

---

## ANALISIS SURVIVAL PENDERITA GAGAL GINJAL DENGAN PENDEKATAN MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINE

Olivia Vidya Haffi<sup>1\*</sup>, Sudarno<sup>2</sup>, Di Asih I Maruddani<sup>3</sup>, Tri Ernayanti<sup>4</sup>, Arif Setiyawan<sup>5</sup>,  
Lutfiah Maharani Siniwi<sup>6</sup>, M Hilmi Rozan<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

\*Email korespondensi: [oliviavidyaifi@gmail.com](mailto:oliviavidyaifi@gmail.com)

Submitted :26-07-2021, Reviewed:28-09-2021, Accepted:07-10-2021

DOI: <http://doi.org/10.22216/endurance.V6i3.431>

### ABSTRACT

*Survival analysis is a statistical method where the outcome variable that is considered is the time until the occurrence of an event or called an event. Survival analysis in the medical world can be used to test the survival of patients suffering from a disease, one of which is kidney failure. Based on the results of the 2013 Basic Health Research, 0.2% of the total population of Indonesia, namely 499,800 people, experienced kidney failure. Kidney failure is a process of decreasing kidney function that requires renal replacement therapy, in the form of hemodialysis or kidney transplantation. If the survival data involve independent variables that are thought to affect the survival time, then the Cox Proportional Hazard (PH) regression approach can be developed which can be developed for the Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) approach. The MARS approach is a nonparametric regression approach with high-dimensional data, namely data with an independent variable of  $3 \leq p \leq 20$  and a data sample of  $50 \leq N \leq 1000$ . This study aims to describe the characteristics of patients with kidney failure, identify the factors that affect the survival time of patients with kidney failure and determine the MARS model. The MARS approach is obtained from a combination of functional basis, maximum interaction, and minimum observation by trial and error. Based on the model that has been formed using the MARS approach, it is found that the most influential variables on the survival time of patients with kidney failure are age, urea levels, and creatine levels.*

**Key words:** Renal failure, hemodialysis, survival analysis, nonparametric, MARS

### ABSTRAK

Analisis *survival* adalah suatu metode statistika dimana *outcome* variabel yang diperhatikan adalah waktu hingga terjadinya suatu kejadian atau disebut *event*. Analisis *survival* dalam dunia medis dapat digunakan untuk menguji ketahanan hidup pasien yang menderita suatu penyakit salah satunya penderita gagal ginjal. Berdasarkan hasil Riset Kesehatan Dasar tahun 2013, sebanyak 0,2% dari total jumlah penduduk Indonesia yakni 499.800 jiwa mengalami gagal ginjal. Gagal ginjal merupakan proses penurunan fungsi ginjal yang memerlukan terapi pengganti ginjal, berupa hemodialisis atau transplantasi ginjal. Apabila data *survival* melibatkan variabel independen yang diduga mempengaruhi waktu *survival*, maka dapat menggunakan pendekatan regresi Cox *Proportional Hazard* (PH) yang dapat dikembangkan untuk pendekatan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS). Pendekatan MARS merupakan pendekatan regresi nonparametrik dengan data berdimensi tinggi, yaitu data dengan variabel independen sebesar  $3 \leq p \leq 20$  dan sampel data yang berukuran  $50 \leq N \leq 1000$ . Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan

karakteristik data pasien gagal ginjal, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi waktu ketahanan hidup pasien gagal ginjal serta menentukan model MARS. Pendekatan MARS diperoleh dari kombinasi basis fungsi, maksimum interaksi, dan minimum observasi secara *trial and error*. Berdasarkan model yang telah terbentuk dengan pendekatan MARS diperoleh bahwa variabel yang paling berpengaruh pada waktu ketahanan hidup pasien gagal ginjal adalah usia, kadar ureum, dan kadar kreatin.

