

Modeling Infant Mortality Rate with Multivariate Adaptive Regression Spline Approach

Hendra H. Dukalang^{1*}

* Teknik Informatika, Politeknik Gorontalo
hendra.hd@poligon.ac.id¹

Article Info

Article history:

Received 12-10-2017
Revised 21-10-2017
Accepted 27-10-2017

Keyword:

Faktor Kematian Bayi,
IMR,
MARS.

ABSTRACT

The most important thing in human life is health, because of it is the rights of national foundation that should be fulfilled. This contains on Millenium Development Goals (MDGs) which had elapsed on December 2015, and was replaced by Sustainable Development Goals (SDGs). SDGs in the aspect of Mother and Child's Health mentioned in its third purpose namely: ensuring the health life and supporting welfare for all ages. Kota Gorontalo is the capital of Gorontalo Province which has become the center of activities either in the part of economics or all sectors including health development, as one of them is to reduce the Infant Mortality Rate. The Infant Mortality Rate can be defined as the number of babies who died since the birth phase until the approximately age of one year of babies in the area at a certain period, then divided with the total per 1000 successful birth in that year. This research is aimed to analyze the relationship between infant mortality and its affecting factors by using MARS Method. The result of this research showed that the best MARS MODEL is a combination of BF = 16, MI = 3, MO = 3, with with a GVC value of 0,732. Therefore, the variable that have significant effect towards infant mortality in Gorontalo City is the percentage of childbirth which was helped by the healthcare provider (X1), the percentage of giving Vitamin A to the babies (X5), the percentage of pregnant mother who received TT2(X7), the percentage of basic inclusive imunitation on babies (X4) and the percentage of babies which was given breast milk exclusively at the age of 0-5 months (X2).

Copyright © 2017 Journal of Applied Informatics and Computing.
All rights reserved.

I. PENDAHULUAN

Masyarakat yang sehat cenderung memiliki kualitas fisik yang baik sehingga segala aktivitas dapat dilakukan tanpa ada yang terganggu. Hal itu terdapat dalam tujuan *Millenium Development Goals* (MDGs) yang juga berupaya untuk memenuhi hak-hak dasar kebutuhan manusia melalui komitmen bersama antara negara-negara anggota PBB untuk melaksanakan 8 tujuan pembangunan salah satunya adalah menurunkan angka kematian ibu dan anak (AKIA). Namun sampai saat ini AKIA di beberapa negara berkembang termasuk Indonesia masih tinggi [1]. Berdasarkan data SDKI tahun 2012, angka kematian bayi dan balita baru mencapai 32 dan 40 per 1000 kelahiran hidup. Kematian bayi terbanyak terjadi di bawah usia 1 bulan sekitar 60 persen, sedangkan kematian anak terbesar pada saat usia di bawah 1 tahun sekitar 80 persen [2].

Angka kematian bayi di Provinsi Gorontalo pada tahun 2012 sebanyak 67 kematian per 1000 kelahiran baru, sedangkan angka nasional menunjukkan 34 kematian per 1000 kelahiran baru. Angka ini mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan kondisi pada tahun 2007, angka kematian bayi di Provinsi Gorontalo 52 kematian per 1000 kelahiran hidup [3]. Sementara itu, angka kematian bayi menggambarkan tingkat permasalahan kesehatan masyarakat yang berkaitan dengan faktor penyebab kematian bayi, status gizi ibu hamil, tingkat keberhasilan program KB, serta kondisi lingkungan dan sosial ekonomi.

Kota Gorontalo merupakan Ibu Kota Provinsi Gorontalo, yang menjadi pusat segala kegiatan dan aktivitas baik dari segi perekonomian maupun pembangunan di segala bidang termasuk pembangunan di bidang kesehatan. Bahkan pemerintah Provinsi Gorontalo telah mengajukan program prioritas untuk percepatan pembangunan kesehatan di

Provinsi Gorontalo. Salah satu program prioritas pembangunan bidang kesehatan di Provinsi Gorontalo antara lain peningkatan sarana dan prasarana alat Rumah sakit yang dijadikan rujukan regional misalnya RSUD Aloi Saboe yang ada di Kota Gorontalo. Sedangkan Sarana pelayanan kesehatan yang banyak diakses masyarakat Kota Gorontalo adalah Puskesmas. Sampai akhir tahun 2016, terhitung bahwa jumlah Puskesmas yang ada di Kota Gorontalo adalah sebanyak 10 unit yang terdiri dari 1 unit puskesmas dengan rawat inap dan 9 unit puskesmas lainnya non rawat inap.

Mengingat Kota Gorontalo merupakan Ibu Kota Provinsi yang akses pelayanannya kesehatannya lebih mudah dijangkau jika dibandingkan dengan Kabupaten lainnya yang ada di Provinsi Gorontalo. Walaupun akses pelayanan kesehatan lebih mudah dijangkau, namun pada periode 2011-2014 angka kematian bayi di Kota Gorontalo meningkat jika dibandingkan pada tahun 2013 yang sebesar 8 per 1000 kelahiran, pada tahun 2014 tercatat 13,1 per 1000 kelahiran. Sementara itu, angka harapan hidup meningkat selama kurun waktu 2011-2014 dari 71,51 pada tahun 2010 menjadi 71,68 pada tahun 2014 [4]. Berbagai upaya telah dan terus dilakukan oleh pemerintah guna menekan angka kematian bayi dan meningkatkan angka harapan hidup.

Untuk dapat mengurangi kematian bayi di Kota Gorontalo, maka kita perlu dilakukan analisis pada faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kematian bayi di Kota Gorontalo sehingga dapat dilakukan tindakan pengelolaan yang baik dan sesuai. Dalam statistika ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk dapat menganalisa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kematian bayi yaitu dengan menggunakan metode Regresi Linier, ataupun menggunakan metode *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS).

Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan untuk mengetahui dengan menggunakan pendekatan MARS, Karena kematian bayi dipengaruhi oleh banyak faktor dan data yang diperoleh menunjukkan pola yang hubungan fungsionalnya tidak diketahui. Selain itu MARS merupakan implementasi dari teknik-teknik untuk menyelesaikan masalah regresi dengan tujuan untuk memprediksi variabel respon yang bernilai kontinu berdasarkan beberapa variabel prediktor yang berdimensi tinggi, dengan data yang memiliki jumlah variabel prediktor $3 \leq n \leq 20$ dan dengan data sampel berukuran besar $50 \leq n \leq 1000$ [5].

