES mengindikasikan bahwa rata-rata kerugian dalam kondisi ekstrem dapat mendekati sembilan persen. Dengan kata lain, ketika skenario ekstrem benar-benar terjadi, tekanan yang dialami pasar cenderung jauh lebih berat daripada sekadar apa yang tercermin pada VaR.

Perbedaan yang cukup besar antara VaR dan ES pada level kepercayaan tinggi mencerminkan karakteristik distribusi yang bertipe ekor berat. Hal ini menunjukkan bahwa risiko tidak hanya terletak pada peluang munculnya penurunan tajam, tetapi juga pada kedalaman kerugian itu sendiri ketika pasar memasuki fase turbulen. Kondisi ini juga menegaskan bahwa pasar Indonesia rentan terhadap guncangan besar yang tidak mudah ditangkap oleh model volatilitas tradisional.

Temuan EVT tersebut memiliki implikasi langsung terhadap desain mekanisme pembiayaan campuran (*blended finance*). Nilai tail index yang positif dan mendekati 0,5

menunjukkan bahwa kejadian ekstrem merupakan bagian dari struktur risiko pasar Indonesia. Dalam situasi seperti ini, risiko ekstrem berada pada level yang sulit ditanggung oleh investor swasta tanpa adanya perlindungan tambahan. Oleh karena itu, *blended finance* harus dirancang dengan mengalokasikan porsi risiko paling berat kepada instrumen publik atau concessional, sementara risiko menengah dapat dibagi dengan investor komersial. Pendekatan seperti ini sesuai dengan prinsip risk layering yang memungkinkan struktur pembiayaan dibentuk berdasarkan kapasitas masing-masing pihak dalam menyerap risiko.

Ketika pasar berada dalam tekanan tinggi, kerugian yang diproyeksikan oleh ES menunjukkan bahwa mitigasi risiko tidak cukup hanya dengan menyediakan perlindungan dasar. Instrumen seperti *first-loss capital*, jaminan parsial, *subordinated debt*, atau fasilitas berbagi risiko menjadi semakin penting untuk menjaga keberlanjutan aliran pendanaan. Instrumen-instrumen ini memberikan bantalan terhadap guncangan yang paling ekstrem sehingga eksposur investor swasta dapat ditekan hingga berada dalam batas risiko yang dapat diterima.

Selain itu, fakta bahwa sekitar lima persen observasi melampaui threshold menunjukkan bahwa kejadian ekstrem bukanlah fenomena yang benar-benar jarang terjadi. Frekuensi tersebut memperlihatkan bahwa volatilitas ekstrem merupakan bagian dari dinamika pasar Indonesia yang harus diperhitungkan secara sistematis. Dengan memasukkan informasi berbasis EVT ke dalam desain *blended finance*, perancang skema pembiayaan dapat lebih akurat menentukan kebutuhan penyangga risiko, mengoptimalkan penggunaan dana publik, dan meningkatkan kelayakan finansial proyek-proyek pembangunan yang sensitif terhadap fluktuasi pasar.

Setelah memperoleh estimasi VaR, ES, serta parameter GPD, langkah berikutnya adalah memetakan risiko tersebut ke dalam tiga lapisan utama untuk menentukan pihak yang paling tepat menanggungnya. Hasil EVT menunjukkan bahwa VaR 95 persen berada pada kisaran -5,01 persen. Kerugian yang masih berada di atas angka ini tergolong ke dalam risiko komersial, yaitu fluktuasi yang masih dalam kapasitas toleransi investor swasta. Pada lapisan ini, pasar dapat menyerap kerugian tanpa memerlukan campuran instrumen publik.

Risiko meningkat ketika kerugian bergerak melampaui VaR 95 persen dan mendekati VaR 99 persen, yaitu sekitar -6,51 persen. Zona ini mencerminkan risiko menengah-tinggi, di mana kejadian ekstrem mulai muncul tetapi masih dapat

diperkirakan probabilitasnya. Lapisan ini umumnya menjadi ruang bagi investor berprofil risiko lebih tinggi atau lembaga pembiayaan pembangunan (DFI). Pada tahap ini, instrumen mitigasi risiko yang bersifat parsial seperti *partial guarantees* atau *subordinated debt* sering kali diperlukan untuk menjaga minat investor. Lapisan paling atas terdiri dari kejadian yang lebih dalam daripada ES 99 persen, yakni kerugian yang mencapai sekitar -9,07 persen atau lebih.

