

**ESTIMASI MODEL REGRESI NONPARAMETRIK BIRESPON
DENGAN *PENALIZED SPLINE* UNTUK DATA *CROSS SECTION*
(Studi Kasus: Angka Harapan Hidup dan Pengeluaran Per Kapita Provinsi di
Indonesia)**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Matematika



Oleh
Ratiwi Mandasari
1802067

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2022**

LEMBAR HAK CIPTA

**ESTIMASI MODEL REGRESI NONPARAMETRIK BIRESPO
DENGAN *PENALIZED SPLINE* UNTUK DATA *CROSS SECTION*
(Studi Kasus: Angka Harapan Hidup dan Pengeluaran Per Kapita Provinsi
di Indonesia)**

Oleh

Ratiwi Mandasari

1802067

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Matematika

© Ratiwi Mandasari 2022

Universitas Pendidikan Indonesia

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruh atau sebagian dengan dicetak ulang,
difotokopi, atau cara lainnya tanpa seizin dari penulis

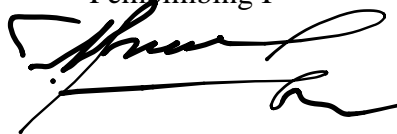
LEMBAR PENGESAHAN

RATIWI MANDASARI

ESTIMASI MODEL REGRESI NONPARAMETRIK BIRESPO
DENGAN *PENALIZED SPLINE* UNTUK DATA *CROSS SECTION*
(Studi Kasus: Angka Harapan Hidup dan Pengeluaran Per Kapita Provinsi
di Indonesia)

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Drs. Nar Herrhyanto, M.Pd.

NIP. 196106181987031001

Pembimbing II



Dra. Hj. Rini Marwati, M.S.

NIP. 196606251990012001

Mengetahui

Ketua Departemen Pendidikan Matematika



Dr. Dadang Juandi, M.Si.

NIP. 196401171992021001

ABSTRAK

Analisis regresi merupakan metode statistik yang digunakan untuk menentukan hubungan fungsional antara variabel independen (prediktor) dan variabel dependen (respon). Dalam analisis regresi terdapat tiga model, salah satunya adalah regresi nonparametrik. Pendekatan regresi nonparametrik yang sering digunakan adalah regresi *spline*. Regresi *spline* memiliki fleksibilitas yang baik untuk mengestimasi regresi nonparametrik. Salah satu pendekatan dengan regresi *spline* adalah *penalized spline*. *Penalized spline* merupakan estimator yang dapat menghasilkan kurva yang smooth dan fit kurva. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model regresi nonparametrik birespon dengan *penalized spline* serta analisa dan interpretasi model yang didapatkan dengan studi kasus yang diambil adalah angka harapan hidup dan pengeluaran per kapita provinsi di Indonesia sebagai variabel respon, serta harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah, laju pertumbuhan ekonomi, tingkat pengangguran terbuka dan upah minimum provinsi sebagai variabel prediktor. Hasil estimasi angka harapan hidup dan pengeluaran per kapita diperoleh nilai MSE 435471,2 sebesar dan R^2 sebesar 98,57192%

Kata Kunci: Nonparametrik, Birespon, Multiprediktor, *Penalized spline*, PLS, Angka Harapan Hidup, Pengeluaran Per Kapita

ABSTRACT

Regression analysis is a statistical method used to determine the functional relationship between independent variables (predictors) and dependent variables (responses). In regression analysis, there are three models, one of which is nonparametric regression. A frequently used nonparametric regression approach is *spline* regression. *Spline* regression has good flexibility to estimate nonparametric regression. One approach with *spline* regression is the *penalized spline*. *Penalized spline* is an estimator that can produce smooth curves and fit curves. The purpose of this study was to obtain a nonparametric regression model with a *penalized spline* and the analysis and interpretation of the model obtained with the case study taken were the life expectancy and per capita expenditure of provinces in Indonesia as response variables, as well as expectations for length of schooling, average length of schooling, economic growth rate, open unemployment rate and provincial minimum wage as predictor variables. The results of the estimated life expectancy and per capita expenditure figures obtained the value of MSE 435471.2 and R2 of 98.57192%