II. LANDASAN TEORI

A. Kematian Bayi

Angka kematian bayi (AKB) merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan tingkat kesehatan masyarakat karena dapat menggambarkan kesehatan penduduk secara umum. Angka ini sangat sensitif terhadap perubahan tingkat kesehatan dan kesejahteraan.

Kematian bayi dapat didefinisikan sebagai jumlah bayi yang meninggal antara fase kelahiran hingga bayi berumur kurang 1 tahun di suatu wilayah pada kurun waktu tertentu

dibagi dengan jumlah per 1000 kelahiran hidup di tahun itu [4].

Angka kematian bayi/*Infant Mortality Rate* (IMR) adalah jumlah seluruh kematian bayi umur kurang dari 1 tahun (perinatal dan neonatal) di suatu daerah dalam waktu 1 tahun dibagi dengan jumlah seluruh kelahiran hidup, pada waktu dan tempat yang sama dalam persen/permil [6].

Rumus IMR:

$$IMR = \frac{\text{Jumlah kematian bayi kurang dari 1 tahun}}{\text{Jumlah keseluruhan bayi yang lahir}} \times 100$$

Selama ini telah dilakukannya beberapa upaya untuk dapat menekan angka kematian bayi dengan berbagai cara dan hasilnya menunjukkan perbaikan yang sangat berarti. Dari hasil Proyeksi SP2010 menunjukkan bahwa angka kematian bayi Gorontalo tahun 2015 adalah sebesar 37,2 per 1.000 kelahiran hidup. Angka ini menurun dibandingkan kondisi lima tahun sebelumnya (2010) dengan angka kematian bayi sebesar 40,7 per 1.000 kelahiran hidup [3].

B. Faktor-faktor Kematian Bayi

Kematian bayi dapat disebabkan oleh banyak faktor, dalam penelitian ini ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan kematian bayi, diantaranya:

1. Persalinan yang ditolong oleh tenaga medis/kesehatan.

Pemerintah melakukan berbagai upaya untuk menurunkan kematian ibu dan kematian bayi salah satunya dengan mendorong agar setiap persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan terlatih yaitu dokter spesialis kebidanan dan kandungan, dokter umum, dan bidan, serta diupayakan dilakukan di fasilitas pelayanan kesehatan. Pertolongan persalinan adalah proses pelayanan persalinan yang dimulai pada tahap pertama sampai proses persalinan selesai.

2. Bayi diberi ASI Eksklusif pada usia 0-5 bulan.

Air susu ibu (ASI) eksklusif adalah Asi yang diberikan kepada bayi sejak dilahirkan selama lima bulan pertama kehidupan, tanpa menambahkan dan/atau mengganti dengan makanan atau minuman lain (kecuali obat, vitamin, dan mineral). Banyak manfaat dari pemberian ASI eksklusif salah satunya adalah untuk upaya pencegahan terhadap penyakit infeksi dapat dilakukan dengan keadaan gizi balita yang baik. ASI memegang peranan penting untuk menjaga kesehatan dan kelangsungan hidup bayi. Awal menyusui yang baik adalah 30 menit setelah bayi lahir karena dapat merangsang pengeluaran ASI selanjutnya, disamping itu akan terjadi interaksi atau hubungan timbal balik dengan cepat antara ibu dengan bayi [7].

3. Imunisasi Campak

Imunisasi Campak adalah vaksin dengan virus hidup yang dilemahkan, pemberian vaksin campak biasanya dilakukan dengan cara disuntikan ke dalam tubuh atau diminum (diteteskan dalam mulut) dengan maksud agar

terjadi kekebalan tubuh terhadap penyakit tertentu. Pemberian imunisasi campak masuk dalam program imunisasi dasar berbentuk kemasan keirng tunggal. Namun, ada vaksin dengan kemasan kering kombinasi dengan vaksin mumps/gondong dan rubella (campak Jerman) yang disebut MMR. Vaksin ini biasanya di berikan pada umur 9 bulan, vaksin ulangan di berikan pada umur 5-7 tahun atau disesuaikan dengan program Kementerian Kesehatan. Setiap bayi atau anak yang di berikan vaksin ini biasanya terjadi reaksi seperti demam ringan dan sedikit bercak merah pada pipi di bawah telinga pada hari ke 7-8 setelah penyuntikan, atau pembengkakan pada tempat penyuntikan [1].

4. Imunisasi dasar lengkap pada bayi

Imunisasi merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk mencegah terjadinya penyakit dengan cara memberikan mikroorganisme bibit penyakit berbahaya yang telah dilemahkan (vaksin). Imunisasi boleh saja diberikan pada semua umur. Namun beberapa imunisasi akan lebih efektif apabila diberikan pada usia tertentu. Manfaat dari pemberian imunisasi dasar lengkap pada bayi adalah untuk menjaga daya tahan tubuh bayi, mencegah agar bayi tidak terkena penyakit menular yang berbahaya, menjaga dan membantu perkembangan bayi serta yang paling penting mencegah bayi dari kecacatan bahkan kematian. Pemberian vaksin ini biasanya disesuaikan dengan jadwal imunisasi. Imunisasi polio sendiri ada dua macam, diantaranya IPV (*Inactivated Polio Vaksin Salk*), mengandung virus polio yang sudah dimatikan dan di berikan melalui suntikan dan OPV (*Oral Polio Vaksin sabin*), mengandung virus polio hidup yang telah dilemahkan dan diberikan dalam bentuk pil atau cairan [1].

5. Cakupan pemberian vitamin A pada bayi

Vitamin A merupakan salah satu zat gizi yang sangat penting bagi bayi dan ibu nifas, karena zat gizi ini sangat penting agar proses fisiologis dalam tubuh berlangsung secara normal, termasuk pertumbuhan sel, meningkatkan fungsi penglihatan, pertumbuhan badan, dan mencegah perkembangan sel-sel kanker. Cakupan bayi mendapat kapsul vitamin A adalah bayi yang berusia 6-11 bulan yang rutin dilakukan 2 kali setahun yaitu pada bulan februari dan bulan agustus [1]. Kekurangan vitamin A dapat menyebabkan kebutaan, mengurangi daya tahan tubuh sehingga mudah terserang infeksi yang dapat menimbulkan kematian. Sehingga vitamin A lebih banyak dibutuhkan oleh bayi dan anak-anak. Hal ini disebabkan karena mereka memiliki kebutuhan vitamin A yang tinggi akibat dari peningkatan pertumbuhan fisik dan asupan makanan yang rendah.

