



**ANALISIS MODEL PERSAMAAN REGRESI *COX PROPORTIONAL*  
HAZARD PADA DATA STATUS GIZI BALITA UNTUK MENGETAHUI  
FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB TERJADINYA KEKURANGAN GIZI**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Matematika

**UNNES**  
oleh  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Nurul Zuhaila  
4111412059

**JURUSAN MATEMATIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2016**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, Desember 2016



Nurul Zuhaila  
4111412059

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

*Analisis Model Persamaan Regresi Cox Proportional Hazard* pada Data Status Gizi Balita untuk Mengetahui Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Kekurangan Gizi

disusun oleh

Nurul Zukhaila  
4111412059

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 28 November 2016.

Panitia:



Ketua  
Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt.  
NIP. 196412231988031001

Sekretaris

Drs. Arief Agoestanto, M.Si.  
NIP. 196807221993031005

Ketua Penguji

Dr. Wardono, M.Si.  
NIP. 196202071986011001

Anggota Penguji/ Pembimbing I

Drs. Sugiman, M.Si.  
NIP. 196401111989011001

Anggota Penguji/ Pembimbing II

Putriaji Hendikawati, S.Si., M.Pd., M.Sc.  
NIP. 198208182006042001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### Motto

Barangsiapa ingin mutiara, harus berani terjun di lautan yang dalam (Bung Karno).

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain (QS. Al Insyirah: 6-7).

*Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving* (Albert Einstein).

### PERSEMBAHAN

- ♣ *Untuk Bapak Sukadi dan Ibu Taminah yang berada di Surga Allah SWT, terima kasih telah menjadi guru pertama dalam hidup saya yang selalu sabar. Semoga apa yang saya lakukan dapat membuat kalian bangga pada saya.*
- ♣ *Untuk kakak-kakak kandung saya, terima kasih untuk dukungannya baik secara materiil maupun moril.*
- ♣ *Untuk Agus Riyanto, terima kasih atas doa dan motivasi yang selalu kau berikan dalam setiap rintangan yang ada.*
- ♣ *Untuk Ainul Azkiyah, Siti Rupiah dan teman-teman seperjuangan di Jurusan Matematika, terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya selama lebih dari empat tahun.*

## PRAKATA

Segala puji syukur bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini disusun sebagai salah satu tugas dan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Matematika Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Kesuksesan dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum. selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Arief Agoestanto, M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Mashuri, M.Si. selaku dosen wali dan Ketua Prodi Matematika Universitas Negeri Semarang.
5. Drs. Sugiman, M.Si. selaku Dosen Jurusan Matematika dan dosen pembimbing I.
6. Putriaji Hendikawati, S.Si., M.Pd., M.Sc. selaku Dosen Jurusan Matematika dan dosen pembimbing II.

7. Segenap Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Tata Usaha Jurusan Matematika FMIPA UNNES yang telah membantu dalam proses pembuatan skripsi ini.
8. Bu Tika sebagai salah satu petugas kesehatan di Puskesmas Kalongan, dan Bu Nanik sebagai pengelola Puskesmas Pembantu Desa Kawengen Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang yang telah membantu penulis dalam memperoleh data penelitian.
9. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan dukungan dan kerjasamanya.
10. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan pengarahan sehingga terselesaikannya skripsi ini.

Semoga semua bantuan baik moril maupun materiil yang telah diberikan kepada penulis dinilai oleh Allah SWT sebagai amal ibadah dan semoga mendapat balasan dari-Nya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi sempurnanya skripsi ini. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Semarang, Desember 2016

Penulis

## ABSTRAK

Zukhaila, N. 2016. *Analisis Model Persamaan Regresi Cox Proportional Hazard pada Data Status Gizi Balita untuk Mengetahui Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Kekurangan Gizi*. Skripsi, Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Drs. Sugiman, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Putriaji Hendikawati, S.Si., M.Pd., M.Sc.

Kata kunci: *cox proportional hazard*, gizi balita, residual *schoenfeld*, Stata/SE 12.0.

Analisis *survival* merupakan suatu analisis data mengenai ketahanan hidup atau lamanya waktu hidup suatu individu atau unit pada keadaan tertentu. Salah satu pemodelan yang digunakan pada analisis *survival* adalah regresi *cox proportional hazard*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model persamaan regresi *cox proportional hazard* untuk data status gizi balita, mengetahui variabel apa saja yang menyebabkan gizi kurang secara signifikan, dan peluang kejadian gizi kurang sampai dengan waktu 60 bulan dan peluang balita dengan status gizi baik lebih dari 60 bulan.

Metode yang digunakan adalah regresi *time dependen*, yaitu analisis *survival* untuk semua variabel yang memenuhi asumsi *proportional hazard*. Untuk pengujian asumsi *proportional hazard*, menggunakan nilai residual *schoenfeld*. Selanjutnya mencari nilai koefisien regresi dengan program Stata/SE 12.0.

Hasil penelitian pengujian asumsi dengan residual *schoenfeld* menunjukkan bahwa semua variabel memenuhi asumsi *proportional hazard*. Oleh karena itu dapat dicari koefisien regresinya. Model persamaan regresi *cox proportional hazard* pada data status gizi balita adalah:

$$h_i(t|X) = h_0(t) \exp\{(-0,3331u(1) - 0,6272u(2) + 0,0156pr(1) + 0,5994pr(2) - 0,4894pr(3) - 0,7278pd(1) - 2,2281pd(2) - 0,6193j(1) - 1,2659j(2) - 0,9289pn(1) - 1,6301pn(2))\}.$$

Dari model tersebut, variabel yang berpengaruh terhadap terjadinya gizi kurang pada balita adalah tingkat pendidikan ibu dan tingkat pendapatan keluarga. Semakin tinggi tingkat pendidikan ibu maka semakin kecil peluang balita mengalami gizi kurang dan semakin tinggi tingkat pendapatan keluarga maka semakin kecil pula peluang balita mengalami gizi kurang.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL .....	xvi
BAB	
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Penelitian.....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	7
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 Analisis Ketahanan Hidup ( <i>Survival Analysis</i> ).....	9

2.2	Tipe-Tipe Penyensoran Data.....	15
2.3	Fungsi Ketahanan Hidup ( <i>Survival Function</i> ).....	17
2.4	Fungsi Kepadatan Peluang ( <i>Density Function</i> ).....	18
2.5	Fungsi Kegagalan ( <i>Hazard Function</i> ).....	19
2.6	Regresi Cox Proportional Hazard.....	19
2.6.1	Model Cox Proportional Hazard.....	19
2.6.2	Pengujian Asumsi Proportional Hazard.....	22
2.6.2.1	Estimasi Parameter.....	23
2.6.2.2	Pengujian Asumsi Proportional Hazard dengan Residual Schoenfeld.....	28
2.6.3	Analisis Bivariat dan Analisis Multivariat.....	30
2.6.3.1	Analisis Bivariat.....	30
2.6.3.2	Analisis Multivariat.....	30
2.7	Rasio Kegagalan.....	30
2.8	Taksiran Peluang.....	31
2.9	Status Gizi Balita.....	32
2.9.1	Gizi.....	32
2.9.2	Status Gizi.....	33
2.9.3	Penilaian Status Gizi.....	34
2.9.3.1	Antropometri.....	34
2.9.3.2	Indeks Antropometri.....	35
2.9.3.3	Baku Acuan.....	38
2.9.3.4	Contoh Penilaian Gizi dengan Z-skor.....	38

2.9.4	Gizi Kurang.....	39
2.9.5	Faktor-Faktor yang Menyebabkan Gizi Kurang pada Balita .....	40
2.9.5.1	Faktor Karakteristik Ibu .....	40
2.9.5.1.1	Umur Ibu .....	40
2.9.5.1.2	Pekerjaan Ibu .....	41
2.9.5.1.3	Tingkat Pendidikan Ibu.....	43
2.9.5.2	Jarak Kelahiran.....	44
2.9.5.3	Tingkat Pendapatan Keluarga.....	44
3.	METODE PENELITIAN.....	46
3.1	Jenis dan Sumber Data.....	46
3.2	Teknik Pengambilan Sampel .....	46
3.3	Populasi dan Sampel Penelitian.....	47
3.4	Variabel Penelitian.....	48
3.5	Tahapan Penelitian.....	49
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1	Pengkategorian Variabel Independen .....	53
4.2	Pengenalan Program Stata/SE 12.0.....	55
4.3	Pengolahan Data dan Analisis Hasilnya dengan Program Stata/SE 12.0.....	57
4.3.1	Tahapan Awal .....	57
4.3.2	Analisis Deskriptif .....	59
4.3.3	Uji Asumsi Proportional Hazard dengan Uji Global Test .....	60
4.3.4	Analisis Bivariat.....	63

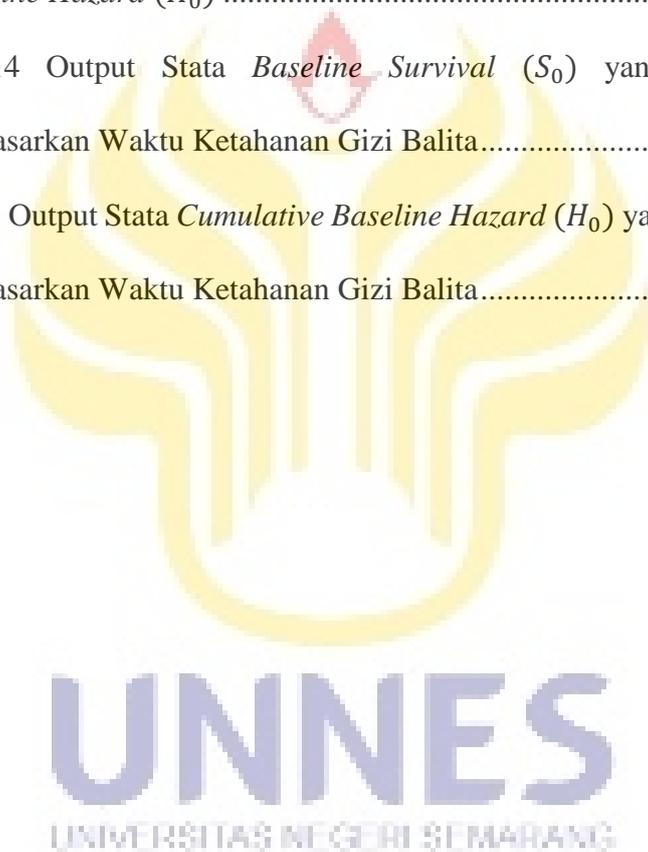
4.3.5	Analisis Multivariat dan Interpretasi Hasil .....	65
4.3.6	Model Persamaan Regresi <i>Cox Proportional Hazard</i> .....	68
4.3.7	Rasio Kegagalan.....	70
4.3.8	Taksiran Peluang.....	71
5.	PENUTUP.....	83
5.1	Simpulan .....	83
5.2	Saran .....	84
DAFTAR PUSTAKA .....		85
LAMPIRAN.....		88



