

## Aplikasi GAMLSS untuk pemodelan tingkat pengangguran terbuka di Jawa Timur

(GAMLSS application for modeling the level of open unemployment in East Java)

Noor Dyah Maulidani, I Made Tirta<sup>\*</sup>, Mohamat Fatekurohman

Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Jember

\*Korespondensi: itirta.fmipa@unej.ac.id

Received: 30-07-2024, accepted: 26-03-2025

---

### Abstract

This research analyzes the application of Generalized Additive Model for Location, Scale, and Shape (GAMLSS) using penalized spline smoothing and Rigby-Stasinopoulos (RS) algorithm for modeling Open Unemployment Rate in East Java Province in 2022. Predictor variables in this research include Labor Force Participation Rate, Average Years of Schooling, Average Wages, Economic Growth, and Registered Job Vacancies. GAMLSS allows the estimation of several distribution parameters (location, scale, and shape) thereby providing a broader and more flexible approximation model. The number of parameters that can be estimated depends on the type of distribution that is suitable for the data. This research uses a penalized spline as a smoothing of predictor variable for the nonparametric part. The RS algorithm is an iterative procedure developed for GAMLSS models and used to estimate model parameters efficiently. Several distributions were evaluated and Normal distribution was obtained as the most suitable with two parameters ( $\mu, \sigma$ ). The Normal distribution is chosen based on model evaluation standards Generalized Akaike Information Criterion (GAIC). The effectiveness of this model was further verified through significance test and stepwise procedure. The estimation results of the location parameter ( $\mu$ ) are modeled by Economic Growth, Average Years of Schooling, and Registered Job Vacancies with the identity link function, while the scale parameter ( $\sigma$ ) is modeled by Economic Growth and Average Wages with the log link function.

**Keywords:** GAMLSS, open unemployment rate, penalized spline

**MSC2020:** 62P99

---

### 1. Pendahuluan

*Generalized Additive Model for Location Scale & Shape* (GAMLSS) merupakan model regresi semiparametrik yang mencakup distribusi keluarga eksponensial dan non-eksponensial [1]. GAMLSS memiliki banyak pilihan distribusi yang dapat mengakomodasi hingga 4 parameter, yaitu lokasi, skala, dan bentuk ( $\mu, \sigma, \nu, \tau$ ) dan berbagai tipe pemulus (*smoothing*), sehingga diklaim sebagai model regresi yang paling fleksibel, melampaui model mean, melampaui model normal, dan melampaui model linier [2]. Parameter lokasi ( $\mu$ ) dan skala ( $\sigma$ ) adalah ukuran deskriptif yang signifikan

untuk menggambarkan pusat lokasi dan dispersi, sedangkan parameter bentuk (*skewness* ( $\nu$ ) dan kurtosis ( $\tau$ )) menggambarkan kemencengan dan keruncingan dari distribusi. Jumlah parameter yang dapat diestimasi tergantung pada jenis distribusi yang cocok digunakan pada data berdasarkan kriteria perbandingan model seperti *Generalized Akaike Information Criterion* (GAIC) [3]. Semua parameter dalam GAMLSS dapat dimodelkan seperti halnya parameter lokasi. Karena fleksibilitas dan luasnya alternatif yang tersedia, GAMLSS banyak diaplikasikan untuk memodelkan berbagai fenomena dengan memilih distribusi dan pemulus terbaik. GAMLSS dengan algoritma Rigby-Satsinopoulos (RS) dan pemulus *penalized spline* sebelumnya dilakukan oleh [4] yang menunjukkan bahwa *Skew Power Exponential* (SEP) dengan 4 parameter merupakan distribusi yang paling sesuai. Beberapa penelitian lain yang memanfaatkan fleksibilitas GAMLSS diantaranya untuk memodelkan komposisi gelas dengan mencoba distribusi SEP3 dan Normal [5], memodelkan capaian matematika di perguruan tinggi dengan mencoba 6 distribusi yang dianggap potensial [6], dan untuk menganalisis data perilaku hewan [7]. GAMLSS juga diaplikasikan untuk memodelkan jumlah penderita HIV dengan menggunakan pemulus LOESS, dengan distribusi Binomial Negatif memberikan hasil terbaik [8], juga diaplikasikan untuk memodelkan data yang sangat tidak simetris dengan menggunakan sebaran Box-Cox t (BCT) [9].