6. Berat badan bayi baru lahir rendah (BBLR)

Berat badan bayi baru lahir rendah adalah bayi lahir yang berat badan pada saat kelahiran kurang dari 2500

gram. Hingga saat ini, Bayi dengan Berat Lahir Rendah masih merupakan masalah yang dapat menyebabkan kematian pada masa bayi baru lahir. BBLR salah satu faktor utama dalam mengurangi kematian bayi dan anak serta memberikan dampak jangka panjang terhadap kehidupannya dimasa depan. Kejadian BBLR biasanya diakibatkan oleh berbagai faktor, diantaranya adalah kesehatan ibu selama hamil dan pemeriksaan ibu hamil pada sarana kesehatan serta yang tidak kalah pentingnya adalah perilaku kesehatan ibu hamil. Upaya yang biasanya dilakukan untuk mengurangi BBLR sejak dini dengan mengkonsumsi makanan yang sehat dan vitamin bagi ibu hamil, serta meningkatkan pengetahuan tentang gizi pada ibu hamil.

7. Ibu hamil Mendapat Imunisasi TT2

Imunisasi tetanus toksoid (TT) adalah pemberia kekebalan melalui vaksin jerap TT yang mengandung toksoid tetanus yang dimurnikan untuk pemberian kekebalan aktif terhadap tetanus. Tetanus adalah penyakit yang disebabkan oleh sejenis kuman *clostridium tetani* yang menghasilkan neorotoksin. Penyakit ini tidak menyebar dari orang ke orang, tetapi melalui kotoran yang masuk kedalam luka. *Clostridium tetani* dapat berkembang biak dan memproduksi racun yang dapat menimbulkan gangguan terhadap sistem saraf manusia [8].

Wanita Usia Subur (WUS) yang menjadi sasaran imunisasi TT adalah wanita berusia antara 15-49 tahun yang terdiri dari WUS hamil (ibu hamil) dan tidak hamil [1]. Imunisasi lanjutan pada WUS salah satunya dilaksanakan pada waktu melakukan pelayanan antenatal. Imunisasi TT pada WUS diberikan sebanyak 5 dosis dengan interval tertentu, dimulai sebelum dan atau saat hamil yang berguna bagi kekebalan seumur hidup. Screening status imunisasi TT harus dilakukan sebelum pemberian vaksin.

Pemberian imunisasi TT tidak perlu dilakukan bila hasil screenin menunjukkan wanita usia subur telah mendapatkan imunisasi TT5 yang harus dibuktikan dengan buku KIA, rekam medis, dan atau kohort. Kelompok ibu hamil yang sudah mendapatkan TT2 sampai dengan TT5 dikatakan mendapatkan imunisasi TT2+.

Salah satu faktor yang mempengaruhi pemberian imunisasi yaitu pengetahuan ibu dimana tingkat pengetahuan akan mempengaruhi perilaku individu. Semakin baik pengetahuan ibu tentang pentingnya imunisasi maka akan makin tinggi tingkat kesadaran ibu untuk berperan serta dalam kegiatan posyandu atau imunisasi. Program imunisasi TT dapat berhasil jika ada usaha yang sungguh-sungguh dari orang yang memiliki pengetahuan dan komitmen yang tinggi terhadap imunisasi [8].

8. Ibu hamil mendapat Tablet fe3

Salah satu Komponen pelayanan ibu hamil yaitu pemberian zat besi sebanyak 90 tablet (fe3). Zat besi merupakan mineral yang dibutuhkan tubuh untuk membentuk sel darah merah (*hemoglobin*). Zat besi memiliki peran vital terhadap pertumbuhan janin. Selama ibu hamil, asupan zat besi harus di tambah mengingat selama kehamilan, volume darah pada tubuh ibu meningkat. Kekurangan zat besi sejak sebelum kehamilan bila tidak di atasi dapat mengakibatkan ibu hamil menderita anemia. Anemia dapat berdampak terhadap janin, seperti bayi lahir prematur, risiko bayi berat lahir rendah (BBLR), kelainan janin, serta meningkatnya risiko gawat janin resiko serta dapat berdampak pada kematian ibu dan bayi [9].

C. Multivariate Adaptive Regression Spline

MARS merupakan pendekatan regresi multivariate nonparametrik yang dikembangkan oleh [4]. Model MARS difokuskan untuk mengatasi permasalahan data berdimensi tinggi. MARS merupakan pengembangan dari pendekatan *Recursive Partition Regression* (RPR) yang masih memiliki kelemahan dimana model yang dihasilkan tidak kontinu pada knot. Selain itu, proses pembentukan model pada MARS tidak memerlukan asumsi.

Ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan model MARS menurut [10], yaitu.

1. Knot, yaitu akhir dari sebuah garis regresi (*region*) dan awal dari sebuah garis regresi (*region*) yang lain. Disetiap titik knot, diharapkan adanya kontinuitas dari fungsi basis antar satu region dengan region lainnya.
2. *Basis Function*, yaitu suatu fungsi yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor. Friedman menyarankan jumlah maksimum basis fungsi (BF) adalah 2-4 kali jumlah variabel prediktor. Jumlah maksimum interaksi (MI) adalah 1, 2, dan 3. Minimum jarak antara knot atau minimum observasi antara knot sebesar 0, 1, 2, dan 3.

D. Model MARS Respon Kontinu

Menurut [5] estimator model MARS adalah sebagai berikut.

$$f(x) = \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \prod_{k=1}^{K_m} \left[s_{km} \cdot (x_{v(k,m)} - t_{km}) \right] \quad (1)$$

dengan,

- α_0 = konstanta,
- α_m = koefisien dari basis fungsi ke- m ,
- M = banyaknya basis fungsi,
- K_m = derajat interaksi,
- s_{km} = nilainya ± 1 ,
- $x_{v(k,m)}$ = variabel predictor,

$t_{(k,m)}$ = nilai *knot* dari variabel prediktor $x_{v(k,m)}$

Menurut [5] estimator model MARS adalah sebagai berikut.

$$y_i = \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m B_m(x) + \varepsilon_i \quad (2)$$

dengan, $B_m(x) = \prod_{k=1}^M \left[s_{km} \cdot (x_{v(k,m)} - t_{km}) \right]$ sehingga dalam

bentuk matriks dapat ditulis menjadi

$$Y = B\alpha + \varepsilon \quad (3)$$

dimana, $Y = (Y_1, \dots, Y_n)^T$, $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_m)^T$,