Risiko ekstrem seperti ini sulit dihargai oleh pasar dan sangat jarang terjadi, tetapi memiliki dampak besar ketika muncul. Kondisi ini menuntut adanya peran pemerintah atau penyedia modal concessional untuk menyerap bagian risiko tersebut melalui instrumen seperti *first-loss capital*, jaminan penuh, atau fasilitas *risk-sharing* yang dirancang khusus untuk skenario ekstrem. Pemetaan tiga lapisan risiko ini memperlihatkan dengan jelas bagaimana *blended finance* dapat difokuskan pada area ekstrem, yaitu bagian distribusi risiko yang tidak dapat ditangani investor swasta. Dengan pendekatan ini, penggunaan dana publik menjadi lebih terarah dan efektif, sementara investasi swasta tetap dapat berpartisipasi tanpa menanggung beban risiko yang berada di luar kapasitas mereka.

Dengan memasukkan angka-angka hasil estimasi EVT, penentuan instrumen *blended finance* dapat dilakukan secara lebih terukur. Misalnya, jika investor swasta hanya bersedia menanggung penurunan harga harian hingga sekitar empat persen, maka kerugian di bawah batas tersebut masih dapat digolongkan sebagai risiko komersial. Pada lapisan ini, tidak diperlukan kehadiran instrumen concessional karena pasar masih mampu memprice dan menyerap risiko secara mandiri. Begitu kerugian bergerak melampaui empat persen dan mendekati VaR 95 persen yang berada di kisaran -5,01 persen, risiko mulai memasuki wilayah yang menimbulkan kekhawatiran bagi investor. Rentang antara -4 persen hingga sekitar -6,51 persen (VaR 99 persen) dapat dipandang sebagai zona risiko menengah-tinggi, di mana probabilitas kejadian memang rendah namun tetap terukur. Pada rentang ini, *blended finance* dapat berperan dengan menyediakan instrumen yang mengurangi sebagian risiko, misalnya melalui *partial credit guarantee* atau penempatan *subordinated debt*. Instrumen tersebut dapat dirancang untuk menanggung selisih kerugian antara batas toleransi investor dan VaR yang dihasilkan oleh EVT, sehingga beban risiko yang dirasakan investor turun ke level yang dapat diterima.

Lapisan paling atas adalah kejadian yang berada di atas nilai ES 99 persen, yakni sekitar  $-9,07$  persen. Kerugian pada zona ini mewakili skenario pasar yang paling parah, di mana penurunan harga tidak hanya melampaui toleransi investor, tetapi juga melampaui batas risiko yang masih bisa ditanggung oleh lembaga keuangan pembangunan. Pada titik ini, peran modal publik atau concessional menjadi krusial. Instrumen seperti *first-loss capital* dapat dirancang untuk menanggung kerugian awal hingga mendekati selisih antara VaR dan ES, sementara *sovereign guarantee*, *catastrophe window*, atau fasilitas *risk-sharing* publik dapat diaktifkan ketika pasar memasuki kondisi stres yang sangat ekstrem.

Dengan demikian, angka-angka yang dihasilkan oleh EVT tidak berhenti sebagai indikator statistik, tetapi diterjemahkan langsung menjadi basis kuantitatif untuk menentukan besaran dan posisi instrumen blended finance dalam struktur pembiayaan. Pendekatan ini membantu memastikan bahwa dukungan publik benar-benar difokuskan pada bagian distribusi risiko yang tidak dapat ditanggung oleh pasar, sekaligus menjaga agar komponen risiko komersial tetap menjadi domain investor swasta.

## KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini didorong oleh kebutuhan untuk memahami bagaimana risiko ekstrem di pasar keuangan dapat mempengaruhi campuran desain skema pembiayaan campuran. Makalah ini menggunakan data return harian IHSG dan menerapkan Teori Nilai Ekstrem (EVT): POT dengan tujuan menggabungkan dua area yang mungkin, dalam banyak hal, telah terpisah: Analisis statistik risiko ekstrem, dan desain pembiayaan campuran. Ini mencakup tidak hanya seberapa besar risiko, tetapi bagaimana informasi tersebut dapat diubah menjadi model pembiayaan yang lebih andal dan layak terhadap kejadian yang jarang terjadi di mana risikonya relatif besar.

Analisis distribusi log-return IHSG menunjukkan bahwa perilaku pasar Indonesia tidak normal secara simetris. Histogram, plot kepadatan, plot QQ, dll. menunjukkan bahwa distribusinya miring ke kanan dan memiliki ekor yang berat. Hal ini ditunjukkan oleh adanya beberapa angka return positif yang sangat besar, meskipun ini disertai dengan penurunan tajam yang mencolok. Penyimpangan dari asumsi normalitas menunjukkan bahwa perspektif risiko berbasis distribusi normal gagal menangani aspek dinamis di pasar domestik.

POT dengan ambang batas pada kuantil lima persen memberikan sepuluh kejadian ekstrem, dan Distribusi Pareto Tergeneralisasi (GPD) digunakan untuk memodelkannya. Estimasi parameter menunjukkan nilai bentuk positif ( $\xi$ ) mendekati 0,5 dan skala yang relatif kecil ( $\beta$ ). Kombinasi ini menggambarkan struktur ekor yang cukup mirip: kerugian ekstrem cenderung memiliki besaran sedang, meskipun kerugian mendalam berpotensi terjadi dalam jumlah yang lebih besar secara proporsional. Perhitungan Value-at-Risk (VaR) dan Expected Shortfall (ES) pada tingkat kepercayaan tinggi menggambarkan gambaran ini dengan baik. Pada tingkat 99 persen, VaR harian kira-kira -6,51 persen dan ES mendekati -9,07 persen, menunjukkan bahwa kedalaman kerugian dapat melampaui batas yang wajar bagi investor swasta ketika pasar memasuki fase stres.

Ini kemudian dipetakan ke dalam kerangka pelapisan risiko. Penelitian ini menggambarkan bahwa semua risiko tidak sama layakannya ditanggung oleh semua pelaku pasar dengan klasifikasi risiko menjadi tiga lapisan: risiko komersial, menengah-tinggi, dan ekstrem. Fluktuasi di sekitar VaR 95 persen terus dianggap sebagai risiko komersial, sementara kerugian dari VaR 95 persen hingga 99 persen mulai memasuki rentang yang memerlukan alat mitigasi lebih lanjut. Di atas ES 99 persen, tidak ada cukup risiko yang dapat diserap oleh investor swasta atau lembaga keuangan pembangunan tanpa modal publik atau konsesional.

Sebaliknya, dalam konteks pembiayaan campuran, temuan ini merupakan argumen mengenai tempat modal konsesional. Instrumen seperti modal kerugian pertama, jaminan parsial, utang subordinasi, dan fasilitas berbagi risiko sebaiknya dialokasikan ke lapisan risiko yang tidak dapat dihargai secara memadai oleh pasar, termasuk semua zona regional yang VaR dan ES menunjukkan kerugian signifikan. Dengan cara ini, pembiayaan campuran tidak lagi menjadi konsep yang dirancang secara umum, tetapi telah dirancang berdasarkan profil risiko yang dapat diukur. Ini juga akan konsisten dengan tambahanitas dan konsesionalitas minimum: dukungan publik hanya boleh diberikan pada ujung ekor distribusi jika kapasitas pasar benar-benar terlampaui.

Kontribusi utama dari studi yang diusulkan adalah untuk menetapkan bahwa EVT adalah penggunaan yang dapat diterima dan praktis dalam analisis statistik dan integrasi ke dalam arsitektur keuangan pembangunan. Risiko ekor, yang sering kali dianggap abstrak, dapat diubah menjadi kuantitatif dalam penerapan batasan terhadap toleransi risiko, sejauh mana buffer konsesional, dan tempat instrumen pengurangan risiko dalam

struktur modal. Ini memungkinkan ruang untuk menciptakan pembiayaan campuran yang lebih berbasis bukti, terutama dalam proyek yang berisiko tinggi dan berdurasi panjang.