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Pengertian Kejadian ( <i>Event</i> ), Waktu Ketahanan dan Sensor...	12
Gambar 2.2 Contoh Data Tersensor Tipe I	15
Gambar 2.3 Contoh Data Tersensor Tipe II	16
Gambar 2.4 Contoh Data Tersensor Tipe III	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	52
Gambar 4.1 Tampilan Utama Program Stata/SE 12.0	57
Gambar 4.2 Tampilan Data Secara Singkat yang Diinputkan dalam Program Stata/SE 12.0	58
Gambar 4.3 Tampilan Pengaturan <i>Time Variable</i> dan <i>Failure Event</i> Program Stata/SE 12.0	58
Gambar 4.4 Tampilan <i>Data Editor</i> dengan Variabel <i>_st</i> , <i>_d</i> , <i>_t</i> , dan <i>_t0</i>	59
Gambar 4.5 Output Program Stata/SE 12.0 untu Memperoleh Nilai <i>Residual Schoenfeld</i>	61
Gambar 4.6 Tampilan <i>Data Editor</i> dengan Variabel <i>Sch_umur</i> dan <i>Sca_umur</i>	62
Gambar 4.7 Output Program Stata untuk <i>Proportional Hazard Test</i>	62
Gambar 4.8 Tampilan <i>Data Editor</i> Setelah Variabel <i>Sch_umur</i> dan <i>Sca_umur</i> Dihilangkan	63
Gambar 4.9 Output Program Stata untuk Analisis Bivariat Variabel Umur	64
Gambar 4.10 Output Program Stata untuk Analisis Multivariat	65

Gambar 4.11 Tampilan Output Program Stata untuk Mencari Koefisien dari Masing-masing Variabel Independen.....	66
Gambar 4.12 Tampilan <i>Data Editor</i> Secara Singkat untuk Mencari <i>Baseline Survival</i> ( $S_0$ ).....	72
Gambar 4.13 Tampilan <i>Data Editor</i> Secara Singkat untuk Mencari <i>Cumulative Baseline Hazard</i> ( $H_0$ ) .....	72
Gambar 4.14 Output Stata <i>Baseline Survival</i> ( $S_0$ ) yang Dikelompokkan Berdasarkan Waktu Ketahanan Gizi Balita.....	73
Gambar 4.15 Output Stata <i>Cumulative Baseline Hazard</i> ( $H_0$ ) yang Dikelompokkan Berdasarkan Waktu Ketahanan Gizi Balita.....	74



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengukuran Antropometri Utama .....	35
Tabel 2.2 Kategori dan Ambang Batas Status Gizi Anak Berdasarkan Indeks .....	37
Tabel 2.3 Indeks Berat Badan menurut Umur (BB/U) pada Contoh Perhitungan..... .....	39
Tabel 3.1 Variabel Independen dan Kategorinya dalam Penelitian .....	48
Tabel 4.1 Ringkasan Data Ketahanan Gizi .....	59
Tabel 4.2 Tabulasi Silang Antara Variabel Umur dengan Status Gizi Balita.....	60
Tabel 4.3 Rasio Kegagalan untuk Variabel yang Signifikan .....	71
Tabel 4.4 Estimasi Peluang Dasar.....	77



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Ketahanan Gizi Balita Desa Kawengen yang Lahir pada Tahun 2010 .....	88
Lampiran 2. Variabel $_st$ , $_d$ , $_t$ , dan $_t0$ .....	90
Lampiran 3. Output Stata/SE 12.0 untuk Analisis Deskriptif Masing-masing Variabel.....	92
Lampiran 4. Variabel <i>Residual Schoenfeld</i> dari Variabel Umur Ibu, Pekerjaan Ibu, Tingkat Pendidikan Ibu, Jarak Kelahiran dan Tingkat Pendapatan Keluarga.....	94
Lampiran 5. Output Stata/SE 12.0 untuk Pengujian Asumsi <i>Proportional Hazard</i> dengan Uji <i>Global Test</i> Masing-masing Variabel .....	98
Lampiran 6. Output Program Stata/SE 12.0 untuk Analisis Bivariat Masing-masing Variabel Independen .....	103
Lampiran 7. Variabel <i>Baseline Survival</i> ( $S_0$ ) dan <i>Baseline Cumulative Hazard</i> ( $H_0$ ) Secara Lengkap dengan Program Stata/SE 12.0.....	106
Lampiran 8. Perhitungan $\exp(\beta'x_{(m)})$ dan $\exp(-\beta'x_{(m)})$ dengan Ms. Excel ...	109
Lampiran 9. Taksiran Peluang $F(t X)$ atau Peluang Balita dengan Status Gizi Kurang Sampai dengan Waktu 60 Bulan.....	113
Lampiran 10. Taksiran Peluang $S(t X)$ atau Peluang Balita dengan Status Gizi Baik Lebih dari 60 Bulan .....	114

## DAFTAR SIMBOL

$t$	: Waktu munculnya kejadian
$T$	: Waktu ketahanan
$S(t)$	: Fungsi ketahanan ( <i>survival function</i> )
$S_0(t)$	: Fungsi ketahanan dasar ( <i>baseline survival function</i> )
$f(t)$	: Fungsi kepadatan peluang ( <i>density function</i> )
$F(t)$	: Fungsi distribusi dari fungsi kepadatan peluang
$h(t)$	: Fungsi kegagalan ( <i>hazard function</i> )
$H(t)$	: Fungsi kegagalan kumulatif ( <i>cumulative hazard function</i> )
$H_0(t)$	: Fungsi kegagalan dasar kumulatif ( <i>cumulative baseline hazard function</i> )
$h_i(t)$	: Risiko kegagalan individu ke- $i$ pada saat waktu $t$
$h_0(t)$	: Fungsi kegagalan dasar ( <i>baseline hazard function</i> )
$x_1, x_2, \dots, x_p$	: Kovariat dari model persamaan regresi
$X_1, X_2, \dots, X_p$	: Kovariat untuk $x_1, x_2, \dots, x_p$
$x = (x_1, x_2, \dots, x_p)'$	: Vektor himpunan nilai kovariat
$\psi(x_i)$	: Fungsi dari vektor kovariat untuk individu ke- $i$
$\eta_i$	: Kombinasi linier dari kovariat $x_i$
$\beta$	: Vektor koefisien dari kovariat $x_1, x_2, \dots, x_p$ dalam model persamaan regresi <i>cox</i>
$L(\beta)$	: Fungsi <i>likelihood</i> untuk regresi <i>cox proportional hazard</i>

$x_{(j)}$	: Vektor variabel dari individu yang gagal pada saat waktu ke- $j$
$R(t_{(j)})$	: Himpunan individu yang masih hidup pada waktu ke- $j$
$x_l$	: Vektor variabel individu yang masih hidup dan merupakan elemen dari $R(t_{(j)})$
$\delta_i$	: Nilai indikator kejadian
$\delta_i = \begin{cases} 0, \\ 1, \end{cases}$	Individu yang tersensor Individu tidak tersensor dengan $i = 1, 2, \dots, n$
$x_{(i)}$	: Vektor variabel dari individu yang gagal pada saat waktu ke- $i$
$R(t_{(i)})$	: Himpunan individu yang masih hidup pada waktu ke- $i$
$x_l$	: Vektor variabel individu yang masih hidup dan merupakan elemen dari $R(t_{(i)})$
$u(\beta_g)$	: Turunan pertama dari $\log(L(\beta))$
$I(\beta)_{p \times p}$	: Turunan kedua dari $\log(L(\beta))$
$((\hat{\beta})_{s+1})_{p \times 1}$	: Iterasi <i>Newton-Raphson</i>
$((\hat{\beta})_s)_{p \times 1}$	: Nilai awal pada proses iterasi
$(u(\hat{\beta})_s)_{p \times 1}$	: Matriks turunan pertama dari $\log(L(\beta))$ berukuran $p \times 1$
$(I^{-1}(\hat{\beta})_s)_{p \times p}$	: Invers matriks turunan kedua $\log(L(\beta))$ berukuran $p \times p$
$Var(\hat{\beta})$	: Varians dari $\hat{\beta}_s$
$SE(\hat{\beta}_s)$	: Standar deviasi dari $\hat{\beta}_s$

$R_{ji}$	: Residual <i>schoenfeld</i> untuk individu ke-i pada variabel bebas ke-j
$R_i = (R_{1i}, \dots, R_{pi})'$	: Vektor himpunan nilai kovariat
$\hat{V}(R_i)$	: Estimator matriks kovarian $R_i$
$R_i^*$	: <i>Scaled residual schoenfeld</i> dari $\hat{V}(R_i)$
$r$	: Jumlah kejadian ( <i>event</i> )
$\widehat{HR}$	: Rasio kegagalan
$x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_p^*)$	: Nilai variabel independen untuk satu kelompok individu
$x = (x_1, x_2, \dots, x_p)$	: Nilai variabel independen untuk satu kelompok individu lain
$\beta$	: Parameter regresi
$\xi_m$	: Peluang individu ke-m mengalami kegagalan
$t_{(m)}$	: Urutan waktu tahan hidup ke-m
$d_m$	: Jumlah individu yang gagal pada waktu ke $t_{(m)}$
$x_{(m)}$	: Vektor dari variabel individu yang gagal pada waktu ke $t_{(m)}$
$R(t_{(m)})$	: Himpunan individu masih hidup pada waktu ke $t_{(m)}$
$u$	: Umur ibu saat melahirkan
$u(1)$	: Kategori umur ibu saat melahirkan 20-35 tahun
$u(2)$	: Kategori umur ibu saat melahirkan 36-40 tahun
$pr$	: Pekerjaan ibu
$pr(1)$	: Kategori pekerjaan ibu sebagai karyawan honorer dan

- buruh tani
- pr*(2) : Kategori pekerjaan ibu sebagai wiraswasta
- pr*(3) : Kategori pekerjaan ibu sebagai ibu rumah tangga dan buruh harian lepas
- pd* : Tingkat pendidikan ibu
- pd*(1) : Kategori pendidikan terakhir ibu di jenjang SMP
- pd*(2) : Kategori pendidikan terakhir ibu di jenjang SMA
- j* : Jarak kelahiran balita
- j*(1) : Kategori jarak kelahiran balita 2-3 tahun
- j*(2) : Kategori jarak kelahiran balita lebih dari 3 tahun
- pn* : Tingkat pendapatan keluarga
- pn*(1) : Kategori pendapatan keluarga Rp1.000.000,00 sampai kurang dari Rp2.000.000,00
- pn*(2) : Kategori pendapatan keluarga Rp2.000.000,00 sampai Rp3.000.000,00.