**Kata Kunci :** Gagal ginjal, hemodialisis, analisis survival, nonparametrik, MARS

## PENDAHULUAN

Penyakit ginjal kronis (PGK) merupakan masalah kesehatan masyarakat global dengan prevalens dan insidens gagal ginjal yang meningkat, prognosis yang buruk dan biaya yang tinggi. Prevalensi PGK meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk usia lanjut dan kejadian penyakit diabetes melitus serta hipertensi. Gagal ginjal merupakan suatu proses patofisiologi dengan etiologi yang beragam, mengakibatkan penurunan fungsi ginjal yang *irreversible*, pada suatu derajat yang memerlukan terapi pengganti ginjal yang tetap, berupa hemodialisis atau transplantasi ginjal. Hasil penelitian *Global Burden of Disease* tahun 2010, PGK merupakan penyebab kematian peringkat ke 27 di dunia tahun 1990 dan meningkat menjadi urutan ke-18 pada tahun 2010 (Kementerian Kesehatan RI, 2017). Berdasarkan hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskedas) tahun 2013, sebanyak 0,2% dari total jumlah penduduk Indonesia mengalami gagal ginjal. Berdasarkan data *7th Report of Indonesian Renal Registry*, urutan penyebab gagal ginjal pasien yang mendapatkan hemodialisis adalah hipertensi (37%), penyakit diabetes melitus atau *Nefropati Diabetika* (27%), kelainan bawaan atau *Glomerulopati Primer* (10%), gangguan penyumbatan saluran kemih atau *Nefropati Obstruksi* (7%), asam urat (1%), penyakit lupus (1%), dan penyebab lain (18%).

Selain itu, hasil Riskedas 2013 menunjukkan prevalensi penderita gagal ginjal meningkat seiring dengan

bertambahnya umur, dengan peningkatan tajam pada kelompok umur 35 – 44 tahun dibandingkan kelompok umur 25 – 34 tahun. Berdasarkan data *Indonesian Renal Registry (IRR)* tahun 2018 menunjukkan adanya peningkatan penderita gagal ginjal dari tahun 2007 – 2018 di Indonesia. Pada tahun 2007 tercatat pasien baru penderita gagal ginjal sebesar 4977 dan pasien aktifnya sebesar 1.885. Angka tersebut meningkat tajam pada tahun 2018 dengan 66.433 pasien baru dan 132.142 pasien aktif penderita gagal ginjal.

Terdapat beberapa penelitian yang telah membahas tentang penyakit gagal ginjal kronis, salah satunya yaitu Fakhruddin dkk (2013) tentang faktor-faktor penyebab penyakit ginjal kronis di RSUP Dr Kariadi Semarang Periode 2008 – 2012. Berdasarkan penelitian Fakhruddin dkk (2013) diperoleh hasil bahwa penyebab penyakit ginjal kronis di RSUP Dr Kariadi periode 2008 – 2012 yaitu hipertensi 49,1%, obstruksi dan infeksi 26,3%, penyakit ginjal polikistik 26,3%, diabetes melitus 17,5%, dan lain-lain 31,6%. Penelitian lain yang sebelumnya telah dilakukan tentang analisis *survival* dengan pendekatan MARS telah dilakukan oleh Kriner (2007) pada kasus ketahanan hidup pasien jantung di Jerman, dimana Kriner menggunakan residual Cox Proportional Hazard (PH) yaitu *martingale residual* dan *deviance residual* sebagai variabel dependen dalam pemodelan MARS. Metode MARS yang digunakan oleh Kriner (2007) menunjukkan hasil yang lebih baik daripada regresi Cox.

Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dalam penelitian ini akan membahas analisis *survival* pada penderita gagal ginjal dengan pendekatan *Multivariate Adaptive Regression Spline* untuk mengetahui faktor–faktor yang mempengaruhi penderita gagal ginjal. Analisis *survival* merupakan salah satu jenis analisis yang menggambarkan suatu proses yang berhubungan dengan waktu, diawali dengan *time origin* atau *start time* sampai dengan terjadinya suatu kejadian khusus atau *end point* (Collet, 2003). *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) pertama kali diperkenalkan oleh Friedman (1991) merupakan suatu pendekatan regresi nonparametrik dan regresi semiparametrik dengan pendekatan multivariat yang mempertimbangkan *covariate* dari variabel–variabel prediktor yang ada.