Namun, penelitian ini memiliki kekurangan tertentu. Analisis ini dilakukan pada tingkat indeks pasar (IHSG), dan belum menangani heterogenitas risiko di berbagai sektor atau proyek. Dalam studi ini, modelnya univariat dan berkonsentrasi pada satu sumber risiko (yaitu pergerakan harga pasar). Studi dapat diperluas di masa depan untuk menggabungkan pendekatan EVT multivariat, misalnya menggabungkan risiko pasar, nilai tukar, dan faktor makroekonomi lainnya dan menerapkannya pada data arus kas proyek atau portofolio keuangan dunia nyata. Pendekatan semacam itu harus memperluas pengetahuan tentang bagaimana risiko ekstrem berkembang secara sistemik serta bagaimana pembiayaan campuran dapat disesuaikan untuk menangani mereka dengan lebih efisien.

Hasil ini menunjukkan bahwa menyederhanakan dan meremehkan risiko ekstrem dalam pengembangan terstruktur pembiayaan campuran, menciptakan kerangka keuangan yang rapuh pada periode puncak guncangan pasar. Di sisi lain, jika EVT dipertimbangkan pada tahap desain, pembiayaan campuran dapat menjadi instrumen yang tidak hanya menarik investasi swasta tetapi juga lebih mampu menghadapi risiko keras yang pasti akan dihadapi dalam pembangunan jangka panjang seperti Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Convergence. (2023). *The state of blended finance 2023*. Convergence Blended Finance.
- Elsom, J., & Pawley, I. (2025). Extreme value statistics for analysing simulated environmental extremes. In *Modern extreme value statistics for Utopian extremes: EVA 2023 conference data challenge*. Springer.
- Gkillas, K., Tsagkanos, A., & Vortelinos, D. (2025). How does the Brexit vote affect tail risk? An extreme value approach for the UK financial markets. In *Recent developments in financial extremes*. Springer.
- Hochrainer-Stigler, S., Mechler, R., Pflug, G., & Williges, K. (2018). Government liabilities for disaster risk in industrialized countries: A case study of Australia. *Climate and Development*.
- International Finance Corporation. (2020). *Blended finance in the poorest countries: The need for a better approach*. IFC/World Bank Group.

- Li, X., Smith, M., & Zhao, Y. (2025). Multivariate extreme value modelling with vine copulas: Capturing tail dependence in financial and environmental risks. In *Modern extreme value statistics for Utopian extremes*. Springer.
- Manurung, A. H. (2014), Pengukuran Risiko, PT Adler Manurung Press, Oktober 2014
- Martín, R., González, M., & Pérez, J. (2024). A new Bayesian method for estimation of value-at-risk and conditional value-at-risk. *Journal of Risk and Financial Management*.
- Milidonis, A., & Grace, M. F. (2008). Tax-deductible pre-event catastrophe loss reserves: The case of Florida. *Journal of Insurance Regulation*.
- OECD. (2020). *Blended finance principles for unlocking commercial finance for the SDGs*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD. (2023). *Scaling up blended finance for sustainable development: Risk allocation and additionality*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Richards, J., Lee, D., & Brown, T. (2025). Modern extreme value statistics for non-stationary risks: Combining additive models and machine learning. In *Modern extreme value statistics for Utopian extremes*. Springer.
- World Bank. (2021). *Mobilizing private finance for development: The role of blended finance and risk mitigation*. World Bank Group.
- Zavadjil, T., & co-authors. (2025). Leveraging interest–growth differentials: Hidden effects of government financial assets in the European Union. ESAN University Working Paper Series.
- Zhang, L., Kruse, S., & Müller, M. (2025). Enhancing insurer portfolio resilience and capital efficiency with green bonds: A framework combining dynamic R-vine copulas and tail risk modeling. *Sustainability*.