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Analisis ketahanan adalah nama modern yang diberikan untuk kumpulan metode statistika yang mengakomodasi data tersensor waktu kejadian (Tableman, 2008). Salah satu pemodelan yang umum dan populer digunakan pada analisis ketahanan atau sintasan adalah regresi *cox proportional hazard*. Dalam analisis ketahanan yang dinamakan tersensor yakni jika suatu studi berakhir tetapi tidak muncul kejadian yang diinginkan atau subjek yang diteliti pergi tanpa pesan atau subjek mengundurkan diri karena suatu alasan atau dapat pula subyek mendapatkan kejadian yang bukan merupakan fokus penelitian. Secara umum analisis ketahanan dideskripsikan sebagai kumpulan prosedur statistik untuk menganalisis data yang variabel akhirnya adalah waktu hingga muncul kejadian (Kleinbaum, 1996). Waktu dapat berupa tahun, bulan, hari, jam, atau bahkan menit yang diukur sejak pengamatan dimulai hingga muncul kejadian. Kejadian yang diamati dapat berupa kematian, insiden penyakit, kekambuhan, atau penyembuhan.

Kelebihan dari regresi *cox* adalah tidak harus memiliki fungsi dari distribusi parametrik. Asumsi pemodelan hanya memvalidasi asumsi bahwa fungsi *hazard* harus proporsional setiap waktu. Asumsi proporsional pada model dapat diketahui melalui uji *global test* pada program Stata.

Model regresi untuk data ketahanan gizi didasarkan pada model *cox* regresi dengan asumsi fungsi kegagalan proporsional (*proportional hazard*) yang berarti rasio fungsi kegagalan konstan dari waktu ke waktu, atau bahwa fungsi kegagalan untuk individu adalah proporsional terhadap fungsi kegagalan individu yang lainnya. Jika rasio fungsi kegagalan tidak konstan dan asumsi fungsi kegagalan proporsional tidak dipenuhi, dibutuhkan metode lain yang tidak mengasumsikan keproporsionalan untuk meneliti efek dari variabel pada waktu tahan hidup.

Beberapa penelitian terakhir tentang regresi *cox proportional hazard* antara lain, Ninuk Rahayu dkk (2012) meneliti tentang analisis Regresi *Cox Proportional Hazards* pada data ketahanan hidup pasien *diabetes mellitus*, Tuan Hanni dkk (2013) meneliti tentang model Regresi *Cox Proportional Hazard* pada data ketahanan hidup, Landong (2014) meneliti tentang model Regresi *Cox Proportional Hazards* pada data lama studi mahasiswa.

Dari ketiga penelitian tersebut, penelitian dilakukan dengan cara mengestimasi parameter dan analisis penelitian dilakukan dengan bantuan Program SPSS. Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis data dengan bantuan Program Stata, dimana dalam Program Stata telah tersedia estimasi parameter dengan penyelesaian iterasi sehingga akan memudahkan dalam analisis data.

Pada penelitian ini, akan dibahas permasalahan tentang terjadinya gizi kurang. Pangan adalah kebutuhan yang mendasar bagi kehidupan manusia karena berpengaruh terhadap ketahanan hidup. Manusia membutuhkan energi untuk menjamin keberlangsungan hidupnya. Energi tersebut diperoleh dari bahan pangan yang mengandung berbagai zat kimia yang dikenal dengan zat gizi. Zat gizi tersebut

mengalami proses metabolisme dalam tubuh sehingga menghasilkan energi untuk beraktivitas dan menjalankan proses-proses kimiawi dalam tubuh manusia. Tanpa adanya gizi yang kuat, maka kualitas hidup tidak akan optimal dan tentunya akan mempengaruhi proses tumbuh kembang.

Keadaan gizi yang baik adalah syarat utama untuk mewujudkan sumber daya manusia yang berkualitas. Masalah gizi dapat terjadi di setiap fase kehidupan, dimulai sejak dalam kandungan sampai dengan usia lanjut. Pada fase bayi dan balita dalam kehidupan manusia merupakan masa pertumbuhan dan perkembangan yang sangat pesat. Apabila pada fase tersebut mengalami gangguan gizi maka akan bersifat permanen, tidak dapat dialihkan walaupun kebutuhan gizi pada masa selanjutnya terpenuhi (Frisda Turnip, 2008).

Salah satu gangguan gizi pada tubuh manusia adalah kekurangan gizi. Kekurangan gizi adalah suatu keadaan yang diakibatkan oleh kurangnya asupan zat gizi dari makanan sehingga berdampak pada timbulnya masalah kesehatan.

Status gizi pada balita dapat berubah-ubah dengan cepat karena usianya yang masih tergolong rentan. Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian untuk menganalisis faktor-faktor apa saja yang menyebabkan balita mengalami kekurangan gizi. Dalam penulisan ini penulis mengangkat judul **“Analisis Model Persamaan Regresi *Cox Proportional Hazard* pada Data Status Gizi Balita untuk Mengetahui Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Kekurangan Gizi”**. Faktor-faktor yang diduga menjadi penyebab terjadinya gizi kurang antara lain umur ibu saat melahirkan, pekerjaan ibu, tingkat pendidikan ibu, jarak kelahiran anak, dan tingkat pendapatan keluarga.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data status gizi balita Desa Kawengen Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang dan faktor penduganya. Menurut hasil pemantauan Direktorat Bina Gizi Masyarakat, Kementerian Kesehatan, selama tahun 2005 sampai tahun 2013 berturut-turut Provinsi Jawa Tengah masuk dalam kategori 10 provinsi dengan kasus gizi buruk tertinggi. Hasil Pemantauan Status Gizi (PSG) Provinsi Jawa Tengah tahun 2013, terdapat balita gizi buruk 4.647 dan 43 anak meninggal dunia (Dinkes Provinsi Jateng, 2013). Menurut profil kesehatan Kabupaten Semarang tahun 2013, di Kabupaten Semarang terdapat balita gizi buruk 62 anak atau 0,15% dari total jumlah anak balita di Kabupaten Semarang (Dinkes Kab. Semarang, 2013). Desa Kawengen terdapat 1 balita gizi buruk.

Waktu penelitian dalam data yang digunakan untuk penelitian ini yaitu dari Januari 2010 sampai dengan Januari 2016. Untuk waktu ketahanan gizi balita dihitung dari balita lahir hingga muncul kejadian gizi kurang. Waktu ketahanan gizi balita sebagai variabel terikat (*dependent variable*), penyakit gizi kurang sebagai kejadian (*event*), dan sebagai sensornya adalah balita yang berstatus gizi baik sejak balita lahir hingga waktu penelitian berakhir, yaitu hingga Januari 2016.

Faktor penduga gizi kurang (umur ibu saat melahirkan, pekerjaan ibu, tingkat pendidikan ibu, jarak kelahiran anak, dan tingkat pendapatan keluarga) sebagai variabel bebas (*independent variable*). Pemilihan variabel umur ibu saat melahirkan, pekerjaan ibu, tingkat pendidikan ibu, tingkat pendapatan keluarga berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arif Wahyu Himawan (2006).

Sedangkan variabel jarak kelahiran anak berdasarkan penelitian Lani Ribka dkk (2015).

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana model persamaan regresi *cox proportional hazard* untuk data ketahanan gizi Desa Kawengen Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang dengan program Stata?
2. Faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi terjadinya kekurangan gizi pada balita secara signifikan pada data ketahanan gizi dalam penelitian ini?
3. Bagaimanakah peluang balita yang berstatus gizi kurang sampai 60 bulan dan peluang balita yang berstatus gizi baik lebih dari 60 bulan?

## 1.3 Batasan Penelitian

Penelitian ini akan dibatasi pada pembentukan model persamaan regresi *cox proportional hazard* serta penghitungan peluang balita gizi kurang sampai 60 bulan dan peluang balita dengan gizi baik dalam waktu lebih dari 60 bulan. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari data Puskesmas Pembantu (Postu) desa, wawancara dengan pihak pengelola Postu desa, dan *website* Desa Kawengen Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memodelkan persamaan regresi *cox proportional hazard* untuk data ketahanan gizi Desa Kawengen Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang dengan program Stata.
2. Mengetahui faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi terjadinya kekurangan gizi pada balita secara signifikan pada data ketahanan gizi dalam penelitian ini.
3. Mengetahui bagaimana peluang balita yang berstatus gizi kurang sampai 60 bulan dan peluang balita yang berstatus gizi baik lebih dari 60 bulan.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti

Peneliti dapat menambah pengetahuan yang berkaitan dengan analisis ketahanan hidup.

2. Bagi masyarakat

Penelitian ini bermanfaat sebagai sumbangan informasi, pemikiran mengenai penerapan ilmu statistik khususnya yang berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya gizi kurang pada balita berdasarkan analisis ketahanan hidup.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan ini adalah:

### 1. Bagian Pengantar

Halaman ini berisi halaman judul, halaman pernyataan keaslian, halaman pengesahan, halaman motto dan persembahan, prakata, abstrak, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, daftar lampiran dan daftar simbol.

### 2. Halaman Utama

#### BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian mengenai analisis ketahanan hidup (*survival analysis*), tipe-tipe penyensoran data, fungsi ketahanan hidup (*survival function*), fungsi kepadatan peluang (*density function*), fungsi kegagalan (*hazard function*), regresi *cox proportional hazard*, rasio kegagalan, taksiran peluang, dan status gizi balita.

#### BAB 3 : METODE PENELITIAN

Bab ini berisi gambaran langkah-langkah penelitian yang terdiri dari jenis dan sumber data, teknik pengambilan sampel, populasi dan sampel penelitian, variabel penelitian, dan tahapan penelitian.