Keywords: Nonparametrics, Birespon, Multipredictor, Penalized spline, PLS, Life Expectancy, Per Capita Expenditure

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pengeluaran Per Kapita	7
2.2 Angka Harapan Hidup (AHH)	8
2.3 Angka Harapan Lama Sekolah.....	8
2.4 Rata-Rata Lama Sekolah.....	9
2.5 Laju Pertumbuhan Ekonomi	10
2.6 Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)	11
2.7 Upah Minimum Provinsi.....	11
2.8 Hubungan Antar Variabel	13
2.9 Analisis Regresi	15

2.10	Regresi Nonparametrik	16
2.11	Regresi <i>Spline</i>	17
2.12	Estimasi Parameter <i>Ordinary Least Square (OLS)</i>	18
2.13	<i>Penalized Spline</i>	18
2.14	Regresi Nonparametrik Birespon pada Data <i>Cross Section</i>	20
2.15	Regresi Nonparametrik Birespon Multiprediktor pada Data <i>Cross Section</i> dengan <i>Penalized Spline</i>	21
2.16	Pemilihan Jumlah dan Letak Titik <i>Knot</i>	25
2.17	Pemilihan Parameter Penghalus dan Titik <i>Knot</i> Optimal	25
2.18	Uji Korelasi Pearson	26
BAB III METODE PENELITIAN.....		27
3.1	Data dan Sumber Data	27
3.2	Variabel Penelitian	27
3.3	Langkah Memperoleh Model Regresi Nonparametrik Birespon dengan <i>Penalized Spline</i> terhadap Data Angka Harapan Hidup dan Pengeluaran Per Kapita	27
3.4	Langkah Analisa dan Interpretasi Estimasi Model Regresi Nonparametrik Birespon dengan <i>Penalized Spline</i> terhadap Data Angka Harapan Hidup dan Pengeluaran Per Kapita	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Model Regresi Nonparametrik Birespon dengan <i>Penalized Spline</i> terhadap Data Angka Harapan Hidup dan Pengeluaran Per Kapita Provinsi di Indonesia	30
4.2	Analisa dan Interpretasi Estimasi Model Regresi Nonparametrik Birespon dengan <i>Penalized Spline</i> terhadap Data Angka Harapan Hidup dan Pengeluaran Per Kapita	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN.....		65

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwati, T., dan Chamidah, N. (2019). Modelling of Hypertension Risk Factors Using Penalized Spline to Prevent Hypertension in Indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 546(5).
- Ampulembang, A. P. (2017). *Pengembangan Model Regresi Nonparametrik Birespon Kontinu Menggunakan Metode MARS*. (Disertasi). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Andrianto, D. (2017). *Estimasi Model Regresi Semiparametrik Birespon Multiprediktor Berdasarkan Estimator Penalized Spline*. (Skripsi). Universitas Airlangga, Surabaya.
- Apriani, F. (2017). *Pemodelan Pengeluaran Per Kapita Menggunakan Small Area Estimation dengan Pendekatan Semiparametrik Penalized Spline*. (Tesis). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Badan Pusat Statistik. (2015). *Indeks Pembangunan Manusia 2014*. Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2020a). Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Tahun 2020. Diakses dari <https://www.bps.go.id/pressrelease/2020/12/15/1758/indeks-pembangunan-manusia--ipm--indonesia-pada-tahun-2020-mencapai-71-94.html>. Diakses pada tanggal 20 November 2021.
- Badan Pusat Statistik. (2020b). *Produk Domestik Regional Bruto Provinsi-Provinsi di Indonesia Menurut Pengeluaran 2015-2019*. Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2021a). *Pengeluaran Per Kapita*. Diakses dari <https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/indikator/197>. Diakses pada tanggal 20 November 2021.
- Badan Pusat Statistik. (2021b). *Angka Harapan Hidup*. Diakses dari <https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/indikator/48>. Diakses pada tanggal 20

November 2021.