$\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)^T$, dan

$$B = \begin{bmatrix} 1 & \prod_{k=1}^{K_1} s_{1m} (x_{1(1,m)} - t_{1m}) & \dots & \prod_{k=1}^{K_M} s_{Mm} (x_{1(M,m)} - t_{(M,m)}) \\ 1 & \prod_{k=1}^{K_1} s_{1m} (x_{2(1,m)} - t_{1m}) & \dots & \prod_{k=1}^{K_M} s_{Mm} (x_{2(M,m)} - t_{(M,m)}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \prod_{k=1}^{K_1} s_{1m} (x_{n(1,m)} - t_{1m}) & \dots & \prod_{k=1}^{K_M} s_{Mm} (x_{n(M,m)} - t_{(M,m)}) \end{bmatrix}$$

Model MARS pada persamaan (3), $\hat{\alpha}$ merupakan parameter yang akan diestimasi dari data, melalui pendekatan *penalized least square* (PLS) yang telah dimodifikasi. Dengan menggunakan model MARS dalam persamaan (3), B matriks non singular dan parameter smoothing $\delta^2 = 0$ maka dengan menggunakan metode estimasi kuadrat terkecil dari $\hat{\alpha}$ adalah.

$$\hat{\alpha} = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (4)$$

dengan, $B = \left[1, (x_{v(km)} - t_{km})_1^K \right]$, $Y = (Y_1, \dots, Y_n)^T$, dan

$$\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_m)^T$$

E. Pemilihan Model MARS

Pembentukan model *Multivariate Adaptive Regression Spline* diawali menentukan knot dan fungsi basis setiap variabel prediktor dengan cara memplot setiap variabel prediktor dengan variabel respon. Jumlah knot yang optimum akan menghasilkan model MARS yang baik sehingga kemudian dilakukan tahap maju (*forward*) dan tahap mundur (*backward*) *algoritma recursive partitioning* yang dimodifikasi, dimana jumlah knot yang optimum disesuaikan dengan perilaku data [5].

Berikut adalah langkah-langkah dalam *forward stepwise*:

- a. Misalkan 0 = 1 sebagai basis fungsi awal.
- b. Tentukan pasangan basis fungsi dan yang merupakan kombinasi prediktor x_i dan knot sehingga model memiliki jumlah kuadrat sisaan minimum.
- c. Misalkan B_m adalah salah satu basis fungsi yang sudah ada didalam model sebelumnya. Jika m basis fungsi telah dimasukkan, tentukan perkalian dari B_m dengan

atau sehingga jika B_m dan B_m ditambahkan ke dalam model maka akan dihasilkan model dengan jumlah kuadrat sisaan terkecil.

- d. Ulangi langkah (c) sehingga banyaknya basis fungsi dalam model lebih atau sama dengan maksimum banyaknya basis fungsi yang telah ditetapkan.

Prosedur forward seperti yang dijelaskan sebelumnya akan menghasilkan model dengan fungsi basis dengan jumlah yang sangat banyak. Dalam prakteknya, biasanya maksimum banyaknya basis fungsi yang akan digunakan dalam model dibatasi. Demikian juga dengan derajat interaksi, yang seringkali hanya dibatasi hanya sampai derajat tiga. Dengan pembatasan tersebut, prosedur forward tersebut tetap memberikan model dengan fungsi basis yang sangat banyak. Terkait dengan model yang kompleks ini, harus dilakukan penghapusan beberapa fungsi basis, sehingga dapat dihasilkan model yang lebih sederhana. Prosedur backward dilakukan untuk tujuan ini.

Berikut adalah langkah-langkah dalam *backward stepwise*:

- Mulai dari model yang diperoleh pada tahap prosedur forward yang memiliki m basis fungsi.
- Hapus salah satu basis fungsi tidak konstan yang memiliki kontribusi terkecil. Berdasarkan kriteria kuadrat terkecil, basis fungsi yang memiliki kontribusi terkecil adalah basis fungsi yang jika dihilangkan dari model sebelumnya akan menyebabkan terjadinya penurunan jumlah kuadrat sisaan terkecil.
- Ulangi langkah (b), sampai model hanya mengandung basis fungsi konstan.

Model MARS menentukan knot secara otomatis oleh data dan menghasilkan model yang kontinu pada knot. Penentuan knot pada MARS menggunakan algoritma *forward stepwise* dan *backward stepwise*. Pemilihan model dengan menggunakan *forward stepwise* dilakukan untuk mendapatkan jumlah fungsi basis dengan kriteria pemilihan fungsi basis adalah meminimumkan *Average Sum of Square Residual* (ASR). Untuk memenuhi konsep model yang sederhana (*parsimoni*) dilakukan *backward stepwise* yaitu membuang fungsi basis yang memiliki kontribusi kecil terhadap respon dari *forward stepwise* dengan meminimumkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV). Pada MARS, beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan model yang paling terbaik (*optimum*) adalah jika nilai GCV dari model tersebut mempunyai nilai yang paling rendah (minimum) diantara model-model yang lain [10]. Fungsi GCV minimum didefinisikan sebagai persamaan (5)

$$GCV(M) = \frac{ASR}{\left[1 - \frac{\tilde{C}(M)}{N}\right]^2} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i - \hat{f}_M(x_i)]^2}{\left[1 - \frac{\tilde{C}(M)}{N}\right]^2} \quad (5)$$

Dengan:

- y_i = Variabel respon,
- x_i = Variabel prediktor,
- M = Jumlah basis fungsi,
- n = banyaknya pengamatan,
- $\hat{f}_M(x_i)$ = nilai taksiran variabel respon pada M basis fungsi,
- $C(\hat{M}) = C(M) + d(M)$,
- $C(M) = \text{trace}\left[B(B^T B)^{-1} B^T\right] + 1$,

Dalam kasus pemodelan aditif, [11] memberikan pendapat untuk memilih nilai $d = 2$, berdasarkan penurunan nilai harapan ASR. Sementara [12] menyarankan nilai konvensional $d = 4$.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari kematian bayi pada tahun 2015 dan 2016 yang di ambil dari 10 Puskesmas di Kota Gorontalo.

B. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan variabel yang termasuk dalam faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian di Kota gorontalo. Berikut adalah variabel penelitian yang digunakan.