Sementara itu, penelitian terkait tingkat pengangguran terbuka dilakukan dengan menggunakan analisis regresi data panel [10] dengan variabel prediktor berupa upah minimum, angkatan kerja, pertumbuhan ekonomi, dan tingkat pendidikan. Hasil penelitian menunjukkan secara parsial angkatan kerja dan tingkat pendidikan berpengaruh secara signifikan. Penelitian dengan regresi serupa juga dilakukan [11] dengan menganalisis faktor Tingkat Pengangguran Terbuka dari sisi upah minimum, tingkat pendidikan, dan pertumbuhan penduduk menunjukkan adanya pengaruh signifikan tingkat pendidikan secara parsial. Penelitian lain [12] melakukan analisis faktor dari sisi pertumbuhan penduduk, inflasi, investasi, upah minimum, dan kesempatan kerja terhadap pengangguran secara umum menggunakan regresi linier berganda dan menunjukkan adanya pengaruh signifikan positif kesempatan kerja.

Penelitian yang dilakukan berupa analisis penerapan GAMLSS menggunakan pemulusan *penalized spline* dan algoritma Rigby-Stasinopoulos (RS) untuk pemodelan tingkat pengangguran terbuka di Provinsi Jawa Timur tahun 2022. Tingkat pengangguran terbuka merupakan persentase jumlah pengangguran terhadap jumlah angkatan kerja yang didefinisikan sebagai suatu nilai yang menunjukkan kondisi dimana seseorang yang termasuk angkatan kerja tidak memiliki pekerjaan baik karena sedang mencari pekerjaan, sedang mempersiapkan usaha, merasa tidak mungkin mendapatkan pekerjaan, atau sudah punya pekerjaan tetapi belum memulai bekerja [13]

## 2. Metodologi

Analisis data diawali dengan melakukan eksplorasi data, memeriksa diagram pencar (*scatterplot*) untuk mengetahui hubungan kelinieran antara variabel prediktor dengan variabel respon. Variabel prediktor yang memiliki hubungan nonlinier selanjutnya menjadi bagian non-parametrik yang diberi pemulus. Pilihan distribusi dilakukan dengan mencoba beberapa distribusi yang sesuai dengan kriteria respon antara lain, distribusi Normal, Gamma, dan *Skew Exponential Power* (SEP). Distribusi terbaik diperoleh berdasarkan visualisasi histogram distribusi terhadap data dan nilai GAIC terkecil. Selanjutnya dilakukan pemodelan GAMLSS menggunakan distribusi terbaik. Algoritma RS merupakan prosedur iterasi yang dikembangkan untuk model GAMLSS dan digunakan untuk memperkirakan parameter model secara cepat dan efisien [3]. Adapun *penalized spline* digunakan sebagai pemulus bagian non-parametrik dengan menentukan *degree of freedom* (df) terbaik. Pemilihan df terbaik didasarkan pada nilai GAIC terkecil. Model yang telah memuat df terbaik dilakukan pengepasan untuk memperoleh estimasi parameter dari distribusi terbaik. Selanjutnya dilakukan uji signifikansi dan *stepwise* untuk mengeliminasi prediktor yang tidak memiliki pengaruh yang signifikan, dengan melihat nilai GAIC terkecil. Selain nilai GAIC, analisis/ diagnostik residual secara grafik juga perlu dilakukan untuk menilai kesesuaian model secara menyeluruh agar dapat dikatakan baik [14].