Badan Pusat Statistik. (2021c). *Harapan Lama Sekolah (HLS)*. Diakses dari <https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/indikator/1016>. Diakses pada tanggal 20 November 2021.

Badan Pusat Statistik. (2021d). *Rata-Rata Lama Sekolah (MYS)*. Diakses dari <https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/indikator/572>. Diakses pada tanggal 20 November 2021

Badan Pusat Statistik. (2021e). *Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)*. Diakses dari <https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/indikator/44>. Diakses pada tanggal 20 November 2021.

Badan Pusat Statistik. (2021f). *Laju Pertumbuhan PDB/PDRB*. Diakses dari <https://sirusa.bps.go.id/sirusa/index.php/indikator/3>. Diakses pada tanggal 20 November 2021.

Badan Pusat Statistik. (2021g). *[Metode Baru] Pengeluaran per Kapita Disesuaikan (Ribu Rupiah/Orang/Tahun), 2020-2021*. Diakses dari <https://www.bps.go.id/indicator/26/416/1/-metode-baru-pengeluaran-per-kapita-disesuaikan.html>. Diakses pada tanggal 20 November 2021.

Badan Pusat Statistik. (2021h). *[Metode Baru] Umur Harapan Hidup Saat Lahir (UHH) (Tahun)*. Diakses dari <https://www.bps.go.id/indicator/26/414/1/-metode-baru-umur-harapan-hidup-saat-lahir-uhh-.html>. Diakses pada tanggal 20 November 2021.

Badan Pusat Statistik. (2021i). *[Metode Baru] Harapan Lama Sekolah (Tahun), 2020-2021*. Diakses dari <https://www.bps.go.id/indicator/26/417/1/-metode-baru-harapan-lama-sekolah.html>. Diakses pada tanggal 20 November 2021.

Badan Pusat Statistik. (2021j). *[Metode Baru] Rata-rata Lama Sekolah (Tahun), 2020-2021*. Diakses dari <https://www.bps.go.id/indicator/26/415/1/-metode-baru-rata-rata-lama-sekolah.html>. Diakses pada tanggal 20 November 2021.

Badan Pusat Statistik. (2021k). *Tingkat Pengangguran Terbuka Menurut Provinsi (Persen), 2019-2020*. Diakses dari <https://www.bps.go.id/indicator/6/543/2/tingkat-pengangguran-terbuka->

- menurut-provinsi.html. Diakses pada tanggal 20 November 2021.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Upah Minimum Regional/Propinsi (Rupiah), 2018-2020*. Diakses dari <https://www.bps.go.id/indicator/19/220/1/upah-minimum-regional-propinsi.html>. Diakses pada tanggal 20 November 2021.
- Blum, H. L. (1974). *Planning for Health* (Edisi Kedua). New York: Human Scene Press.
- Budiantara, I. N. (2009). "Spline dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik: Sebuah Pemodelan Statistika Masa Kini dan Masa Mendatang". *Pidato Pengukuhan untuk Jabatan Guru Besar dalam Bidang Ilmu Matematika Statistika dan Probabilitas, pada Jurusan Statistika, Fakultas MIPA*. Surabaya: ITS Press.
- Budiantara, I. N. (2011). "Penelitian Bidang Regresi Spline Menuju Terwujudnya Penelitian Statistika yang Mandiri dan Berkarakter". *Seminar Nasional FPMIPA Undiksha*.
- Dani, A. T. R. et al. (2021). Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline Truncated pada Data Longitudinal (Studi Kasus : Persentase Penduduk Miskin Provinsi Papua Tahun 2016-2019). *Inferensi*, 4(1), 2721–3862.
- Diggle, P. J. et al. (2006). *Analysis of Logitudinal Data* (Second Edition). New York: Oxford.
- Eubank, R. L. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Felangi, R. P., dan Yasa, I G. W. M. (2021). Analisis Beberapa Variabel yang Berpengaruh Terhadap Angka Harapan Hidup di Kabupaten/Kota Provinsi Bali. *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*, 10(4), 1447–1477.
- Femadiyanti, S. F., Suparti, dan Warsito, B. (2020.) Pemodelan Jub dan Bi Rate terhadap Inflasi dan Kurs Rupiah Menggunakan Regresi Semiparametrik Birespon Berdasarkan Estimator Penalized Spline. *Jurnal Gaussian*, 9(2), 204–216.
- Fernandes, A. A. R. (2014). Spline Estimator for Bi-Response Nonparametric Regression Model for Longitudinal Data. *Applied Mathematical Science*, 8(114),