- Variabel Respon.
Y = Jumlah Kematian Bayi.
- Variabel Prediktor.
X1 = Persentase Persalinan yang ditolong oleh tenaga medis/kesehatan.
X2 = Persentase bayi diberi ASI Eksklusif pada pada usia 0-5 bulan.
X3 = Persentase Imunisasi Campak.
X4 = Persentase Imunisasi dasar lengkap pada bayi.
X5 = Persentase Cakupan pemberian vitamin A pada bayi.
X6 = Persentase Berat badan bayi baru lahir rendah (BBLR).
X7 = Persentase Ibu hamil Mendapat Imunisasi TT2.
X8 = Persentase Ibu hamil Mendapat tablet fe3

C. Metode Analisis

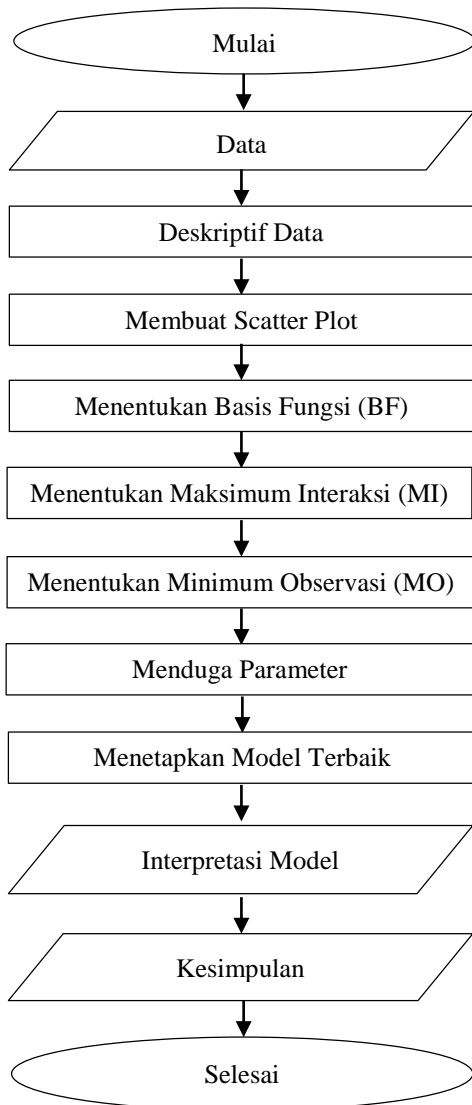
1. Statistika Deskriptif

Analisis deskriptif adalah metode analisis statistik sederhana yang bertujuan untuk mempermudah penafsiran dan penjelasan dengan menganalisis tabel, grafik, atau diagram.

Analisis deskriptif pada penelitian ini digunakan untuk memberikan gambaran secara umum tentang kematian bayi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di Kota Gorontalo.

2. *Pemodelan dengan MARS*

Pemodelan faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi dengan MARS, dilakukan dengan tahapan seperti dalam diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penjelasan diagram alir pada gambar 1 adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data dilakukan dengan mengumpulkan data angka kematian bayi yang berada di seluruh puskesmas di Kota Gorontalo.
2. Untuk mengetahui kondisi/gambaran dari Kematian bayi yang ada di Kota Gorontalo maka metode analisis yang digunakan adalah statistik deskriptif.
3. Membuat Scatter Plot untuk mengetahui hubungan antara Variabel Respon dengan Variabel Prediktor.

4. Pemodelan indikator Kematian bayi dengan *Multivariate Adaptive Regression Spline*, dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.
 - a. Menentukan maksimum fungsi basis (BF), yaitu 2-4 kali jumlah prediktor yang digunakan.
 - b. Menentukan jumlah maksimum interaksi (MI), yaitu 1, 2, dan 3.
 - c. Menentukan minimal jumlah pengamatan setiap knots (MO), yaitu 0, 1, 2, dan 3.
 - d. Menduga parameter model MARS.
 - e. Menetapkan model terbaik, didasarkan pada nilai GCV yang minimum.
5. Menginterpretasi model MARS yang diperoleh dengan menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi di kota Gorontalo
6. Membuat kesimpulan model MARS.

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Statistika Deskriptif*

Kota Gorontalo terdiri dari 50 kelurahan yang tersebar di 9 kecamatan. Maka semua kelurahan yang ada di Kota Gorontalo akan di jadikan unit analisis. Dari 9 Kecamatan yang ada di Kota Gorontalo, ada 5 Kecamatan dengan Jumlah Kematian bayi sebanyak 7 orang yaitu Kecamatan Kota Utara, Dungingi, Kota Barat, Dumbo Raya, dan Kota Timur. Sedang untuk Kecamatan Sipatana dan Hulonthalangi sebanyak 3 orang, untuk Kecamatan Kota Selatan Dan Kota Tengah masing-masing 4 dan 6 orang bayi yang meninggal di tahun 2015. Sedangkan di tahun 2016, kematian bayi sudah menurun di beberapa Kecamatan, diantaranya: untuk Kecamatan Kota Utara, Kota Tengah, Dungingi, Kota Barat, Hulonthalangi, Dumbo Raya, dan Kota Timur masing-masing menjadi 3, 1, 3, 4, 2, 6, dan 5 orang bayi yang meninggal. Dan untuk Kota Selatan kematian bayinya masih sama dengan tahun sebelumnya yaitu 4 orang, sedangkan untuk Kecamatan Sipatana Kematian Bayinya meningkat dari yang 3 orang menjadi 5 orang.

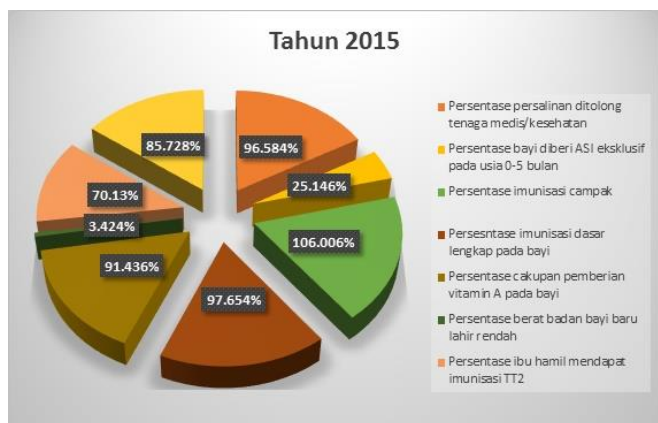
TABEL I
STATISTIKA DESKRIPTIF WARIABEL PENELITIAN

Variabel	Rata-rata	Minimum	Maksimum	Varians
Y	0,84	0	4	0.76
X1	92,88	38	123,8	204,85
X2	34,61	0	85	293,17
X3	109,75	59,2	325,9	2267
X4	103,97	59,2	325,9	1984
X5	91,97	40,5	205,5	633,56
X6	2,94	0	13	9,52
X7	72,71	15,7	204,5	860,03
X8	82,89	5,5	186	722,89