Pendekatan MARS digunakan untuk mengatasi permasalahan data berdimensi tinggi atau dikenal dengan *curse of dimensionality* dan menghasilkan prediksi respon yang akurat dan dapat mengatasi kelemahan Regresi Partisi Rekursif (RPR) serta dapat menghasilkan model kontinu pada knot berdasarkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) minimum (Sita & Otok, 2014). MARS memiliki kelebihan lain yaitu baik digunakan untuk penelitian dengan variabel prediktor yang berjumlah banyak dan memungkinkan interaksi antar variabel prediktor (Kurniawan, 2014).

Berdasarkan pemaparan di atas, maka akan dilakukan penelitian mengenai analisis *survival* pada penderita gagal ginjal beserta faktor–faktor yang mempengaruhi di RSI Sultan Agung Semarang menggunakan pendekatan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) untuk mendapatkan hasil yang lebih signifikan.

## METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data rekam medik 101 pasien gagal ginjal yang pernah dan sedang menjalani hemodialisis rutin di Instalasi Hemodialisis RSI Sultan Agung Semarang pada tahun 2018 hingga tahun 2020 dengan rincian 23 pasien dinyatakan meninggal dan 78 pasien bertahan hidup. Pada penelitian ini, data akan diolah menggunakan software R untuk mendapatkan hasil *martingale residual* dari pemodelan Regresi Cox PH dan Salford Predictor Modeler versi 8 untuk mendapatkan model terbaik dari pemodelan MARS. Menurut Friedman (1991) model *Multivariate Adaptive Regression Spline* adalah kombinasi yang kompleks antara metode Spline dengan rekursif partisi untuk menghasilkan estimasi fungsi regresi yang kontinu. MARS dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah yang berdimensi tinggi dan diskontinuitas pada data. MARS merupakan metode baru yang digunakan untuk memodelkan data variabel prediktor yang tinggi yaitu  $3 \leq p \leq 20$  dan menggunakan ukuran sampel sebesar  $50 \leq N \leq 1000$ .

Penelitian ini menggunakan variabel dependen yakni *survival time* pasien gagal ginjal dan status pasien (d). *Survival time* pasien gagal ginjal yakni waktu pasien dari awal menjalani hemodialisis hingga terjadinya *event* (meninggal) dan pasien bertahan hidup dalam satuan pengukuran adalah satuan hari di RSI Sultan Agung Semarang. Status pasien (d) berdasarkan data *survival time* pasien gagal ginjal dapat dibedakan menjadi dua, yaitu data tersensor apabila pasien gagal ginjal yang menjalani hemodialisis rutin tidak mengalami *failure event* (rawat jalan), dan *lost to follow up* (pindah pengobatan) dan data tidak tersensor apabila pasien gagal ginjal yang menjalani

hemodialisis rutin mengalami *failure event* yaitu pasien dinyatakan meninggal dunia.

Variabel dependen pada penelitian ini adalah waktu survival (T) dan status pasien (d). Sedangkan variabel independen pada penelitian ini adalah faktor-faktor yang diduga mempengaruhi *survival time* penderita gagal ginjal yang menjalani hemodialisis rutin di RSI Sultan Agung Semarang meliputi usia ( $X_1$ ), jenis kelamin ( $X_2$ ) dengan notasi 0 untuk laki-laki dan 1 untuk perempuan, kadar ureum ( $X_3$ ), kadar kreatin ( $X_4$ ), kadar haemoglobin ( $X_5$ ), status hipertensi ( $X_6$ ), status diabetes ( $X_7$ ), riwayat penyakit ( $X_8$ ), dan suhu ( $X_9$ ).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Deskriptif

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai penerapan *Multivariate Adaptive Regression Spline* dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi waktu ketahanan hidup pasien gagal ginjal yang menjalani hemodialisis rutin di RSI Sultan Agung Semarang. Karakteristik data pasien gagal ginjal yang menjalani hemodialisis rutin di RSI Sultan Agung dilakukan dengan analisis statistik deskriptif berdasarkan waktu *survival* dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi ketahanan hidup pasien gagal ginjal di RSI Sultan Agung Semarang. Adapun statistik deskriptif data disajikan dalam bentuk Tabel 1 dan grafik kurva Kaplan Meier yang disajikan dalam Gambar 1 .