5653–5665.

- Hardle, W. (1990). *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Horn, B. P., Strain, M. R dan Maclean, J. C. (2017). Do Minimum Wage Increases Influence Worker Health?. *IZA Institute of Labour Economics*, (10479), 1–36.
- Islamiyati, A., dan Herdiani, E. T. (2012). "Penggunaan Regresi Spline Terpenalti dalam Mengidentifikasi Pola Perubahan Nilai Kurs Rupiah di Indonesia". *Prosiding Seminar Nasional IPA IV UNNES*.
- Islamiyati, A., Fatmawati dan Chamidah, N. (2017). "Fungsi Goodness Of Fit dalam Kriteria Penalized Spline pada Estimasi Regresi Nonparametrik Birespon untuk Data Longitudinal". *Seminar Nasional Matematika dan Aplikasinya*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Islamiyati, A., Fatmawati, Chamidah, N. (2020). Penalized Spline Estimator with Multi Smoothing Parameters in Bi-Response Multi-Predictor Nonparametric Regression Model for Longitudinal Data. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 42(4), 897–909.
- Islamiyati, A., Fatmawati, dan Chamidah, N. (2018). Estimation of Covariance Matrix on Bi-Response Longitudinal Data Analysis with Penalized spline Regression. *Journal of Physics: Conference Series*, 979(1).
- Jamhur. (2020). "Kemampuan Pengangguran Menjelaskan Derajat Kesehatan Masyarakat (Bukti Empiris dari Data Panel Provinsi di Indonesia)". *Prosiding Seminar Akademik Tahunan Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan*.
- Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 107 Tahun 2004 tentang Dewan Pengupahan.
- Laanani, M. et al. (2015). Impact of Unemployment Variations on Suicide Mortality in Western European Countries (2000 – 2010). *Labour Market, Unemployment and Health Impact*, 69, 103–109.
- Lestari, B. et al. (2018). Estimation of Regression Function in Multiresponse Nonparametric Regression Model using Smoothing Spline and Kernel Estimators. *Journal of Physics : Conference Series*, 1097(1), 012091.