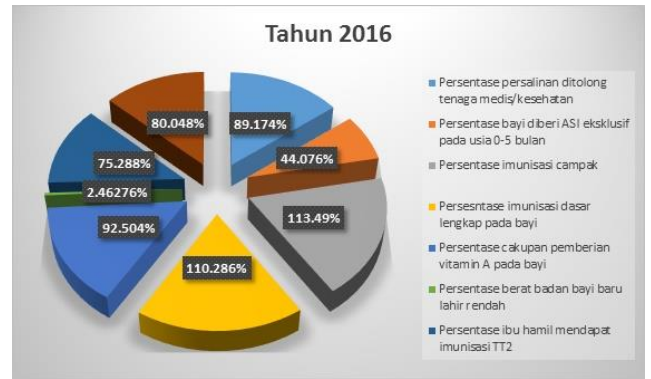
Berdasarkan Tabel I diketahui bahwa rata-rata Jumlah kematian bayi (Y) tiap kelurahan di Kota Gorontalo adalah sebesar 0,84, dengan nilai varians sebesar 0,76. Nilai varians tertinggi dari beberapa variabel prediktor yang di duga mempengaruhi Kematian Bayi di Kota Gorontalo terdapat pada variabel X3 (Persentase Imunisasi Campak) yaitu sebesar 2267 dengan nilai minimum 59,2 yang terdapat di kelurahan Pulubala, artinya pemberian imunisasi campak di kelurahan Pulubala masih kurang jika dibandingkan dengan kelurahan lain yang ada di Kota Gorontalo. Sementara nilai maksimumnya sebesar 325,9 persen yang terdapat di kelurahan tuladenggi yang berarti pemberian imunisasi di kelurahan tuladenggi sudah melebihi batas maksimal persentase itu di karenakan banyak bayi yang berasal dari luar wilayah yang melakukan imunisasi campak di kelurahan tuladenggi. Bukan hanya itu, untuk dapat mengurangi jumlah kematian bayi di Kota Gorontalo kita perlu meningkatkan persentase dari beberapa variabel salah satunya adalah rata-rata persentase bayi diberi ASI eksklusif pada usia 0-5 bulan masih cukup rendah yaitu sebesar 34,611 persen, dan untuk variabel lainnya seperti pemberian vitamin A pada bayi, imunisasi dasar lengkap serta pemberian imunisasi TT2 dan FE3 pada ibu hamil sudah memiliki rata-rata yang cukup tinggi bahkan ada yang melebihi dari batas persentase. Dan untuk persentase berat badan bayi baru lahir rendah (BBLR) itu sangat bagus karena persentasenya sangat rendah yaitu sebesar 2,943 persen.

Sebagai tambahan informasi, berikut adalah gambaran dari kematian bayi pada tahun 2015 (gambar 2) dan (gambar 3) 2016 yang ada di Kota Gorontalo berdasarkan persalinan ditolong tenaga medis/kesehatan, Asi eksklusif pada usia 0-5 bulan, imunisasi campak, imunisasi dasar lengkap, pemberian vitamin A, BBLR, serta pemberian imunisasi TT2 dan tablet fe3 pada ibu hamil yang disajikan dalam bentuk pie-chart.

Berikut adalah Pie-chart dari masing-masing variabel prediktor:



Gambar 2: Persentase dari variabel prediktor pada tahun 2015



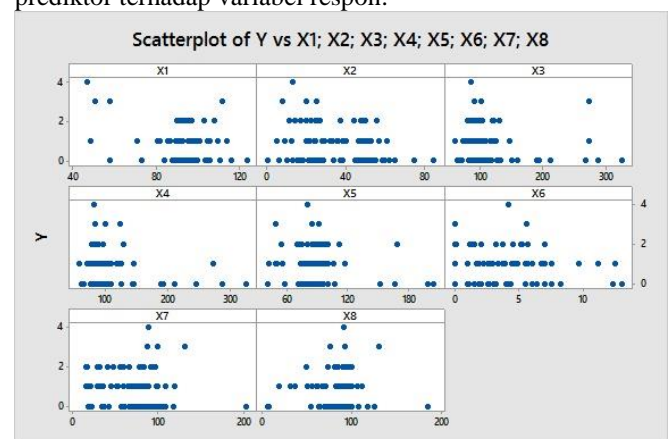
Gambar 3: Persentase dari variabel prediktor pada tahun 2016

Pada gambar 2 dan 3 dapat dilihat bahwa persentase dari masing-masing variabel prediktor pada tahun 2015 dan 2016 mengalami peningkatan dan penurunan misalnya saja untuk persentase persalinan ditolong tenaga medis/kesehatan mengalami penurunan dari tahun 2015 sebesar 96,584 persen menjadi 89,174 persen pada tahun 2016, begitu juga untuk variabel prediktor lainnya seperti ASI eksklusif pada usia 0-5 bulan yang mengalami peningkatan yakni dari 25,146 persen menjadi 44,076 persen, dan persentase imunisasi campak, persentase imunisasi dasar lengkap, persentase pemberian vitamin A pada bayi dan persentase imunisasi TT2 juga mengalami peningkatan di tahun 2016, sedangkan untuk persentase BBLR dan persentase pemberian tablet fe3 terjadi penurunan di tahun 2016.

Dengan demikian maka perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai faktor apa saja yang sangat mempengaruhi angka kematian bayi di Kota Gorontalo. Sehingga dapat memberikan informasi kepada pemerintah khususnya dinas kesehatan sebagai lembaga yang bertanggung jawab dalam masalah kesehatan.

B. Hubungan antar variabel respon dan variabel prediktor.

Berikut adalah output Software Minitab dari plot data antara variabel respon dengan 8 variabel prediktornya yang menunjukkan pola hubungan masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respon.



Gambar 4. Plot keseluruhan dari variabel respon dengan variabel prediktornya

Dari keseluruhan plot yang telah dilakukan seperti pada gambar 4, terlihat bahwa hampir keseluruhan plot tidak menunjukkan pola tertentu antara Y dengan X atau hubungan fungsionalnya tidak diketahui. Oleh karena itu tidak dapat digunakan pendekatan regresi parametrik untuk memodelkan data tersebut, sehingga digunakan pendekatan regresi nonparametrik. Pendekatan nonparametrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) dengan alasan data yang digunakan berdimensi tinggi dan tidak ada informasi apapun mengenai bentuk kurva regresinya.

C. *Pemodelan MARS Jumlah Kematian Bayi Di Gorontalo*

Dalam penelitian ini, Metode MARS akan diterapkan untuk memodelkan Angka Kematian Bayi di Kota Gorontalo. Dan dalam hal ini variabel respon yang digunakan adalah Jumlah Kematian Bayi, sedangkan variabel prediktornya ada sebanyak 8 variabel.