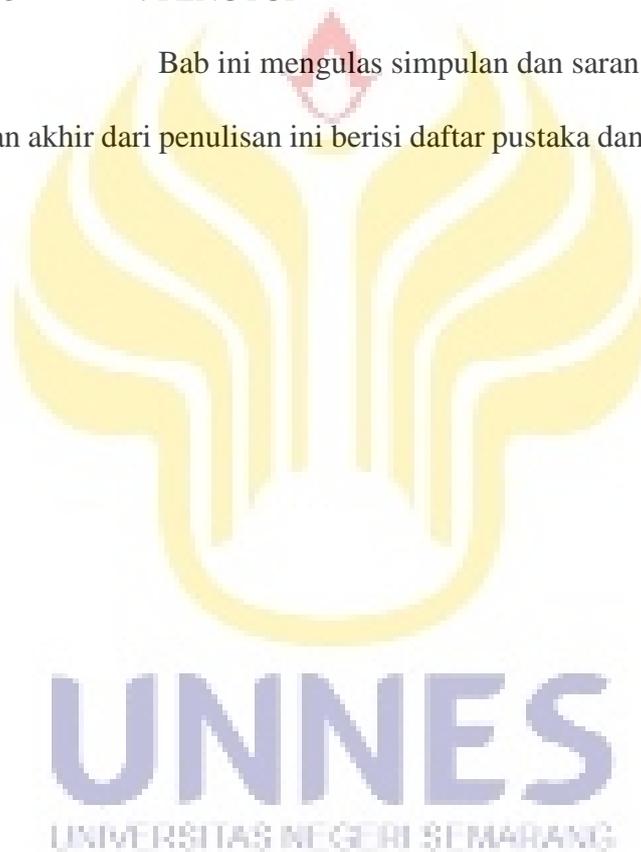
**BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi hasil analisis dan pembahasan mengenai pengkategorian variabel independen, pengenalan program Stata/SE 12.0, serta pengolahan data dan analisis hasilnya dengan program Stata/SE 12.0.

**BAB 5 : PENUTUP**

Bab ini mengulas simpulan dan saran.

3. Bagian akhir dari penulisan ini berisi daftar pustaka dan lampiran-lampiran.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Analisis Ketahanan Hidup (*Survival Analysis*)

*Survival* merupakan asal kata dari *to survive* yang berarti ketahanan atau kelangsungan hidup (Kleinbaum, 1996, Johnson & Johnson, 1980, Miller, 1981). Pada tulisan ini dan seterusnya *survival analysis* akan disebut dengan analisis ketahanan (Sasro Asmoro, 1995 & Murti, 1997). Secara umum analisis ketahanan dideskripsikan sebagai kumpulan prosedur statistik untuk menganalisis data yang variabel akhirnya adalah waktu hingga muncul kejadian (Kleinbaum, 1996). Waktu dapat berupa tahun, bulan, hari, jam, atau bahkan menit yang diukur sejak pengamatan dimulai hingga muncul kejadian. Kejadian yang diamati dapat berupa kematian, insiden penyakit, kekambuhan, atau penyembuhan.

Analisis ketahanan atau sintasan adalah nama modern yang diberikan untuk kumpulan metode statistika yang mengakomodasi data tersensor waktu kejadian (Tableman, 2008). Salah satu pemodelan yang umum dan populer digunakan pada analisis sintasan adalah regresi *cox proportional hazard*. Analisis sintasan, biasanya mengacu pada peubah waktu yang merupakan waktu sintasan, karena peubah waktu akan memberikan waktu pada saat seseorang "bertahan" atas beberapa kasus. Pada analisis sintasan secara khusus mengacu pada kejadian sebagai kegagalan, karena kejadian biasanya berhubungan dengan kematian, terjadinya penyakit, atau suatu pengalaman negatif individu. Namun waktu sintasan bisa saja waktu kembali

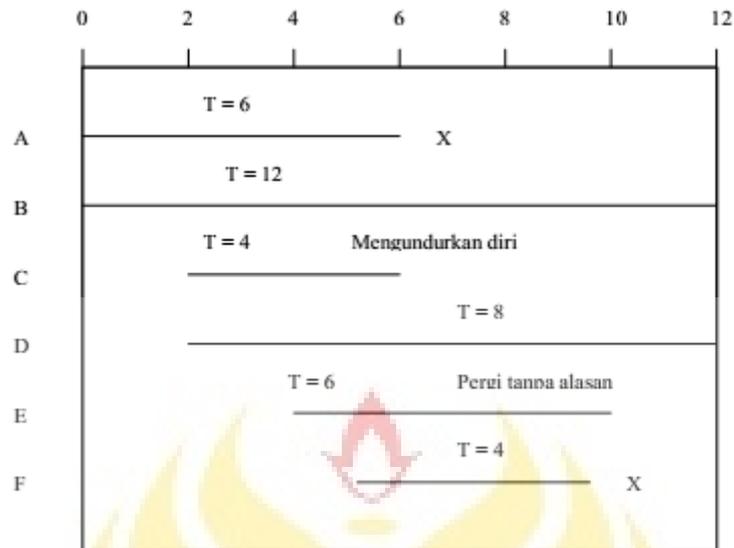
bekerja setelah melakukan operasi bedah elektif, yang mana dalam beberapa kasus kegagalan adalah kejadian yang positif (Perrigot, 2004). Sebagian besar analisis sintasan harus mempertimbangkan kunci analisis masalah yaitu data tersensor. Ada tiga alasan utama, penyebab data tersensor muncul yaitu individu tidak mengalami kejadian, individu hilang dari penelitian, individu mengundurkan diri dari penelitian karena kematian ataupun oleh alasan yang lain (Clark, 2003).

Analisis ketahanan atau sintasan dikembangkan pertama kali oleh astronom Inggris, yaitu Edmund Halley (1656- 1742) (Armitage, 1973, Johnson & Johnson, 1980, Miller, 1981, Kuzma, 1984). Analisis ini menjadi salah satu alat penting dalam statistik vital dan ilmu aktuaria serta ilmu lainnya. Sebagai contoh, ahli demografi menggunakan analisis ini untuk mengukur dan menganalisis angka mortalitas, ahli asuransi menggunakannya untuk menghitung premi yang harus dibayar peserta asuransi. Ahli kedokteran menggunakannya untuk menghitung efektivitas pengobatan atau memperkirakan lama hidup seorang pasien ketika diagnosa ditegakkan. Ahli keperawatan dapat menggunakan analisis ini untuk mengukur kemungkinan seseorang berisiko terkena *phlebitis* sejak mendapatkan terapi *intravena* atau mengukur lamanya waktu yang dibutuhkan untuk perawatan luka dalam kondisi tertentu hingga sembuh.

Dalam analisis ketahanan, terdapat tiga istilah yang perlu dipahami. Pertama, waktu dari variabel (waktu ketahanan atau *survival time*) atau waktu individu untuk tetap bertahan pada periode pengamatan. Kedua, kejadian (*event*) atau variabel yang menjadi fokus dalam penelitian, misalkan pada penelitian waktu terjadinya *phlebitis* setelah pemasangan terapi *intravena*, kejadian pada penelitian

ini adalah terjadinya *phlebitis*. Seringkali kejadian dikaitkan sebagai sesuatu yang negatif misal kematian dan insiden penyakit. Kejadian dapat pula sesuatu yang positif, misalkan pada penelitian pengaruh pemberian makanan tambahan pada balita kurang gizi, adanya perbaikan gizi merupakan kejadian dalam penelitian ini dan perbaikan gizi dalam hal ini merupakan sesuatu yang positif. Istilah ketiga adalah sensor, sensor terjadi bila kita mempunyai waktu ketahanan individu yang menjadi subyek penelitian, walaupun sesungguhnya kita tidak mengetahui waktu ketahanan yang pasti.

Pada analisis ketahanan selalu terjadi data tersensor (*censored data*), yaitu ada informasi mengenai waktu ketahanan individu tetapi tidak diketahui secara pasti berapa lama waktu ketahanannya (Kleinbaum, 1996). Penyebab terjadinya adalah hingga studi berakhir belum muncul kejadian yang diinginkan, hilang dari pengamatan, atau mengalami kejadian yang tidak berhubungan dengan substansi yang diteliti. Kasus tersensor tidak dibuang tetapi tetap diperhitungkan karena minimum hingga titik tertentu masih dapat dilihat belum mengalami kejadian dan dengan asumsi kejadian sensor dalam rentang waktu tertentu terjadi secara merata. Berikut contoh penjelasan mengenai pengertian kejadian, sensor dan waktu ketahanan (*survival time*).



Gambar 2.1 Contoh Pengertian Kejadian (*Event*), Waktu Ketahanan dan Sensor

Gambar 2.1 memberikan gambaran mengenai kejadian yang dialami oleh 6 (enam) orang yaitu; A, B, C, D, E, F. Tanda X berarti orang tersebut mengalami kejadian (*event*). Individu A, ia diobservasi mulai dari awal studi sampai mengalami kejadian (*event*) pada bulan keenam dan ia tidak tersensor. Waktu ketahanan individu A adalah enam bulan. Individu B, ia diobservasi dari awal sampai akhir studi, yaitu 12 bulan, ia tidak mengalami kejadian dan ia tersensor. Waktu ketahanannya paling tidak 12 bulan. Individu C, ia diobservasi dari bulan kedua studi dan pada bulan ke enam ia mengundurkan diri tanpa mengalami kejadian. Individu C tersensor. Individu D, ia diobservasi mulai bulan kedua sampai akhir studi dan ia tidak mengalami kejadian. Individu D juga tersensor. Individu E, ia diobservasi mulai bulan ke empat dan pada bulan ke sepuluh ia pergi tanpa pesan. Individu E tersensor. Individu F, ia diobservasi mulai bulan ke 6 dan mengalami

kejadian pada bulan ke 10 dan ia tidak tersensor. Waktu ketahanannya adalah 4 bulan.

Dengan demikian disimpulkan bahwa individu A dan F mengalami kejadian atau waktu ketahanannya diketahui dengan pasti, sedangkan individu B, C, D, dan E tersensor atau waktu ketahanannya tidak diketahui dengan pasti.

Kleinbaum (1996) menyatakan bahwa kegunaan analisis ketahanan pertama adalah untuk memperkirakan probabilitas ketahanan suatu kejadian menurut waktu. Kedua dapat untuk menyimpulkan status kesehatan penduduk. Ketiga, membandingkan ketahanan suatu kejadian antar kelompok. Keempat, mengidentifikasi laju suatu kejadian yang dialami penduduk dalam periode waktu tertentu.

Analisis ketahanan mengenal dua terminologi yaitu fungsi ketahanan (*survival function*) yang diberi simbol dengan  $S(t)$  dan fungsi *hazard* (*hazard function*) yang diberi simbol  $h(t)$ . Fungsi ketahanan atau  $S(t)$  menjelaskan probabilitas seseorang untuk *survive* lebih lama dari waktu spesifik  $t$ . Contoh fungsi ketahanan pada penelitian hubungan stadium klinik dengan ketahanan hidup 5 tahun pasien kanker serviks, penelitian ini mendapatkan hasil bahwa pada pasien stadium I kanker serviks probabilitas untuk tetap hidup tahun pertama sekitar 76,5%. Fungsi *hazard* atau  $h(t)$  adalah peluang individu gagal pada interval waktu  $t$ . Penggunaan fungsi ini untuk menghitung besarnya risiko seseorang untuk mengalami kejadian, umumnya variabel penelitian dijadikan variabel kategorik terlebih dahulu serta salah satu dari kategori dijadikan pembanding. Contoh penggunaan fungsi *hazard* pada penelitian hubungan stadium dengan peluang

ketahanan hidup pasien kanker serviks di atas adalah dibanding dengan stadium I, maka risiko meninggal pada stadium II yakni 2 kali lebih besar, stadium III 6,3 kali, dan stadium IV hampir 13 kalinya.