Analisis data dilakukan menggunakan bantuan aplikasi *Rstudio*. Data dalam penelitian berupa data sekunder dari setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur tahun 2022 bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur pada laman <https://jatim.bps.go.id/>. Variabel-variabel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel penelitian yang digunakan

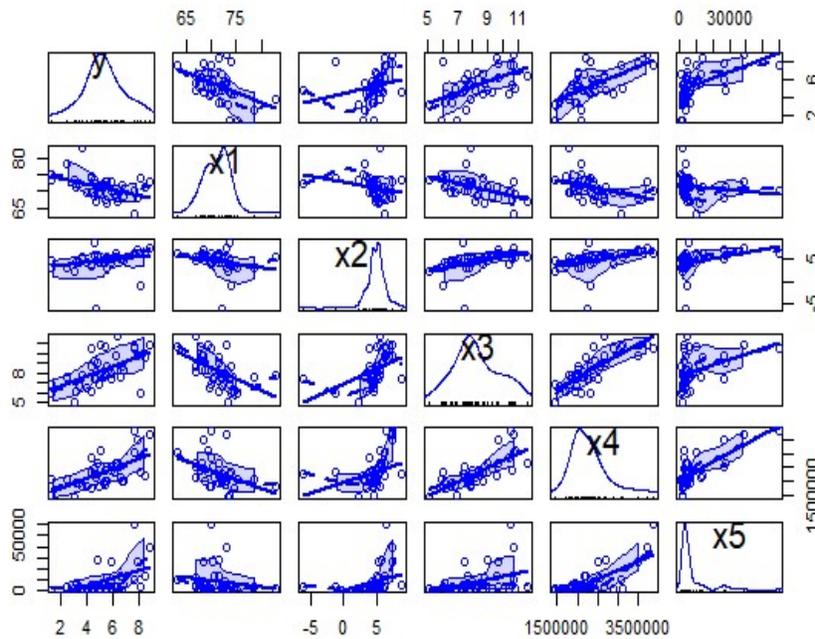
Variabel	Keterangan
$y$	Tingkat Pengangguran Terbuka
$x_1$	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja
$x_2$	Pertumbuhan Ekonomi
$x_3$	Rata-rata Lama Sekolah
$x_4$	Rata-rata Upah
$x_5$	Lowongan Kerja Terdaftar

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Eksplorasi Data

Eksplorasi data dilakukan untuk melihat sebaran data dan hubungan linieritas antara variabel-variabel prediktor dengan variabel respon menggunakan perintah *scatterplotmatrix*. Perintah *scatterplotmatrix* menampilkan kurva regresi linier dan variabel prediktor dengan pemulusan bawaan *local regression* (LOESS) [4]. Variabel

prediktor yang tidak linier dimodelkan secara nonparamterik yang akan diestimasi menggunakan pemulus *penalized spline*.