**Tabel 1. Statistik Deskriptif Pasien gagal Ginjal yang Menjalani Hemodialisis Rutin**

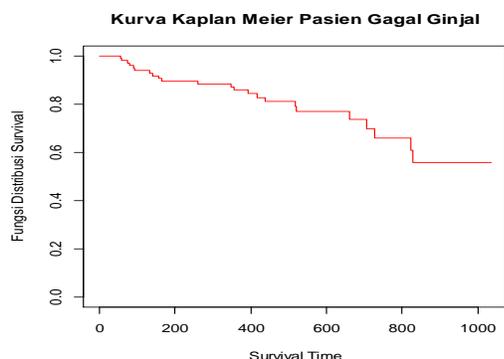
Variabel	Mean	Median	Min	Max
Waktu Survival	462,6	427	57	1034
Usia	49,6	50	21	76
Kadar Ureum	136	132	44	323
Kadar Kreatin	9,5	9,17	2,5	18,5
Hemoglobin	8,8	8,5	5	13,4
Suhu	36,3	36,2	24	40

Pada tabel 1 Berdasarkan hasil penelitian di RSI Sultan Agung Semarang menunjukkan bahwa 50% dari pasien penderita gagal ginjal yang menjalani hemodialisis rutin masih dapat bertahan hidup. Pasien gagal ginjal rata-rata memiliki usia di atas 45 tahun dimana menurut hasil Riskesdas 2013, kelompok usia 45 tahun mengalami penurunan fungsi ginjal dan akan meningkat tajam mencapai 2% dari total populasi. Karakteristik lain yaitu 50% pasien gagal ginjal berjenis kelamin laki-laki dengan kondisi kadar ureum, kadar kreatin, dan hemoglobin di luar batas normal dan rata-rata memiliki riwayat penyakit lain yang akan

memperparah fungsi ginjalnya. Analisis *survival* pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu dengan menggambarkan data menggunakan kurva Kaplan Meier untuk mengetahui probabilitas atau peluang pasien gagal ginjal dapat bertahan hidup.

Kurva Kaplan Meier bertujuan untuk mengetahui karakteristik waktu *survival* berdasarkan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi waktu *survival* pasien penderita gagal ginjal yang menjalani hemodialisis rutin di RSI Sultan Agung Semarang. Gambar 1 merupakan kurva Kaplan Meier secara keseluruhan untuk

mengetahui gambaran karakteristik secara umum.



**Gambar 1.** Kurva Kaplan Meier Pasien

Kurva Kaplan Meier dalam kasus ini menunjukkan bahwa semakin lama pasien menderita gagal ginjal, maka peluang bertahan hidupnya semakin kecil.

### Analisis Pendekatan MARS

Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi ketahanan hidup pasien gagal ginjal dilakukan dengan pendekatan *Multivariate Adaptive Regression Spline*, dimana variabel independennya perlu dilakukan standarisasi dengan z-score untuk menyamakan skala atau besaran data yang digunakan. Hasil standarisasi tersebut kemudian akan menghasilkan model yang baik.

Pada penelitian ini terdapat 9 variabel prediktor (variabel dependen), sehingga basis fungsi yang akan dikombinasikan untuk pembentukan model MARS adalah 18, 27, dan 36. Sedangkan maksimum interaksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1, 2, dan 3 serta minimum observasi 0, 1, 2, dan 3. Pembentukan model dengan pendekatan MARS dilakukan dengan mengkombinasikan nilai BF, MI, dan MO secara *trial and error*. Dari kombinasi yang dilakukan model yang mungkin terbentuk sebanyak 36 model. Model MARS terbaik dipilih berdasarkan nilai GCV terkecil. Dari

hasil kombinasi nilai BF, MI, dan MO diperoleh model terbaik pada BF=18, MI=3, dan MO=2 dengan nilai GCV sebesar 0,20780 dan bentuk modelnya sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 0.0502303 - 0.247582 * BF_7 + 2.81805 * BF_{11} \quad (1)$$