Menurut *Cox* dalam *Collet* (2003), ada tiga hal yang harus diperhatikan dalam menentukan waktu ketahanan hidup (biasanya disebut dengan *t*) secara tepat, yaitu sebagai berikut.

- a. Waktu awal tidak ambigu yang berarti tidak ada dua pengertian atau lebih.
- b. Definisi terjadinya kegagalan secara keseluruhan harus jelas.
- c. Skala waktu sebagai satuan pengukuran harus jelas.

Data dalam analisis ketahanan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Data lengkap, yaitu bila semua individu yang diamati (unit observasi) selama periode penelitian tertentu mengalami kejadian yang diinginkan (kegagalan). Pada akhir periode penelitian, status dari semua unit observasi adalah gagal, sehingga waktu bertahan yang sebenarnya diketahui. Data inilah yang disebut sebagai data tidak tersensor. Jadi, data lengkap adalah data yang semua unit observasinya adalah data tidak tersensor. Pengumpulan data lengkap jarang dilakukan pada penelitian dengan unit observasi yang besar karena dibutuhkan waktu yang lama dan biaya yang mahal untuk melakukan penelitian sampai semua unit observasi mengalami kegagalan.
- b. Data tidak lengkap, yaitu bila tidak semua unit observasi yang diamati selama periode penelitian tertentu mengalami kegagalan sehingga waktu bertahan yang sebenarnya dari sebagian observasi tidak diketahui. Individu

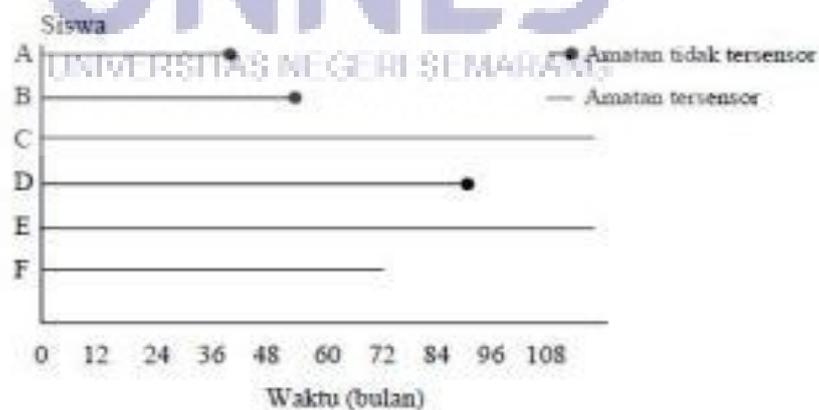
yang masih hidup pada akhir penelitian (*withdrawn alive*) dan hilang dari penelitian (*lost to follow up*) tetap disertakan dalam penelitian. Data dari individu inilah yang disebut sebagai data tersensor. Penyensoran dilakukan untuk menghemat waktu dan biaya.

## 2.2 Tipe-Tipe Penyensoran Data

Analisis ketahanan hidup sangat mempertimbangkan penyensoran. Data dikatakan tersensor apabila waktu hidup obyek penelitian tidak diketahui. Hal ini disebabkan oleh kejadian tak terduga yang mengakibatkan objek keluar dari penelitian (Collet, 2003). Dalam analisis ketahanan hidup dikenal 3 jenis penyensoran data, yakni:

### a. Tersensor tipe I

Dikatakan tersensor tipe I jika periode penelitian telah ditentukan dan objek penelitian masuk ke dalam penelitian pada waktu yang sama. Misalnya, dilakukan penelitian waktu ketahanan siswa yang masuk SD pada tahun yang sama.

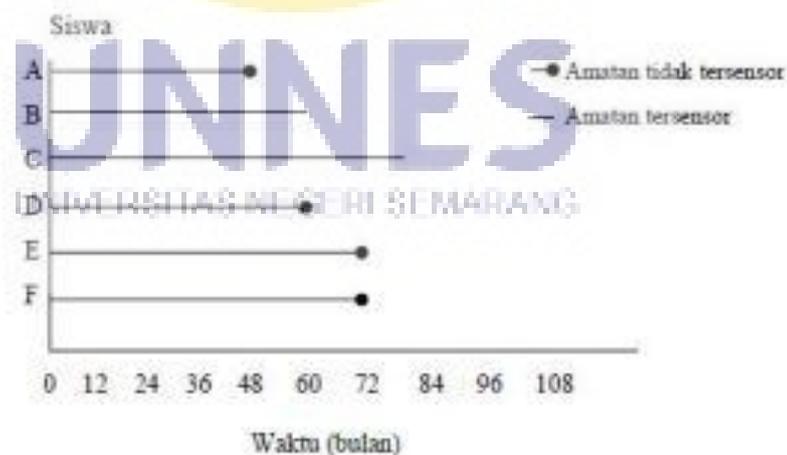


Gambar 2.2 Contoh Data Tersensor Tipe I

Siswa A, B, dan D putus sekolah pada bulan ke 36, 48, dan 84 yang selanjutnya disebut sebagai amatan tidak tersensor dan data ketiga siswa lainnya disebut sebagai amatan tersensor. Siswa C dan E merupakan contoh kasus *withdrawn alive* (tetap bertahan hingga batas waktu penyensoran), sedangkan siswa F merupakan contoh kasus *lost to follow up* (hilang sebelum batas waktu penyensoran).

b. Tersensor tipe II

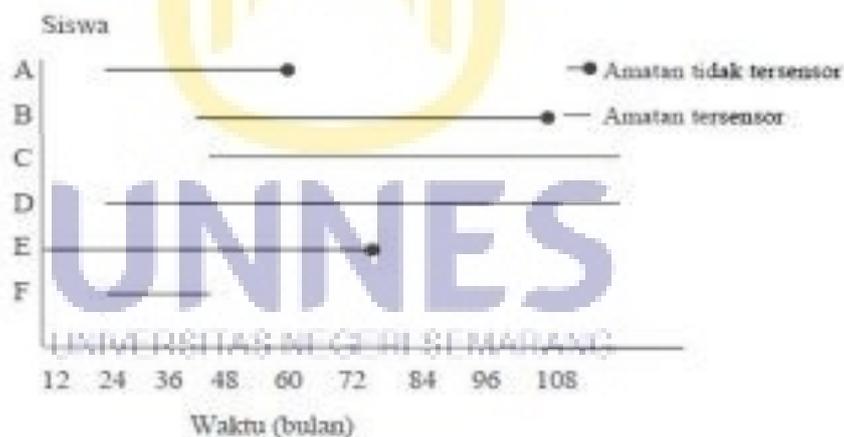
Pada tersensor tipe II, individu masuk ke dalam penelitian pada waktu yang sama dan penelitian dihentikan jika sejumlah individu yang telah ditentukan mati ( $r$  dari  $n$  individu dan  $r < n$ ). Misalnya pada penelitian yang dilakukan terhadap siswa SD tahun untuk mengetahui waktu ketahanan sekolahnya, penelitian akan dihentikan jika empat siswa putus sekolah. Ternyata pada bulan ke 72 terdapat empat siswa yang putus sekolah (A, D, E dan F) sehingga penelitian dihentikan pada bulan tersebut.



Gambar 2.3 Contoh Data Tersensor Tipe II

c. Tersensor tipe III

Disebut tersensor tipe III jika setiap individu masuk ke dalam penelitian pada waktu yang berbeda-beda selama periode penelitian. Misalnya, dilakukan penelitian waktu ketahanan sekolah siswa. Selama periode 12 tahun penelitian terdapat enam siswa masuk ke dalam pengamatan. Seperti pada gambar 2.4 terlihat bahwa siswa A, B, dan E masuk ke dalam pengamatan pada permulaan bulan keduapuluhempat, ketigapuluhenam, dan keduabelas. Pada akhir periode penelitian diketahui bahwa tiga siswa putus sekolah (A, B dan E), sedangkan siswa C dan D *withdrawn alive* serta siswa F *lost to follow up*. Kasus *lost to follow up* tidak ada dalam penelitian ini karena peneliti tidak mengamati secara langsung objek penelitian dari waktu awal pengamatan ketahanan bersekolah.



Gambar 2.4 Contoh Data Tersensor Tipe III

### 2.3 Fungsi Ketahanan Hidup (*Survival Function*)

Fungsi *survival* digunakan untuk menyatakan probabilitas suatu individu bertahan dari waktu mula-mula sampai suatu waktu  $t$  (Collet, 1994).  $t$

melambangkan waktu *survival* yang merupakan variabel random dan mempunyai fungsi distribusi peluang  $f(t)$ . Fungsi *survival*  $S(t)$ , didefinisikan sebagai probabilitas bahwa waktu *survival* lebih besar atau sama dengan  $t$ , sehingga

$$\begin{aligned} S(t) &= P(T \geq t) \\ &= 1 - P(T < t) \\ &= 1 - F(t) \end{aligned} \quad (2.1)$$

Fungsi  $S(t)$  merupakan fungsi tak naik dengan nilai  $S(0) = 1$  dan  $S(\infty) = 0$ . Fungsi  $S(t)$  juga biasa disebut *cumulative survival rate*. Selain itu terdapat kurva ketahanan yang digunakan untuk menentukan median atau persentil lainnya dari waktu ketahanan, juga untuk membandingkan distribusi ketahanan dari dua kelompok atau lebih.

## 2.4 Fungsi Kepadatan Peluang (*Density Function*)

Fungsi kepadatan peluang didefinisikan sebagai limit dari peluang individu mengalami kejadian dalam interval  $t$  sampai  $t + \Delta t$ .

$$\begin{aligned} f(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} P\{\text{individu mengalami kejadian dalam selang } (t, t + \Delta t)\} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t)}{\Delta t}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Karena  $S(t) = 1 - F(t)$  maka dengan menurunkan kedua ruas terhadap  $t$  diperoleh:

$$\begin{aligned} \frac{dS(t)}{dt} &= 0 - \frac{dF(t)}{dt} \\ \Leftrightarrow \frac{dS(t)}{dt} &= 0 - f(t) \\ \Leftrightarrow f(t) &= -\frac{dS(t)}{dt} \end{aligned} \quad (2.3)$$

## 2.5 Fungsi Kegagalan (*Hazard Function*)

Fungsi *hazard* merupakan peluang individu mengalami kejadian dalam selang waktu yang singkat yaitu  $t$  sampai  $t + \Delta t$  jika diketahui individu tersebut belum mengalami kejadian sampai dengan waktu  $t$ .

$$\begin{aligned}
 h(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P\{\text{individu pada } t \text{ mengalami kejadian dalam selang } (t, t + \Delta t)\}}{\Delta t} \\
 &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \\
 &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t)}{P(T \geq t)}}{\Delta t} \\
 &= \left( \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T \leq t + \Delta t)}{\Delta t} \right) / (1 - F(t)) \\
 &= \frac{f(t)}{1 - F(t)}.
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

Kurva fungsi *hazard* dapat berupa kurva naik, turun, konstan atau kurva lainnya yang lebih rumit.