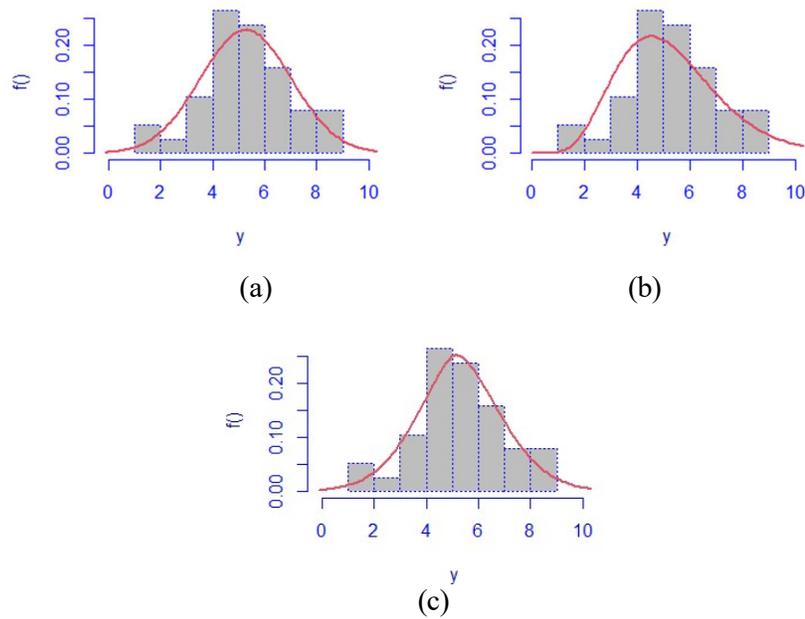


Gambar 1. *Scatterplotmatrix* tingkat pengangguran terbuka

Garis tidak terputus pada Gambar 1 merupakan garis regresi linier. Adapun garis putus-putus merupakan kurva hasil pemulusan terhadap variabel prediktor. Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa Pertumbuhan Ekonomi ( $x_2$ ) dan Lowongan Kerja Terdaftar ( $x_5$ ) memiliki hubungan yang paling *low fit* terhadap regresi linier. Variabel-variabel ini memiliki distribusi yang tidak simetris atau memiliki puncak yang tajam dan ekor yang panjang, sehingga kecil kemungkinannya memenuhi asumsi distribusi keluarga ekponensial umum seperti distribusi Normal/ Gaussian dengan hubungan linier. Variabel Pertumbuhan Ekonomi ( $x_2$ ) dan Lowongan Kerja Terdaftar ( $x_5$ ) dimodelkan secara non-parametrik menggunakan pemulus *penalized spline*.

### 3.2 Pemilihan Distribusi Terbaik

GAMLSS menyediakan berbagai pilihan distribusi sesuai jenis data yang digunakan. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data kontinu sehingga distribusi yang akan digunakan adalah jenis-jenis distribusi kontinu. Distribusi yang akan di analisis berdasarkan data respon dalam penelitian ini adalah distribusi Normal, Gamma dan *Skew Exponential Power* (SEP). Langkah awal penentuan distribusi terbaik yaitu melihat karakteristik distribusi melalui histogram. Hasil visualisasi histogram pada Gambar 2 menunjukkan bahwa kurva distribusi SEP (c) sekilas lebih sesuai dengan histogram data.



Gambar 2. Histogram distribusi (a) Normal (b) Gamma (c) SEP

Selanjutnya penentuan distribusi terbaik yang lebih akurat dilakukan dengan menghitung nilai GAIC dari ketiga distribusi. Distribusi yang memiliki nilai GAIC terkecil merupakan distribusi yang lebih baik dan cocok digunakan. Nilai GAIC dari ketiga distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai GAIC distribusi

Distribusi	GAIC
Normal	154,4527
Gamma	159,5685
SEP	158,2804

Berdasarkan nilai GAIC dari ketiga distribusi, dapat dikatakan bahwa data lebih cocok dimodelkan dengan distribusi Normal namun selisih GAIC dari ketiga distribusi tidak berbeda jauh. Selanjutnya dilakukan pengujian GAIC menggunakan model GAMLSS (bersama dengan opsi parameter lainnya) agar lebih akurat. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai GAIC distribusi dengan GAMLSS

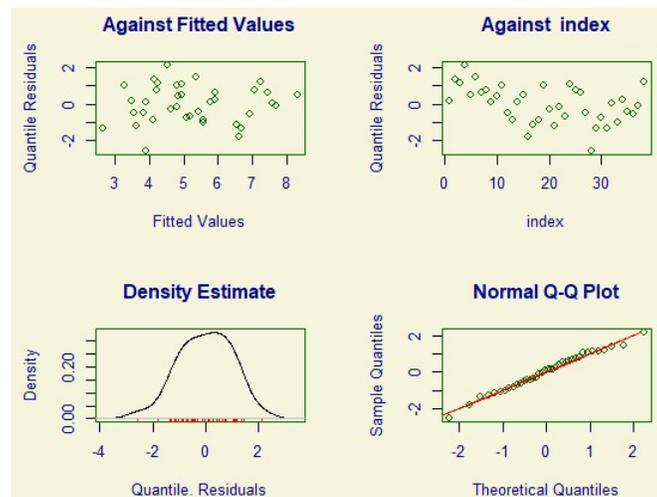
Distribusi	GAIC
Normal	141,4377
Gamma	152,4696
SEP	145,3174

Hasil analisis GAIC dari ketiga distribusi setelah dimodelkan menggunakan GAMLSS menunjukkan distribusi Normal tetap yang terkecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa

untuk data yang ada, distribusi Normal merupakan distribusi terbaik untuk model.