$$\text{Model } Y = BF_7 BF_{11}$$

dengan:

$$BF_1 = \max(0, X_1 + 0.0585935)$$

$$BF_8 = \max(0, X_1 - 0.514111)$$

$$BF_7 = \max(0, 0.301339 - X_3) * BF_1$$

$$BF_{11} = \max(0, -1.06653 - X_4) * BF_8$$

Selanjutnya memodelkan MARS terbaik yang akan disubstitusikan dalam model umum Cox PH. Model Cox PH diasumsikan  $h_0(t)$  tidak diketahui dan tidak dipengaruhi oleh waktu sehingga nilai  $h_0(t)$  konstan. Sehingga didapatkan model Cox *proportional hazard* dengan pendekatan MARS sebagai berikut:

$$\hat{h}(t) = h_0(t) \exp(0.0502303 - 0.247582 * BF_7 + 2.81805 * BF_{11}) \quad (2)$$

Model yang telah diperoleh diinterpretasikan sebagai berikut:

1.  $BF_1 = \max(0, X_1 + 0,0585935)$   
Artinya bahwa setiap kenaikan  $BF_1$  akan menambah waktu ketahanan hidup pasien pada variabel usia dengan nilai baku presentase lebih dari -0,0585935.
2.  $BF_7 = \max(0, 0,301339 - X_3) * BF_1$  dengan  $BF_1 = \max(0, X_1 + 0,0585935)$  dengan koefisien 0.247582, artinya bahwa setiap kenaikan  $BF_7$  sebesar satu satuan akan mengurangi waktu ketahanan hidup pasien sebesar 0,247582 pada variabel kadar ureum dengan nilai baku presentase kurang dari 0,301339, dan nilai baku presentase usia lebih dari -0,0585935.
3.  $BF_8 = \max(0, X_1 - 0,514111)$   
Artinya bahwa setiap kenaikan  $BF_8$  akan menambah waktu ketahanan hidup pasien pada variabel usia dengan nilai baku presentase lebih dari 0,514111.

4.  $BF_{11} = \max(0, -1,06653 - X_4) * BF_8$  dengan  $BF_8 = \max(0, X_1 - 0,514111)$  dengan koefisien 2,81805, artinya bahwa setiap kenaikan  $BF_{11}$  sebesar satu satuan akan mengurangi waktu ketahanan hidup pasien sebesar 2,81805 pada variabel kadar kreatin dengan nilai baku presentase kurang dari -1,06653, dan nilai baku presentase usia lebih dari 0,514111.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh didapatkan bahwa faktor-faktor yang memiliki tingkat kepentingan atau kontribusi yang paling tinggi adalah kadar kreatin yaitu sebesar 100%. Artinya faktor yang diduga paling mempengaruhi waktu bertahan hidup penderita gagal ginjal yang menjalani hemodialisis adalah kadar kreatin. Kreatin merupakan hasil metabolisme dari kreatin dan fosfokreatin. Kreatin memiliki berat molekul 113-Da (Dalton). Kreatin difiltrasi di glomerulus dan direabsorpsi di tubular. Kreatin plasma disintesis di otot skelet sehingga kadarnya bergantung pada massa otot dan berat badan. Nilai normal kadar kreatin serum pada pria adalah 0,7-1,3 mg/dL sedangkan perempuan 0,6-1,1 mg/dL. Selama 40 tahun terakhir, kreatin serum telah menjadi petanda serum paling umum dan murah untuk mengetahui fungsi ginjal. Tinggi rendahnya kadar kreatin dalam darah digunakan sebagai indikator penting dalam menentukan apakah seorang dengan gangguan fungsi ginjal memerlukan tindakan hemodialisis atau tidak (Alfonso dkk, 2016).