- Lestari, B., dan Budiantara, I. N. (2010). Spline Estimator of Triple Response Nonparametric Regression Model. *Jurnal Ilmu Dasar*, 11, 17-22.
- Lestari, B., Fatmawati, dan Budiantara, I. N. (2017.) "Estimasi Fungsi Regresi Nonparametrik Multirespon Menggunakan Reproducing Kernel Hilbert Space Berdasarkan Estimator Smoothing Spline". *Seminar Nasional Matematika dan Aplikasinya*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Maziyya, P. A., Sukarsa, I. K. G., dan Asih, N. M. (2015). Mengatasi Heteroskedastisitas pada Regresi dengan Menggunakan Weighted Least Square. *E-Jurnal Matematika*, 4(1), 20–25.
- Mubarak, R., dan Budiantara, I. N. (2012). Analisis Regresi Spline Multivariabel untuk Pemodelan Kematian Penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) di Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), 224-229.
- Ningtias, E. N. A. (2019). *Pengaruh Pengangguran, Tingkat Pendidikan, Upah Minimum dan Pengeluaran Per Kapita Terhadap Kemiskinan di Kota Makassar*. (Skripsi). UIN Alauddin, Makassar.
- Nurdiani, N., Herrhyanto, N., dan Dasari, D. (2017). Regresi Nonparametrik Birespon Spline. *EurekaMatika*, 5(1), 106-121.
- Pampel, F. C., Krueger, P. M., Denney, J. T. (2010). Socioeconomic Disparities in Healt Behaviors. *Annu Rev Sociol*, 36, 349–370.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2018 tentang Upah Minimum.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2018 tentang Upah Minimum.
- Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 1981 tentang Perlindungan Upah.
- Pratiwi, R. D. A., dan Wibowo, W. (2016). Pengaruh Karakteristik Sosial Ekonomi Terhadap Angka Harapan Hidup dan Angka Kematian Bayi di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur Menggunakan Analisis Regresi Multivariat. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), 2337–3520.
- Putri, F. P. F. (2017). *Estimasi Model Regresi Nonparametrik Birespon Multiprediktor Berdasarkan Estimator Penalized Spline*. (Skripsi). Universitas Airlangga,

Surabaya.

- Rahmawati, D. P. et al. (2021). Mixture Spline Smoothing and Kernel Estimator in Multi-Response Nonparametric Regression. *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, 51(3), 1–12.
- Risnawati, Fernandes, A. A. R., dan Nurjannah. (2019). The Estimation Function Approach Smoothing Spline Regression Analysis for Longitudinal Data. *IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering*, 546(5), 052064.
- Ruppert, D. (2002). Selecting The Number of Knots for Penalized spline. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 11(4), 735–757.
- Ruppert, D., Wand, M. P., dan Carrol, R. J. (2003). *Semiparametric Regression*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Silverman, B. W. (1985). Some Aspects of The Spline Smoothing Approach to Nonparametric Regression Curve Fitting. *Journal of the Royal Statistical Society*, 47(1), 1-52.
- Sistem Informasi dan Manajemen Data Dasar Regional. (2021). *Capaian Indikator Utama Pembangunan*. Diakses dari <https://simreg.bappenas.go.id/home/pemantauan/lpe>. Diakses pada tanggal 20 November 2021
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.
- Utami, F. P. (2020). Pengaruh Indeks Pembangunan Manusia (IPM), Kemiskinan, Pengangguran Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Provinsi Aceh. *Jurnal Samudra Ekonomika*, 4(2), 101-103.
- Wahba, G. (1990). *Spline Models for Observational Data*. Philadelphia: Society for Industrial dan Applied Mathematics.
- Wehby, G., Dave, D., Kaestner, R. (2018). Effects Of The Minimum Wage On Infant Health. *NBER Working Paper Series Effects*, 1–42.
- Widyowati, C. (2016). *Pemodelan Persentase Kemiskinan Di Jawa Timur dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Aditif Berdasarkan Estimator Penalized Spline*. (Skripsi). Universitas Airlangga, Surabaya.
- Wu, H., dan Zhang, J. T. (2006). *Nonparametric Regression Methods for Longitudinal*

- Data Analysis*. New Jersey: John Wiley&Sons, INC. Publication.
- Wulandari, I D. A. M. I., dan Budiantara, I. N. (2014). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan di Jawa Timur Menggunakan Regresi Nonparametrik Birespon Spline. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 3(1), 2337–3520.
- Yolandika, B. C. (2011). Estimasi Model Regresi Nonparametrik Birespon Berdasarkan Estimator Penalized Spline. (Skripsi). Universitas Airlangga, Surabaya.
- Yuedong, W. 2011. *Smoothing Spline Methods and Applications*. California: Taylor&Francis Group.