Data yang digunakan dalam analisis MARS ini ada sebanyak 100 data dari 50 kelurahan di Kota Gorontalo yang terdiri dari data jumlah kematian bayi, data imunisasi dan data Gizi masing-masing tahun 2015 dan 2016.

1. *Model MARS*

Dalam proses pembentukan model MARS, ada tiga hal yang perlu diperhatikan yaitu basis fungsi (BF), maksimum interaksi (MI), dan minimum observasi (MO). Basis fungsi (BF) merupakan fungsi yang didefinisikan dari setiap region, umumnya adalah 2-4 kali jumlah variabel prediktor. Pada penelitian ini, banyaknya variabel prediktor yang diduga berpengaruh terhadap kematian bayi ada sebanyak 8 variabel, maka banyaknya basis fungsi yang akan dikombinasikan dalam pembentukan model MARS adalah sebagai berikut, yakni basis fungsi.

Maksimum interaksi (MI) merupakan banyaknya interaksi yang bisa terjadi pada model. Maksimum interaksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1, 2, dan 3, karena menurut Friedman (1991) jika maksimum interaksi yang digunakan lebih dari 3, maka nilai GCV akan semakin meningkat dan model yang digunakan akan semakin kompleks. Jika maksimum interaksi (MI) yang digunakan sebesar 1, artinya tidak ada interaksi antar variabel dalam model. Jika maksimum interaksi (MI) yang digunakan adalah 2, maka dalam model akan terjadi interaksi antara 2 variabel. Begitupun jika maksimum interaksi (MI) yang digunakan sebesar 3, berarti banyaknya interaksi dalam model yang paling banyak terjadi adalah antara 3 variabel.

Minimum observasi (MO) merupakan jumlah pengamatan paling minimal antar knot. Dalam penelitian ini minimum observasi (MO) yang digunakan adalah 0, 1, 2, dan 3 karena diatas itu nilai GCV akan semakin

meningkat. Tahapan pembentukan model MARS dilakukan dengan mencoba semua kombinasi dari nilai BF, MI, dan MO yang telah ditentukan sebelumnya. Banyaknya model yang mungkin berdasarkan kombinasi tersebut adalah sebanyak 36 model. Dari masing-masing percobaan ini akan dihasilkan nilai GCV dan diperoleh variabel prediktor yang masuk dalam model.

Berdasarkan keseluruhan kemungkinan dari basis fungsi (BF) 16, 24, dan 32 diperoleh model terbaik MARS adalah dengan kriteria model yang memiliki GCV terkecil, yaitu pada model ke-12 dengan BF: 16, MI: 3, dan MO: 3 sehingga diperoleh nilai GCV sebesar 0,732 selain itu nilai R² yang didapatkan juga cukup besar yakni sebesar 0,050 persen. Model MARS yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y = 0,502 - 0,014 * BF_1 - 0,119 * BF_3 + 0,00062 * BF_7 + 0,00009 * BF_9 + 0,00073 * BF_{14}$$

dengan:

$$BF_1 = \max(0, X_2 - 0,000000685)$$

$$BF_2 = \max(0, X_4 - 80,500)$$

$$BF_3 = \max(0, 80,500 - X_4)$$

$$BF_6 = \max(0, X_7 - 68,600) * BF_2$$

$$BF_7 = \max(0, 68,600 - X_7) * BF_2$$

$$BF_9 = \max(0, 95,700 - X_5) * BF_6$$

$$BF_{13} = \max(0, 110,100 - X_4)$$

$$BF_{14} = \max(0, X_1 - 38,000) * BF_{13}$$

2. *Interpretasi Model MARS*

- a. $BF_1 = \max(0, X_2 - 0,000000685)$ Artinya, koefisien BF_1 akan bermakna jika nilai X_2 lebih besar dari 0,000000685111, maka setiap kenaikan satu fungsi basis BF_1 dapat meningkatkan jumlah kematian bayi di Kota Gorontalo sebesar 0,014 persen, dengan persentase persalinan yang di tolong tenaga kesehatan/medis lebih dari 0,000000685 persen.
- b. $BF_3 = \max(0, 80,500 - X_4)$ Artinya, koefisien BF_3 akan bermakna jika nilai X_4 lebih kecil dari 80,500, maka setiap kenaikan satu fungsi basis BF_3 dapat meningkatkan jumlah kematian bayi di Kota Gorontalo sebesar 0,119 persen, dengan persentase Imunisasi dasar lengkap pada bayi kurang dari 80,500 persen.

- c. $BF_7 = \max(0, 68,600 - X_7) * BF_2$;
 $BF_2 = \max(0, X_4 - 80,500)$ Artinya, koefisien BF_7 akan bermakna jika nilai X_7 lebih kecil dari 68,600 dan X_4 lebih besar dari 80,500, maka setiap kenaikan satu fungsi basis (BF_7) dapat meningkatkan Jumlah Kematian Bayi di Kota Gorontalo sebesar 0,00062 persen dengan persentase ibu hamil mendapat TT2 kurang dari 68,600 persen dan persentase Imunisasi dasar lengkap pada bayi lebih dari 80,500 persen.
- d. $BF_9 = \max(0, 95,700 - X_5) * BF_6$;
 $BF_6 = \max(0, X_7 - 68,600) * BF_2$;
 $BF_2 = \max(0, X_4 - 80,500)$ Artinya, koefisien BF_9 akan bermakna jika nilai X_5 lebih kecil dari 95,700, X_7 lebih besar dari 68,600, dan X_4 lebih besar dari 80,500 maka setiap kenaikan satu fungsi basis (BF_9) dapat meningkatkan Jumlah Kematian Bayi di Kota Gorontalo sebesar 0,0000904644 persen, dengan persentase cakupan pemberian vitamin A pada bayi kurang dari 95,700 persen, persentase ibu hamil mendapat imunisasi TT2 lebih dari 68,600, dan persentase Imunisasi dasar lengkap pada bayi lebih dari 80,500 persen.
- e. $BF_{14} = \max(0, X_1 - 38,000) * BF_{13}$;
 $BF_{13} = \max(0, 110,100 - X_4)$ Artinya, koefisien BF_{14} akan bermakna jika nilai X_1 lebih besar dari 38,000 dan X_4 lebih kecil dari 110,100, maka setiap kenaikan satu fungsi basis (BF_{14}) dapat meningkatkan Jumlah Kematian Bayi di Kota Gorontalo sebesar 0,000735132 31 persen, dengan persentase persalinan yang ditolong tenaga kesehatan/medis lebih dari 38,000 persen, dan persentase Imunisasi dasar lengkap pada bayi kurang dari 110,100 persen.