Faktor selanjutnya adalah kadar ureum yaitu sebesar 41,03% dimana menurut Runtung dkk (2013), kadar ureum menjadi indikator kerusakan ginjal. Ureum merupakan produk nitrogen yang dikeluarkan ginjal berasal dari diet protein. Kadar ureum dalam darah mencerminkan keseimbangan antara produksi dan eksresi urea. Nilai normal kadar ureum adalah 10-50 mg/dL. Pada penderita gagal ginjal, kadar ureum serum memberikan gambaran tanda paling

baik untuk timbulnya ureum toksik dan merupakan gejala yang dapat dideteksi dibandingkan kadar kreatin. Kadar ureum pasien gagal ginjal sebelum melakukan hemodialisis masih berada pada level abnormal dan mengalami hiperuremik. Kadar ureum ini menjadi indikator kerusakan ginjal dan pemeriksaan dilakukan setiap akan menjalani hemodialisis. Dari hasil pemeriksaan, seringkali terlihat bahwa kadar ureum pasien akan berubah-ubah bahkan melebihi nilai kadar ureum normal (Runtung dkk, 2013).

Usia juga menjadi faktor yang diduga mempengaruhi waktu bertahan hidup penderita gagal ginjal sebesar 16, 76% dimana semakin tinggi usia pasien maka fungsi ginjal akan menurun. Meningkatkan atau menurunkan usia berpengaruh terhadap kerentanan seseorang untuk terkena penyakit tertentu. Pada umumnya kualitas hidup menurun dengan meningkatnya umur begitu pula untuk penderita gagal ginjal. Penderita gagal ginjal yang dalam usia produktif dirasa lebih terpacu untuk melakukan terapi hemodialisis mengingat usia muda memiliki harapan hidup lebih tinggi dibandingkan dengan penderita usia tua. Tidak sedikit dari penderita gagal ginjal usia tua merasa bahwa hidupnya tidak lama lagi sehingga membuat mereka keberatan menjalani hemodialisis (Indraratna, 2012). Hasil Riskesdas 2013, populasi usia  $\geq 15$  tahun yang terdiagnosis gagal ginjal kronis sebesar 0,2% dan prevalensi akan meningkat seiring bertambahnya usia, dengan peningkatan tajam pada kelompok usia 45 tahun ke atas yang mencapai 2% dari total populasi. Hal tersebut disebabkan karena secara fisiologis, mulai usia 45 tahun ginjal akan mengalami penurunan fungsi cukup signifikan akibat berkurangnya jumlah nefron sekitar 20%.

Ginjal memegang peranan penting dalam pengeluaran zat-zat lain dalam tubuh seperti sisa-sisa metabolisme hasil akhir dari

protein ureum, kreatin, dan amoniak. Kreatin merupakan salah satu hasil akhir yang dikeluarkan oleh ginjal yang sehat. Tingginya tingkat kreatin dalam darah dapat mengidentifikasi fungsi ginjal lemah (Parker, 2001). Ginjal berfungsi untuk mengatur keseimbangan air dalam tubuh, mengatur konsentrasi garam dalam darah, dan keseimbangan asam-basa darah, serta ekskresi bahan buangan dan kelebihan garam. Apabila ginjal gagal menjalankan fungsinya, maka penderita memerlukan pengobatan dengan segera. Keadaan dimana ginjal lambat laun mulai tidak dapat melakukan fungsinya dengan baik disebut juga dengan *Chronic Kidney Disease* (CKD) (Rustandi dkk, 2018).

## SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapat suatu kesimpulan bahwa karakteristik pasien gagal ginjal yang menjalani hemodialisis rutin rata-rata berusia 49 tahun dengan rata-rata waktu survival  $462,6 \approx 463$  hari atau 15 bulan 4 hari. Pasien mayoritas berjenis kelamin laki-laki dengan kondisi kadar ureum, kadar kreatin di atas batas normal yaitu kadar ureum yang dimiliki rata-rata sebesar 136 mg/dL dan kadar kreatin 9,537 mg/dL serta hemoglobin di bawah batas normal yaitu 8,763. Kondisi pasien juga terlihat bahwa mayoritas mengidap hipertensi, diabetes, dan memiliki riwayat penyakit dengan suhu rata-rata 36,36. Sedangkan berdasarkan kurva Kaplan Meier semakin lama pasien menderita gagal ginjal dan menjalani hemodialisis secara rutin nilai probabilitas ketahanan hidupnya semakin kecil.