### 3.3 Penentuan *Degree of Freedom (df)* Terbaik

Penentuan df terbaik untuk smoother dilakukan untuk menunjukkan jumlah efektif variabel independen yang dapat diperkirakan sehingga mencegah *overfitting* dan diperoleh model GAMLSS terbaik. Pemilihan df terbaik dilakukan dengan membandingkan nilai GAIC dari variasi jumlah df bernilai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6. Hasil analisis GAIC dari keenam df menunjukkan GAIC terkecil terjadi ketika df bernilai 3 (untuk  $x_2$  dan  $x_5$ ) yaitu 132,8238.



Gambar 3. Plot hasil pengepasan dengan  $df = 3$

### 3.4 Uji Signifikansi Prediktor

Uji signifikansi model dengan distribusi dan df terbaik dilakukan untuk mengetahui variabel prediktor mana saja yang berpengaruh secara signifikan pada variabel respon penelitian. Taraf signifikansi ( $\alpha$ ) yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,05 atau 5%. Jika nilai  $p - value \leq \alpha$ , artinya variabel prediktor berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon. Sedangkan jika  $p - value > \alpha$ , maka artinya variabel prediktor tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon. Hasil pengepasan model dari distribusi dan df terbaik pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji signifikansi model distribusi dan df terbaik

Variabel Prediktor	<i>t - value</i>	$Pr(>  t )$	Keterangan
Intersep	2,301	0,02966	Signifikan
$x_1$	-1,985	0,05777	Signifikan
$ps(x_2, df = 3)$	-1,064	0,29714	Tidak signifikan
$x_3$	2,934	0,00690	Signifikan
$x_4$	-1,404	0,17226	Tidak signifikan
$ps(x_5, df = 3)$	3,478	0,00179	Signifikan

Variabel prediktor Pertumbuhan Ekonomi ( $x_2$ ) dan Rata-rata Upah ( $x_4$ ) tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon Tingkat Pengangguran Terbuka ( $y$ ). Selanjutnya dilakukan analisis model kembali menggunakan stepGAIC() untuk memastikan variabel mana saja yang harus dieliminasi berdasarkan nilai GAIC terkecil sehingga diperoleh model terbaik. Hasil analisis stepGAIC() menunjukkan variabel prediktor yang dapat digunakan agar diperoleh model terbaik antara lain Pertumbuhan Ekonomi ( $x_2$ ), Rata-rata Lama Sekolah ( $x_3$ ) dan Lowongan Kerja Terdaftar ( $x_5$ ).

### 3.5 Estimasi Parameter dari Model Terbaik

Model terbaik telah diperoleh dengan eliminasi beberapa variabel prediktor yang tidak memiliki pengaruh pada respon penelitian. Selanjutnya dilakukan pengepresan kembali untuk mengestimasi parameter dari model terbaik. Distribusi Normal memiliki dua parameter yaitu lokasi ( $\mu$ ) dan skala ( $\sigma$ ). Parameter lokasi ( $\mu$ ) merepresentasikan mean distribusi yang merupakan ukuran kecenderungan sentral dari data dan parameter skala ( $\sigma$ ) merepresentasikan standar deviasi distribusi, yang mengukur penyebaran atau dispersi data di sekitar mean. Kedua parameter tersebut dimodelkan dengan variabel dan fungsi *link* yang sesuai. Fungsi *link* untuk parameter lokasi ( $\mu$ ) adalah identitas dan fungsi *link* untuk parameter skala ( $\sigma$ ) adalah log [15].