## 2.6 Regresi *Cox Proportional Hazard*

### 2.6.1 Model *Cox Proportional Hazard*

Salah satu tujuan dari analisis *survival* adalah untuk menyelidiki hubungan antara waktu *survival* dengan variabel-variabel yang diduga mempengaruhi waktu *survival*. Analisis ini dapat menggunakan analisis regresi. Analisis regresi adalah analisis statistika yang memanfaatkan hubungan antara dua atau lebih peubah kuantitatif sehingga salah satu peubah dapat diramalkan dari peubah lainnya. Salah satu analisis regresi yang sering digunakan untuk menganalisis data *survival* adalah regresi *cox*. Regresi *cox* termasuk dalam metode semiparametrik, dimana di dalam

metode ini tidak memerlukan informasi tentang distribusi yang mendasari waktu *survival* dan fungsi *baseline hazard* tidak harus ditentukan untuk mengestimasi parameternya. Selain metode semiparametrik, terdapat metode lainnya yang dapat digunakan menganalisis data *survival*, yaitu metode parametrik dan metode nonparametrik. Metode parametrik mengasumsikan bahwa distribusi yang mendasari waktu *survival* mengikuti suatu distribusi tertentu, misalnya distribusi *Weibull*, *Gamma*, dan eksponensial. Metode nonparametrik digunakan apabila data yang digunakan tidak mengikuti suatu distribusi tertentu yang sudah ada, yaitu metode *Kaplan Meier* dan *Nelson-Aalen*.

Menurut Collet (2003), regresi *cox proportional hazard* atau lebih dikenal sebagai model regresi *cox* digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen. Regresi *cox proportional hazard* ialah pemodelan yang digunakan dalam analisis ketahanan hidup. Regresi ini digunakan apabila hasil pengamatan yang diobservasi adalah panjang waktu suatu kejadian. Pada mulanya pemodelan ini digunakan pada cabang statistika khususnya biostatistika yaitu digunakan untuk menganalisis kematian atau harapan hidup seseorang. Namun seiring perkembangan zaman, pemodelan ini banyak dimanfaatkan di berbagai bidang. Diantaranya bidang akademik, kedokteran, sosial, sains, teknik, pertanian, pendidikan, dan sebagainya.

Menurut Lee (1992) jika persamaan (2.1) dan (2.3) disubstitusikan ke persamaan (2.4) maka diperoleh

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} = -\frac{S'(t)}{S(t)} = -\frac{d \ln S(t)}{dt} \quad (2.5)$$

Kemudian persamaan (2.5) diintegrasikan dari 0 sampai t dengan  $S(0) = 1$  yaitu

$$\begin{aligned}
 - \int_0^t h(t)dt &= \ln S(t) \\
 \Leftrightarrow H(t) &= -\ln S(t) \\
 \Leftrightarrow S(t) &= \exp[-H(t)]
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

Berdasarkan persamaan (2.5) dan (2.6) maka

$$f(t) = h(t)\exp[-H(t)] \tag{2.7}$$

Untuk membangun model *cox proportional hazard*, misalkan risiko kematian individu ke-i pada saat t yaitu  $h_i(t)$  bergantung pada nilai  $x_1, x_2, \dots, x_p$  dari kovariat  $X_1, X_2, \dots, X_p$ . Kovariat itu sendiri terbagi ke dalam dua macam, yaitu variat dan faktor. Variat merupakan peubah yang bernilai numerik/kontinu seperti umur, sedangkan faktor ialah peubah yang mempunyai level/tipe seperti jenis kelamin (Collet 2003). Himpunan nilai kovariat direpresentasikan dalam vektor  $x$  dengan  $x = (x_1, x_2, \dots, x_p)'$  dan  $h_0(t)$  yang disebut fungsi *baseline hazard* merupakan fungsi *hazard* untuk individu dengan nilai kovariat  $x$  adalah 0. Fungsi *hazard* untuk individu ke-i adalah

$$h_i(t) = \psi(x_i)h_0(t) \tag{2.8}$$

dengan  $\psi(x_i)$  merupakan fungsi dari vektor kovariat untuk individu ke-i. Fungsi  $\psi(x_i)$  dapat pula diinterpretasikan sebagai fungsi *hazard* untuk individu dengan kovariat  $x_i$  relatif terhadap fungsi *hazard* individu dengan kovariat  $x = 0$ . Karena  $\psi(x_i)$  menyatakan *hazard* relatif maka tidak mungkin bernilai negatif sehingga bisa ditulis  $\psi(x_i) = \exp(\eta_i)$ . Peubah  $\eta_i$  adalah kombinasi linier dari kovariat  $x_i$  yaitu  $\eta_i = \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi} = \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ji}$ . Vektor  $\beta$  adalah koefisien dari

kovariat  $x_1, x_2, \dots, x_p$  dalam model, sehingga bentuk umum dari model *cox proportional hazard* adalah

$$h_i(t) = h_0(t) \exp(\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi}) \quad (2.9)$$

Menurut Collet (2003), model regresi *cox proportional hazard* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h_i(t|X) &= h_0(t) \exp(\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi}) = h_0(t) e^{\sum_{j=1}^p \beta_j x_{ji}} \\ h_i(t|X) &= h_0(t) \exp(\beta' x_i) \end{aligned} \quad (2.10)$$

Model *cox proportional hazard* dapat dipandang sebagai model linier logaritma dari *hazard ratio* yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{h_i(t)}{h_0(t)} &= \exp(\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi}) \\ \Leftrightarrow \log \frac{h_i(t)}{h_0(t)} &= \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi} \end{aligned}$$

Menurut Collet (2003), besaran  $\exp(\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi})$  mengandung kovariat yang bebas terhadap waktu, artinya bahwa nilai peubah tersebut tidak berubah dari waktu ke waktu (selama penelitian) serta  $\beta$  adalah koefisien kovariat yang merepresentasikan pengaruh dari masing-masing kovariat secara langsung terhadap log *hazard*. *Hazard* yang lebih besar secara langsung berkaitan dengan waktu ketahanan yang lebih singkat (khususnya jika kejadian berupa kematian).

### 2.6.2 Pengujian Asumsi *Proportional Hazard*

*Proportional hazard* (PH) artinya perbandingan kecepatan terjadinya suatu kejadian antar kelompok setiap saat adalah sama. Ciri dari suatu kurva *Kaplan*

*Meier* yang memenuhi asumsi PH adalah garis *survival* pada kurva *Kaplan Meier* antar kelompok tidak saling berpotongan.

Metode lain untuk menguji asumsi PH adalah dengan membuat kurva  $-\ln \ln$  *survival* dan *global test*. Asumsi PH terpenuhi apabila garis *survival* pada kurva  $-\ln \ln$  *survival* tidak saling berpotongan. Sedangkan pada uji *global test*, asumsi PH terpenuhi apabila nilai  $p$  lebih besar dari 0,05. Mungkin terdapat beberapa variabel yang memenuhi asumsi PH dan beberapa variabel tidak memenuhi asumsi PH.

Asumsi PH (*proportional hazard*) sangat penting dalam analisis *survival*. Pentingnya asumsi ini analog dengan asumsi normalitas data pada analisis parametrik. Analisis yang dilakukan pada suatu fungsi *survival* yang memenuhi asumsi PH berbeda dengan analisis yang dilakukan pada fungsi *survival* yang tidak memenuhi asumsi PH. Menurut Sopiudin (2013), *survival* yang memenuhi asumsi PH akan dianalisis dengan *time independent analysis*, sementara *survival* yang tidak memenuhi asumsi PH akan dianalisis dengan analisis *full model* atau analisis *reduced model*.

### 2.6.2.1 *Estimasi Parameter*

Estimasi adalah menduga suatu karakteristik atau ciri dari populasi. Untuk menduga atau melakukan estimasi parameter, umumnya digunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Jika terdapat  $n$  ukuran sampel dan di antaranya terdapat  $r$  amatan yang tidak tersensor dan  $n - r$  amatan yang tersensor, maka urutan  $r$  waktu tahan hidup dinotasikan  $t_{(1)} < t_{(2)} < \dots < t_{(r)}$  dengan  $t_{(j)}$  adalah urutan waktu tahan hidup ke- $j$ .

Menurut Cox dalam Collet (2003), fungsi *likelihood* untuk regresi *cox proportional hazard* adalah

$$L(\beta) = \prod_{j=1}^r \frac{\exp(\beta'x_{(j)})}{\sum_{l \in R(t_{(j)})} \exp(\beta'x_l)} \quad (2.11)$$

dengan

$x_{(j)}$  : Vektor variabel dari individu yang gagal pada saat waktu ke- $j$ .

$R(t_{(j)})$  : Himpunan individu yang masih hidup pada waktu ke- $j$ .

$x_l$  : Vektor variabel individu yang masih hidup dan merupakan elemen dari  $R(t_{(j)})$ .

Jika terdapat data yang terdiri dari  $n$  waktu tahan hidup yang dinotasikan  $t_1, t_2, \dots, t_n$  dan  $\delta_i$  adalah nilai indikator kejadian sebagai berikut

$$\delta_i = \begin{cases} 0, & \text{individu yang tersensor} \\ 1, & \text{individu tidak tersensor} \end{cases} \quad \text{dengan } t_i, i = 1, 2, \dots, n$$

Maka fungsi *likelihood* persamaan (2.11) dapat dinyatakan dalam

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n \left[ \frac{\exp(\beta'x_{(i)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\beta'x_l)} \right]^{\delta_i} \quad (2.12)$$

dan fungsi *log likelihood* yang bersesuaian adalah

$$\log(L(\beta)) = \sum_{i=1}^n \delta_i \left[ \beta'x_{(i)} - \log \left( \sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\beta'x_l) \right) \right] \quad (2.13)$$

dengan

$x_{(i)}$  : Vektor variabel dari individu yang gagal pada saat waktu ke- $i$ .

$R(t_{(i)})$  : Himpunan individu yang masih hidup pada waktu ke- $i$ .

$x_l$  : Vektor variabel individu yang masih hidup dan merupakan elemen dari  $R(t_{(i)})$ .