Model Cox Proportional hazard dengan pendekatan Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) pada data waktu ketahanan hidup pasien gagal ginjal yang menjalani hemodialisis rutin di RSI Sultan Agung Semarang diperoleh model sebagai berikut:

$$\hat{h}(t) = h_0(t) \exp(0.0502303 - 0.247582 * BF_7 + 2.81805 * BF_{11})$$

$$\text{Model } Y = BF_7 BF_{11}$$

dengan:

$$BF_1 = \max(0, X_1 + 0.0585935)$$

$$BF_8 = \max(0, X_1 - 0.514111)$$

$$BF_7 = \max(0, 0.301339 - X_3) * BF_1$$

$$BF_{11} = \max(0, -1.06653 - X_4) * BF_8$$

Model MARS terbaik tersebut diperoleh dari kombinasi  $BF=18$ ,  $MI=3$ , dan  $MO=2$  secara *trial and error* dengan nilai GCV terkecil sebesar 0,20780. Berdasarkan model Cox PH dengan pendekatan MARS diperoleh bahwa variabel yang paling berpengaruh pada waktu ketahanan hidup pasien gagal ginjal adalah kadar kreatin ( $X_4$ ), kadar ureum ( $X_3$ ), dan usia ( $X_1$ ). Dari hasil analisis yang diperoleh, diharapkan setiap individu lebih memperhatikan kesehatan ginjal.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini banyak melibatkan banyak pihak, sehingga saya mengucapkan terima kasih kepada pihak rumah sakit yang telah memberikan izin peneliti dalam melakukan penelitian di rumah sakit yang dipimpin. Fakultas Sains dan Matematika yang telah memberikan dana penelitian serta Bapak Ibu dosen departemen Statistika Universitas Diponegoro yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfonso, A. A., Mongan, A. E., & Memah, M. F. (2016). Gambaran Kadar Kreatinin Serum pada Pasien Penyakit Ginjal Kronik Stadium 5 Non Dialisis. *EBiomedik (EBm)*, 4(1), 178–183.
- Collet, D. (2003). *Text in Statistical Science: Modelling Survival Data in Medical Research* (2nd ed.). Chapman & Hall.
- Fakhrudin, A., Chasani, S., & Ismail, A. (2013). Faktor-Faktor Penyebab

- Penyakit Ginjal Kronik di RSUP dr. Kariadi Semarang Periode 2008-2012. *Jurnal Media Medika Utama*.
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate Sdaptive Regression Splines. *The Annals of Statistics*, 1–141.
- Indonesian Renal Registry. (2018). *11th Report of Indonesian renal registry 2018*.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *Info Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI. Situasi Penyakit Ginjal Kronis*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kriner, M. (2007). *Survival Analysis with Multivariate Adaptive Regression Splines*. Munchen University.
- Kurniawan, A. (2014). *Pemodelan Statistika untuk Prediksi Malnutrisi Rumah Sakit pada Balita Yang Dirawat di Rumah Sakit dr. Soetomo Surabaya*. Universitas Airlangga, Surabaya.
- Parker, S. (2001). *Jendela Iptek: Ilmu Kedokteran*. PT. Balai Pustaka.
- Runtung, Y., Kadir, A., & Semana, A. (2013). Pengaruh Hemodialisis terhadap Kadar Ureum, Kreatin dan Hemoglobin pada Pasien GGK di Ruang Hemodialisis RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makasar. *Jurnal Stikes Nani Hasanudin Makasar Dan Politeknik Kesehatan Kemenkes Makasar*, 2(3), 42–48.
- Rustandi, H., Tranado, H., & Pransasti, T. (2018). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Hidup Pasien Chronic Kidney Disease (CKD) yang Menjalani Hemodialisa di Ruang Hemodialisis. *Jurnal Keperawatan Silampari*, 1(2), 32–46.
- Sita, E. D., & Otok, B. W. (2014). *Pendekatan Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) pada Pemodelan Penduduk Miskin di Indonesia Tahun 2008-2012*.