Uji coba pengepresan model pertama parameter sigma dilakukan menggunakan semua variabel prediktor  $x_1, x_2, x_3, x_4$ , dan  $x_5$ . Hasil pengepresan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengepresan model parameter sigma menggunakan semua variabel prediktor

Variabel Prediktor	$t - value$	$Pr(>  t )$	Keterangan
Intersep	-1,524	0,13728	Tidak signifikan
$x_1$	2,473	0,01888	Signifikan
$ps(x_2, df = 3)$	11,694	4,31e-13	Signifikan
$x_3$	-0,887	0,38189	Tidak signifikan
$x_4$	-3,578	0,00113	Signifikan
$ps(x_5, df = 3)$	-1,440	0,15964	Tidak signifikan

Selanjutnya dilakukan langkah stepGAIC() untuk menganalisis dan mendapatkan model terbaik untuk parameter sigma, yaitu dengan GAIC terkecil. Hasil menunjukkan tidak adanya perubahan pada parameter sigma serta model dianggap tidak konvergen sehingga perlu dilakukan cara lain untuk dapat melakukan *stepwise* pada model. Jenis *stepwise* yang dapat digunakan adalah stepGAICAll.A() yang merupakan bagian dari stepGAIC(). Jika fungsi stepGAIC() digunakan untuk membangun model untuk parameter individual dari distribusi variabel respon, fungsi stepGAICAll.A() membangun model untuk semua parameter. Hasil *stepwise* menunjukkan variabel prediktor yang digunakan untuk menentukan model terbaik estimasi parameter sigma adalah Pertumbuhan Ekonomi ( $x_2$ ) dan Rata-rata Upah ( $x_4$ ) dengan hasil GAIC (AIC dan SBC) 108,054 dan 129,3431. Hasil pengepresan final model lokasi ( $\mu$ ) dan skala ( $\sigma$ ) terbaik dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil estimasi parameter dari pengepasan model terbaik

Parameter $\mu$ , <i>identity link function</i>			
Variabel Prediktor	Estimasi	<i>t</i> – value	Pr(> t )
Intersep	2,563e+00	16,368	7,22e-16
ps( $x_2$ , df = 3)	2,771e-01	15,011	6,40e-15
$x_3$	1,245e-02	2,606	0,0145
ps( $x_5$ , df = 3)	5,892e-05	61,259	< 2e-16
Parameter $\sigma$ , <i>log link function</i>			
Variabel Prediktor	Estimasi	<i>t</i> – value	Pr(> t )
Intersep	4,538e+00	9,055	1,07e-10
ps( $x_2$ , df = 3)	4,783e-01	9,402	4,15e-11
$x_4$	-3,053e-06	-13,778	1,06e-15

Pada parameter lokasi ( $\mu$ ) Tabel 6, nilai *p* – value untuk Pertumbuhan Ekonomi ( $x_2$ ), Rata-rata Lama Sekolah ( $x_3$ ), dan Lowongan Kerja Terdaftar ( $x_5$ ) kurang dari 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa ketiga variabel tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap Tingkat Pengangguran Terbuka ( $y$ ) di Jawa Timur tahun 2022. Sedangkan untuk parameter skala ( $\sigma$ ), variabel prediktor yang memiliki pengaruh yang signifikan adalah Pertumbuhan Ekonomi ( $x_2$ ) dan Rata-rata Upah ( $x_4$ ). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa model pengepasan Tingkat Pengangguran Terbuka di Jawa Timur tahun 2022 adalah: Distribusi terbaik adalah distribusi Normal/ Gaussian yaitu