Pada table II akan ditunjukkan tingkat kepentingan dari masing-masing variabel prediktor pada fungsi pengelompokan, yang ditaksir oleh kenaikan nilai GCV karena berpindahnya variabel-variabel yang dipertimbangkan tersebut dari model.

TABEL II
TINGKAT KEPENTINGAN VARIABEL PREDIKTOR

Variabel	Tingkat Kepentingan	GCV
X_1	100	0,875
X_5	63,988	0,790
X_7	63,102	0,789
X_4	61,735	0,786
X_2	35,819	0,750

Berdasarkan tabel II dapat dilihat bahwa Persentase persalinan ditolong tenaga medis/kesehatan (X_1) merupakan variabel terpenting pada pemodelan Kematian bayi di Kota Gorontalo dengan tingkat kepentingan sebesar 100 persen, kemudian diikuti oleh persentase cakupan pemberian vitamin A pada bayi (X_5) dengan tingkat kepentingan sebesar 63,988 persen. Selanjutnya ada variabel persentase ibu hamil mendapat imunisasi TT2 (X_7) dengan persentase kepentingan sebesar 63,102 persen. Pada urutan keempat ada variabel persentase imunisasi dasar lengkap pada bayi (X_4) dengan persentase kepentingan sebesar 61,735 persen dan yang terakhir adalah variabel persentase bayi diberi ASI eksklusif pada usia 0-5 bulan dengan persentase kepentingan sebesar 35,819. Sedangkan ketiga variabel lainnya dalam model ini tidak memiliki tingkat kepentingan, karena sudah terwakili oleh kelima variabel sebelumnya. Nilai minus GCV menunjukkan bahwa apabila suatu variabel dimasukkan dalam model maka GCV akan berkurang sebesar nilai GCV pada variabel tersebut.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka diperoleh 5 variabel prediktor yang berpengaruh terhadap Kematian bayi di Kota Gorontalo. Variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut: Persentase persalinan ditolong tenaga medis/kesehatan, Persentase cakupan pemberian vitamin A pada bayi, Persentase ibu hamil mendapat TT2, Persentase imunisasi dasar lengkap pada bayi, Persentase bayi diberi ASI eksklusif pada usia 0-5 bulan.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

- 1 Pola hubungan antara variabel respon (Jumlah kematian bayi) dengan variabel prediktor dalam penelitian ini, menunjukkan pola hubungan yang kurang jelas, sehingga lebih sesuai jika dimodelkan dengan pendekatan regresi nonparametrik, yaitu dengan metode MARS.
- 2 Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari metode MARS, maka diperoleh Model MARS terbaik adalah kombinasi BF = 16, MI = 3, dan MO = 3 yang menghasilkan nilai GCV terkecil yakni 0,732 dan nilai R2 sebesar 0,050 persen. Maka variabel-variabel yang berpengaruh signifikan terhadap Kematian bayi di Kota Gorontalo adalah :
 - (a) Persentase persalinan ditolong tenaga medis/kesehatan.
 - (b) Persentase cakupan pemberian vitamin A pada bayi.
 - (c) Persentase ibu hamil mendapat TT2.
 - (d) Persentase imunisasi dasar lengkap pada bayi.
 - (e) Persentase bayi diberi ASI eksklusif pada usia 0-5 bulan.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran yaitu sebagai berikut:

1. Sebaiknya dalam analisis selanjutnya digunakan data terbaru dari kematian bayi di Kota Gorontalo.
2. Dalam pengembangan penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan jumlah data yang lebih besar dan variabel yang lebih banyak sehingga dalam penentuan model terbaik yang akan dihasilkan juga lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Kepada Setia Ningsih yang sudah mendukung dan membantu dalam mengerjakan penelitian ini. Terima Kasih juga diucapkan kepada mahasiswa dan seluruh puskesmas di Kota Gorontalo yang sudah membantu dalam pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eka P, A. (2012), Kesehatan Ibu dan Anak (KIA) dalam Millenium Development Goals (MDGs), Nuha Medika, Yogyakarta.
- [2] Hapsari, E.P, Ririn. (2015), Kertas Kajian SRHR dan Agenda 2030 (Memposisikan SRHR di seluruh bidang pembangunan berkelanjutan), Ruter WPF Indonesia, Jakarta Selatan.
- [3] Dinas Kesehatan (2014), Profil Kesehatan Provinsi Gorontalo Tahun 2014, Dinas Kesehatan Provinsi Gorontalo, Gorontalo.,Diakses 15 Januari 2017.
- [4] Friedman, J.H. 1991. Multivariate Adaptive Regression Splines. The Annals of Statistics, Vol.19 No.1
- [5] Triwibowo, C dan Erlisya, P.M. (2015), KPengantar Dasar Ilmu Kesehatan Masyarakat, Nuha Medika, Yogyakarta.
- [6] BPS (2016), Statistik Daerah Provinsi Gorontalo Tahun 2016, BPS Kota Gorontalo, Gorontalo.,Diakses 15 Januari 2017.
- [7] Rahardjo, Setiyowati. (2006), Faktor-faktor yang berhubungan dengan Pemberian ASI Satu Jam Pertama Setelah Melahirkan, Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional Vol. 1, No. 1, Universitas Jenderal Sudirman. Purwokerto
- [8] Manutu, j., Korah, B.H., Pesak, E. (2013), Hubungan Pengetahuan Ibu dengan Pemberian Imunisasi Tetanus Toxoid di Puskesmas Rurukan Kecamatan Tomohon, Jurnal Ilmiah Bidan Vol. 1, No. 1.
- [9] Subarda, Hakim, M., dan Helmyati, S. (2011), Pelayanan Antenatal Care Dalam Pengelolaan Anemia Berhubungan dengan Kepatuhan Ibu Hamil mendapat Tablet Besi, Jurnal Gizi Klinik Indonesia Vol. 8, No. 1 juli 2011:7-13.
- [10] Nash, M.S. dan Bradford, D.F. 2001. Parametric and Non Parametric Logistic Regression for Prediction of Precense/Absence of an Amphibian. Las Vegas, Nevada
- [11] Friedman, J.H. dan Silverman, B.W. 1989. Flexible Parsimony Smoothing and Additive Modelling. Technometrics, 31
- [12] Kriner, M. (2007). Survival Analisis with Multivariate Adaptive Regression Splines. Disertasi. Munchen University