Untuk mengestimasi parameter  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  dalam regresi *cox proportional hazard* dapat diperoleh dengan memaksimalkan fungsi *likelihood* dan diselesaikan dengan metode iterasi *Newton-Raphson*. Estimasi parameter  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  diperoleh dari penyelesaian sejumlah  $p$  persamaan. Dimisalkan  $u(\beta_g)$  merupakan turunan pertama dari  $\log(L(\beta))$  yang dapat dituliskan dalam bentuk

$$u(\beta_g) = \frac{\partial \log(L(\beta))}{\partial \beta_g} = 0, g = 1, 2, \dots, p$$

dengan  $u(\beta_g)$  merupakan matriks berukuran  $p \times 1$  yaitu

$$u(\beta_g)_{p \times 1} = \begin{pmatrix} \frac{\partial \log(L(\beta))}{\partial \beta_1} \\ \vdots \\ \frac{\partial \log(L(\beta))}{\partial \beta_p} \end{pmatrix}_{p \times 1}$$

Didapatkan persamaan dari turunan pertama fungsi *log likelihood* yaitu

$$\begin{aligned} \log(L(\beta)) &= \sum_{i=1}^n \delta_i \left[ \sum_{j=1}^p \beta_j x_{(ji)} - \log \left( \sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right) \right] \\ &= \sum_{i=1}^n \delta_i \sum_{j=1}^p \beta_j x_{(ji)} - \sum_{i=1}^n \delta_i \log \left( \sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right) \\ \frac{\partial \log(L(\beta))}{\partial \beta_g} &= \sum_{i=1}^n \delta_i x_{(gi)} - \sum_{i=1}^n \delta_i \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} \\ &= \sum_{i=1}^n \delta_i \left[ x_{(gi)} - \left( \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} \right) \right] \end{aligned} \quad (2.14)$$

sehingga diperoleh

$$u(\beta) = \sum_{i=1}^n \delta_i \left[ x_{(gi)} - \left( \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} \right) \right] = 0$$

Untuk turunan kedua dimisalkan  $I(\beta) = - \left( \frac{\partial^2 \log(L(\beta))}{\partial \beta_g \partial \beta_z} \right)$ , dimana  $I(\beta)$  adalah matriks yang berukuran  $p \times p$  dari turunan kedua fungsi *log likelihood* yang nilai-nilai elemennya  $< 0$ , dengan  $g = 1, 2, \dots, p$  dan  $z = 1, 2, \dots, p$ , yaitu:

$$u(\beta) = \sum_{i=1}^n \delta_i x_{(gi)} - \sum_{i=1}^n \delta_i \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}$$

Digunakan pembagian vektor  $\frac{u}{v}$  dalam mencari turunan kedua dari fungsi log

$(L(\beta))$ , yakni

$$u = \sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})$$

$$u' = \sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})$$

$$v = \sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})$$

$$v' = \sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})$$

sehingga diperoleh

$$\begin{aligned} & \frac{u'v - v'u}{v^2} \\ &= \frac{\left[ \sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right] \left[ \sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right] - \left[ \sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right] \left[ \sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right]}{\left[ \sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right]^2} \\ &= \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} - \frac{\left[ \sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right] \left[ \sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right]}{\left[ \sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right] \left[ \sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)}) \right]} \\ &= \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} - \left[ \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} \right] \left[ \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} \right] \\ &= \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} - \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} \right] \left[ \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} \right] \\ & I(\beta) = \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} \\ - \left[ \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(zl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} \right] \left[ \frac{\sum_{l \in R(t_{(i)})} x_{(gl)} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})}{\sum_{l \in R(t_{(i)})} \exp(\sum_{j=1}^p \beta_j x_{(jl)})} \right] \end{array} \right\} \quad (2.15) \end{aligned}$$

Elemen  $(g, z)$  dari matriks yang diharapkan adalah

$$I(\beta)_{pxp} = - \left( \frac{\partial^2 \log(L(\beta))}{\partial \beta_g \partial \beta_z} \right)$$

$$I(\beta)_{p \times p} = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \log(L(\beta))}{\partial \beta_1 \partial \beta_1} & \dots & \frac{\partial^2 \log(L(\beta))}{\partial \beta_1 \partial \beta_p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 \log(L(\beta))}{\partial \beta_p \partial \beta_1} & \dots & \frac{\partial^2 \log(L(\beta))}{\partial \beta_p \partial \beta_p} \end{pmatrix}$$

Untuk menyelesaikan estimasi parameter yang ada pada persamaan (2.14) dan (2.15) dapat diselesaikan dengan menggunakan metode numerik melalui penyelesaian iterasi.

Menurut Collet (2003), salah satu metode iterasi yang dapat digunakan yaitu metode iterasi *Newton-Raphson* sebagai berikut:

$$\left( (\hat{\beta})_{s+1} \right)_{p \times 1} = \left( (\hat{\beta})_s \right)_{p \times 1} + \left( I^{-1}(\hat{\beta})_s \right)_{p \times p} \left( u(\hat{\beta})_s \right)_{p \times 1}$$

dengan

$$s = 1, 2, \dots$$

$\left( u(\hat{\beta})_s \right)_{p \times 1}$  : matriks turunan pertama dari  $\log(L(\beta))$  berukuran  $p \times 1$ .

$\left( I^{-1}(\hat{\beta})_s \right)_{p \times p}$  : invers matriks turunan kedua  $\log(L(\beta))$  berukuran  $p \times p$ .

Proses iterasi dimulai dengan menentukan nilai awal  $\left( (\hat{\beta})_s \right)_{p \times 1} = 0$ . Proses berhenti jika perubahan pada fungsi *log likelihood* kecil atau konvergen. Matriks  $\left( I^{-1}(\hat{\beta})_s \right)_{p \times p}$  dapat digunakan untuk mencari nilai standar error dari penduga parameter  $(\hat{\beta})$ . Elemen diagonal dari matriks  $\left( I^{-1}(\hat{\beta})_s \right)_{p \times p}$  berturut-turut merupakan varian  $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3, \dots, \hat{\beta}_p$  dan akar dari masing-masing varian tersebut merupakan standar error dari parameter tersebut.

Menurut Hosmer, Lemeshow, dan May (2008:72) varian dari  $\hat{\beta}_s$  dapat didefinisikan sebagai:

$$\text{Var}(\hat{\beta}) = I(\hat{\beta})^{-1} \quad (2.16)$$

Sedangkan standar deviasi dari  $\hat{\beta}_s$  merupakan akar kuadrat dari varians  $\hat{\beta}_s$ , yaitu sebagai berikut.

$$SE(\hat{\beta}_s) = \sqrt{\text{Var}(\hat{\beta})} = \sqrt{I(\hat{\beta})^{-1}} \quad (2.17)$$

Standar deviasi dapat digunakan untuk mencari selang kepercayaan  $\hat{\beta}_s$  yaitu  $(1 - \alpha)100\%$ . Selang kepercayaan untuk  $\hat{\beta}_s$  adalah sebagai berikut.

$$\left( \hat{\beta}_s - Z_{\frac{\alpha}{2}} SE(\hat{\beta}), \hat{\beta}_s + Z_{\frac{\alpha}{2}} SE(\hat{\beta}) \right) \quad (2.18)$$

#### 2.6.2.2 Pengujian Asumsi Proportional Hazard dengan Residual Schoenfeld

Terdapat beberapa jenis residual yang dapat digunakan untuk melakukan pengujian asumsi *proportional hazard*. Menurut David Collet (2004), residual tersebut antara lain residual *Martingale*, residual *Deviance*, residual *Schoenfeld*, residual *Cox-Snell* dan residual *Score*. Pada penelitian ini akan digunakan residual *Schoenfeld* untuk menguji asumsi *proportional hazard*. Menurut Lee dan Wang (2003:331-332), residual *Schoenfeld* didefinisikan sebagai residual yang setiap individu dan setiap variabel bebasnya berdasarkan turunan pertama dari fungsi *log likelihood* pada persamaan (2.14). Residual *Schoenfeld* untuk individu ke- $i$  pada variabel bebas ke- $j$  adalah sebagai berikut:

$$R_{ji} = \delta_i \left( x_{ji} - \frac{\sum_{l \in R(t_i)} x_{jl} \exp(\hat{\beta} x_l)}{\sum_{l \in R(t_i)} \exp(\hat{\beta} x_l)} \right), j = 1, 2, \dots, p \quad (2.19)$$

dengan  $\hat{\beta}$  merupakan *estimator partial likelihood* maksimum dari  $\beta$ . Karena  $\hat{\beta}$  merupakan solusi dari persamaan turunan pertama fungsi *log likelihood* pada persamaan (2.14), maka jumlah residual *Schoenfeld* adalah nol atau dengan kata

lain residual *Schoenfeld* mempunyai rata-rata nol. Apabila jumlah sampel besar, nilai harapan dari  $R_{ji}$  adalah nol, sehingga residual *Schoenfeld* tidak berkorelasi dengan yang lainnya. *Scaled residual Schoenfeld* dapat dihitung dengan menggunakan invers dari *estimator* matrik kovarian  $R_i = (R_{1i}, \dots, R_{pi})'$  yang dinotasikan dengan  $\hat{V}(R_i)$ , sehingga diperoleh

$$R_i^* = [\hat{V}(R_i)]^{-1} R_i \quad (2.20)$$

Untuk menyederhanakan perhitungan, Therneau dan Grambsch (1994) mengusulkan bahwa perkiraan dari  $[\hat{V}(R_i)]^{-1}$  pada persamaan (2.20) adalah sebagai berikut.

$$[\hat{V}(R_i)]^{-1} \cong r \hat{V}(\hat{\beta}) \quad (2.21)$$

Dimana  $r$  adalah jumlah event dan  $\hat{V}(\hat{\beta})$  adalah *estimator* matrik kovarian dari  $\hat{\beta}$  pada persamaan (2.16). Dengan menggunakan perkiraan tersebut, *scaled residual Schoenfeld* pada persamaan (2.20) dapat ditulis sebagai berikut:

$$R_i^* = r \hat{V}(\hat{\beta}) R_i \quad (2.22)$$

Grafik antara residual *Schoenfeld* dengan waktu *survival* dapat digunakan untuk memeriksa kelengkapan model *proportional hazard*. *Cox proportional hazard* dikatakan proporsional apabila *hazard ratio*-nya independen terhadap waktu. Apabila terdapat variabel bebas yang tergantung pada waktu, maka asumsi *proportional hazard* tidak terpenuhi.