$$Y \sim N(\mu, \sigma)$$

dimana hasil estimasi model terbaik untuk parameter lokasi ( $\mu$ ) adalah

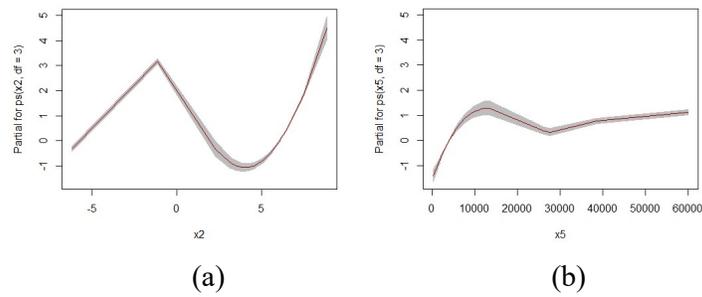
$$\hat{\mu}_y = 2,563 + ps(2,771 \times 10^{-1})x_2 + (1,245 \times 10^{-2})x_3 + ps(5,892 \times 10^{-5})x_5$$

dan hasil estimasi untuk parameter skala ( $\sigma$ ) adalah

$$\log(\hat{\sigma}_y) = 4,538 + ps(4,783 \times 10^{-1})x_2 + (-3,053 \times 10^{-6})x_4 \text{ atau}$$

$$\hat{\sigma}_y = e^{4,538 + ps(4,783 \times 10^{-1})x_2 + (-3,053 \times 10^{-6})x_4}$$

Komponen non-parametrik dari model yang telah dilakukan dalam pengepasan, memang agak sulit digambarkan secara matematis, akan tetapi dapat diilustrasikan menggunakan `term.plot()[3]`. Hasil `Term.plot()`. Hasil penggunaan `term.plot()` pada bagian non-parametrik dapat dilihat pada Gambar 4.

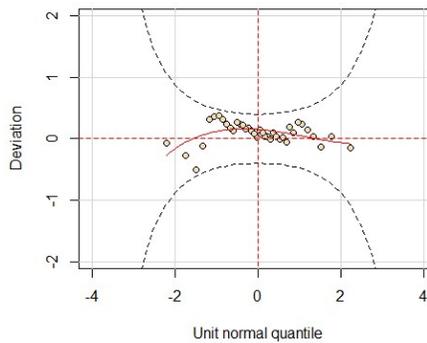


Gambar 4. Hasil *termplot* dari pemulusan (a)  $ps(x_2, df = 3)$  dan (b)  $ps(x_5, df = 3)$

Pada Gambar 4 terlihat bahwa Pertumbuhan Ekonomi ( $x_2$ ) dan Lowongan Kerja Terdaftar ( $x_5$ ) pada tahun 2022 memiliki hubungan tidak linier dengan Tingkat Pengangguran Terbuka.

### 3.6 Worm Plot

Sebaran residual dapat dilihat dengan menggunakan *worm plot* sehingga model secara keseluruhan dapat dikatakan sebagai model yang baik. Berikut hasil visualisasi residual dari model menggunakan *worm plot*.



Gambar 5. Residual dari model

Gambar 5 menunjukkan bahwa titik-titik residual dari model berada diantara kurva *elliptic* dan mengikuti kurva distribusi Normal sehingga model (dengan menggunakan distribusi Normal/ Gaussian) terjustifikasi merupakan model yang baik secara keseluruhan.

## 4. Kesimpulan

Model terbaik Tingkat Pengangguran Terbuka dengan GAMLSS menunjukkan respon berdistribusi Normal,  $Y \sim N(\mu, \sigma)$ , dan beberapa prediktor memiliki hubungan nonlinier dengan dengan *penalized spline* dengan  $df = 3$ . Dari model yang terbaik diperoleh bahwa parameter lokasi ( $\mu$ ) dipengaruhi oleh Pertumbuhan Ekonomi ( $x_2$ ), Rata-rata Lama Sekolah ( $x_3$ ), dan Lowongan Kerja Terdaftar ( $x_5$ ), sedangkan parameter skala ( $\sigma$ ) dipengaruhi oleh Pertumbuhan Ekonomi ( $x_2$ ) dan Rata-rata Upah ( $x_4$ )

## Daftar Pustaka

- [1] R. A. Rigby and D. M. Stasinopoulos, “Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape,” *J. R. Stat. Soc. Ser. C (Applied Stat., vol. 54, no. 3, pp. 507–54, 2005. [[CrossRef](#)]*.
- [2] D. M. Stasinopoulos, R. A. Rigby, G. Z. Heller, and F. De Bastiani, “P-splines and GAMLSS: a powerful combination, with an application to zero-adjusted distributions,” *Stat. Modelling, vol. 23, no. 5–6, pp. 510–524, 2023, [[CrossRef](#)]*
- [3] D. M. Stasinopoulos and R. A. Rigby, “Generalized additive models for location scale and shape (GAMLSS) in R,” *J. Stat. Softw., vol. 23, no. 7, pp. 1–46, 2007. [[CrossRef](#)]*
- [4] A. S. Darmawan, D. Anggraeni, and I. M. Tirta, “Application of generalized additive model location, scale and shape (GAMLSS) for rice production in Banyuwangi regency,” *J. Phys. Conf. Ser., vol. 1211, no. 1, 2019. [[CrossRef](#)]*
- [5] R. Zhang, X. Liu, Y. Zhang, and X. Jin, “Application of GAMLSS Model in Analysis of Composition of Glass Relics in China,” *Trans. Comput. Appl. Math., vol. 4, no. 1, pp. 41–47, 2024. [[CrossRef](#)]*
- [6] X. Liu, X. Duan, X. Zhou, Y. Feng, and C. Wu, “Mathematics Achievements in Our University,” pp. 19–26, 2021. [[CrossRef](#)]
- [7] L. A. C. de FREITAS, C. A. Taconeli, J. L. P. da SILVA, P. R. Tamioso, and C. F. M. Molento, “A case study on animal behavior analysis using GAMLSS,” *Rev. Bras. Biometria, vol. 39, no. 3, pp. 412–433, 2021. [[CrossRef](#)]*
- [9] R. Mostafa, M. Abd-elghany, and A. Soliman, “Price Forecasting Using Financial Technology by ( GAMLSS ) Theory of NIST AI Risk [8] S. T. Wahyuni, T. W. Utami, and M. Y. Darsyah, “Pemodelan Generalized Additive Model For Location, Scale, and Shape (Gamlss) Dengan Pemulusan Locally Estimated Scatterplot Smoothing (Loess) pada Kasus Hiv/Aids Di Jawa Timur,” *J. Litbang Edusaintech, vol. 2, no. 1, pp. 18–26, 2021. [[CrossRef](#)]*
- [10] S. A. Prayogo and D. Satria, “Analisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Tingkat Pengangguran Terbuka Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2014-2018,” vol. 1, no. 2, pp. 220–225, 2020. [[CrossRef](#)]
- [11] P. Parluhutan, J. Junaidi, and P. H. Prihanto, “Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Pengangguran Terbuka di Pulau Sumatera,” *J. Ekon. Aktual, vol. 1, no. 3, pp. 133–140, 2022. [[CrossRef](#)]*
- [12] A. S. Chandra, Y. Yulmardi, and E. Erfit, “Pengaruh pertumbuhan penduduk, inflasi, investasi, upah minimum dan kesempatan kerja terhadap pengangguran di Kota Jambi,” *J. Paradig. Ekon., vol. 15, no. 2, pp. 197–212, 2020. [[CrossRef](#)]*
- [13] BPS Provinsi Jawa Timur, “Laporan Eksekutif Keadaan Angkatan Kerja Provinsi

- Jawa Timur 2023,” BPS Jawa Timur, vol. 20, pp. 1–78, 2024, [Online]. [[CrossRef](#)]
- [14] L. Voncken, C. J. Albers, and M. E. Timmerman, “Model Selection in Continuous Test Norming With GAMLSS,” *Assessment*, vol. 26, no. 7, pp. 1329–1346, 2019. [[CrossRef](#)]
- [15] R. A. Rigby, M. D. Stasinopoulos, G. Z. Heller, and F. De Bastiani, “Distributions for Modeling Location, Scale, and Shape,” *Distrib. Model. Locat. Scale, Shape*, 2019. [[CrossRef](#)]