### 2.6.3 Analisis Bivariat dan Analisis Multivariat

#### 2.6.3.1 Analisis Bivariat

Untuk variabel yang memenuhi asumsi PH, analisis bivariat dilakukan dengan analisis *cox regression*. Metode *cox regression* digunakan untuk melihat besar hubungan satu variabel independen dengan variabel dependen. Untuk variabel yang tidak memenuhi asumsi PH, analisis *cox regression* tidak bisa dilakukan.

#### 2.6.3.2 Analisis Multivariat

Variabel yang masuk analisis multivariat adalah variabel yang pada analisis bivariat mempunyai nilai  $p < 0,25$ . Selain itu variabel yang tidak memenuhi asumsi PH dan secara teoritis penting, harus dimasukkan ke dalam analisis multivariat. Bila semua variabel memenuhi asumsi PH, maka analisis multivariat yang dipilih adalah analisis *time independen cox regression*. Apabila terdapat variabel yang tidak memenuhi asumsi PH, maka dapat dilakukan analisis *cox regression full model* atau *cox regression reduced model*.

## 2.7 Rasio Kegagalan

Menurut Kleinbaum dan Klein (2011) rasio kegagalan adalah kegagalan untuk satu kelompok individu dibagi dengan kegagalan untuk kelompok individu lainnya. Dua individu yang dibandingkan dibedakan dengan nilai variabel independen. Rasio kegagalan dapat dinyatakan ke dalam bentuk seperti di bawah ini.

$$\widehat{HR} = \frac{h_0(t)e^{\sum_{j=1}^p \beta_j x_j^*}}{h_0(t)e^{\sum_{j=1}^p \beta_j x_j}} = \exp^{\sum_{j=1}^p \hat{\beta}_j (x_j^* - x_j)} \quad (2.23)$$

Dimana  $HR$  merupakan rasio kegagalan,  $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_p^*)$  sebagai nilai variabel independen untuk satu kelompok individu, dan  $x = (x_1, x_2, \dots, x_p)$  menunjukkan nilai variabel independen untuk satu kelompok individu lain dan  $\beta$  adalah parameter regresi.

## 2.8 Taksiran Peluang

Jika pada komponen linear dalam model regresi *cox proportional hazard* terdapat  $p$  variabel  $X_1, X_2, \dots, X_p$  dan taksiran koefisien dari variabel tersebut adalah  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  maka taksiran fungsi kegagalan untuk individu ke- $i$  adalah

$$h_i(t|X) = h_0(t) \exp(\beta' x_i) \quad (2.24)$$

dengan  $h_0(t)$  merupakan nilai fungsi kegagalan dasar. Dari persamaan (2.24) fungsi kegagalan individu dapat ditaksir ketika nilai dari  $h_0(t)$  telah diketahui, dengan

$$h_0(t) = 1 - \xi_m \quad (2.25)$$

Jika terdapat  $n$  ukuran sampel dan di antaranya terdapat  $r$  amatan yang tidak tersensor dan  $n - r$  amatan yang tersensor, maka urutan  $r$  waktu tahan hidup dinotasikan  $t_{(1)} < t_{(2)} < \dots < t_{(r)}$ , sehingga  $t_{(m)}$  adalah urutan waktu tahan hidup ke- $m$ .  $d_m$  adalah jumlah individu yang gagal pada waktu ke  $t_{(m)}$  atau terdapat dua atau lebih individu yang gagal pada waktu ke  $t_{(m)}$ , maka  $\xi_m$  didefinisikan sebagai berikut:

$$\xi_m = \left[ 1 - \frac{\exp(\beta' x_{(m)})}{\sum_{l \in R(t_{(m)})} \exp(\beta' x_l)} \right]^{\exp(-\beta' x_{(m)})} \quad (2.26)$$

$$\xi_m = \exp \left[ \frac{-d_m}{\sum_{l \in R(t_{(m)})} \exp(\beta' x_l)} \right] \quad (2.27)$$

Persamaan (2.26) digunakan jika hanya ada satu individu yang gagal pada waktu ke  $t_{(m)}$ . Persamaan (2.27) digunakan jika terdapat dua atau lebih individu yang gagal pada waktu ke  $t_{(m)}$ . Sehingga diperoleh persamaan untuk mencari nilai fungsi kegagalan dasar kumulatif dan nilai fungsi ketahanan hidup dasar adalah

$$H_0(t) = - \sum_{m=1}^r \ln \xi_m \quad (2.28)$$

$$S_0(t) = \prod_{m=1}^r \xi_m \quad (2.29)$$

$$S(t) = [S_0(t)]^{\exp(\beta' x_{(m)})} \quad (2.30)$$

dengan  $m = 1, 2, \dots, r$ .  $S(t)$  merupakan peluang individu masih hidup lebih dari waktu  $t$ ,  $S_0(t)$  merupakan peluang individu masih hidup lebih dari waktu  $t$  apabila variabel independennya bernilai 0 dan  $x_{(m)}$  merupakan vektor dari variabel individu yang gagal pada waktu ke  $t_{(m)}$ .  $R(t_{(m)})$  merupakan himpunan individu masih hidup pada waktu ke  $t_{(m)}$ .

## 2.9 Status Gizi Balita

### 2.9.1 Gizi

Pangan adalah kebutuhan yang mendasar bagi kehidupan manusia karena berpengaruh terhadap ketahanan hidup. Manusia membutuhkan energi untuk menjamin keberlangsungan hidupnya. Energi tersebut diperoleh dari bahan pangan yang mengandung berbagai zat kimia yang dikenal dengan zat gizi.

WHO mengartikan ilmu gizi sebagai ilmu yang mempelajari proses yang terjadi pada organisme hidup. Proses tersebut mencakup pengambilan dan pengolahan zat padat dan cair dari makanan yang diperlukan untuk memelihara kehidupan, pertumbuhan, berfungsinya organ tubuh dan menghasilkan energi.

Zat gizi (nutrien) adalah ikatan kimia yang diperlukan tubuh untuk melakukan fungsinya, yaitu menghasilkan energi, membangun dan memelihara jaringan, serta mengatur proses-proses kehidupan. Makanan setelah dikonsumsi mengalami proses pencernaan. Bahan makanan diuraikan menjadi zat gizi atau nutrien. Zat tersebut selanjutnya diserap melalui dinding usus dan masuk ke dalam cairan tubuh.

### **2.9.2 Status Gizi**

Status gizi adalah suatu keadaan tubuh yang diakibatkan oleh keseimbangan antara asupan zat gizi dengan kebutuhan. Keseimbangan tersebut dapat dilihat dari variabel pertumbuhan, yaitu berat badan, tinggi badan/panjang badan, lingkaran kepala, lingkaran lengan, dan panjang tungkai (Gibson, 1990).

Status gizi ini menjadi penting karena merupakan salah satu faktor risiko untuk terjadinya kesakitan dan kematian. Keadaan gizi yang baik adalah syarat utama untuk mewujudkan sumber daya manusia yang berkualitas. Masalah gizi dapat terjadi disetiap fase kehidupan, dimulai sejak dalam kandungan sampai dengan usia lanjut. Pada fase bayi dan balita dalam kehidupan manusia merupakan masa pertumbuhan dan perkembangan yang sangat pesat. Apabila pada fase tersebut mengalami gangguan gizi maka akan bersifat permanen, tidak dapat

dialihkan walaupun kebutuhan gizi pada masa selanjutnya terpenuhi (Frisda Turnip, 2008).

Masalah gizi merupakan masalah kesehatan yang tersembunyi dan tingginya angka kematian bayi dan balita menunjukkan masalah kesehatan dan gizi di Indonesia cukup serius (Jaringan Informasi Pangan dan Gizi, 2005). Masalah gizi meskipun sering berkaitan dengan masalah kekurangan pangan, pemecahan masalahnya tidak selalu berupa peningkatan produksi dan pengadaan pangan pada keadaan kritis, masalah gizi yang muncul akibat kesalahan pangan di tingkat rumah tangga, yaitu kemampuan rumah tangga memperoleh makanan untuk semua anggotanya (I Dewa Nyoman Supariasa, 2001).

### **2.9.3 Penilaian Status Gizi**

Dalam penelitian ini metode penilaian gizi balita yang digunakan adalah metode penilaian gizi secara langsung atau dengan pengukuran antropometri.

#### **2.9.3.1 Antropometri**

Antropometri berasal dari kata *anthropos* dan *metros*. *Anthropos* artinya tubuh dan *metros* artinya ukuran. Jadi antropometri adalah ukuran dari tubuh. Sedangkan pengertian antropometri dari sudut pandang gizi menurut Jelliffe, sebagaimana dikutip oleh Supariasa (2001: 36), menyatakan bahwa antropometri gizi adalah berhubungan dengan berbagai macam pengukuran dimensi tubuh dan komposisi tubuh dari berbagai tingkat umur dan tingkat gizi.

Ada beberapa pengukuran antropometri utama. Untuk jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Pengukuran Antropometri Utama

Pengukuran	Komponen	Jaringan utama yang diukur
<i>Stature/</i> Tinggi badan	kepala, tulang belakang, tulang punggung, dan kaki	tulang
Berat badan	seluruh tubuh	seluruh jaringan, khususnya lemak, otot, tulang dan air
Lingkar lengan	lemak bawah kulit	otot (secara teknik lebih sedikit digunakan di negara maju)
	otot, tulang	lemak (lebih sering digunakan secara teknik di negara maju)
Lipatan lemak	lemak bawah kulit, kulit	lemak

Antropometri adalah pengukuran yang paling sering digunakan sebagai metode Pemantauan Status Gizi (PSG) secara langsung untuk menilai dua masalah gizi, yaitu:

- a. Kurang energi protein (KEP)
- b. Obesitas pada semua kelompok umur.

### 2.9.3.2 Indeks Antropometri

Antropometri sebagai indikator status gizi dapat dilakukan dengan mengukur beberapa parameter, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Umur

Faktor umur sangat penting dalam penentuan status gizi. Kesalahan penentuan umur akan menyebabkan interpretasi status gizi menjadi salah. Hasil pengukuran tinggi badan dan berat badan yang akurat, menjadi tidak berarti bila tidak disertai dengan penentuan umur yang tepat.

b. Berat badan.

Berat badan adalah pengukuran antropometri yang paling sering digunakan walaupun sering terjadi kesalahan dalam pengukuran. Berat badan mencerminkan jumlah protein, lemak, air, dan massa mineral tulang. Pada orang dewasa terdapat peningkatan jumlah lemak sehubungan dengan umur dan terjadi penurunan protein otot. Berat badan sewaktu lahir dapat digunakan sebagai indikator status gizi bayi dengan *cut off point* < 2.500 gram dikatakan sebagai bayi BBLR (Berat Badan Lahir Rendah). Untuk menilai status gizi biasanya berat badan dihubungkan dengan pengukuran lain, seperti umur dan tinggi badan.

c. Panjang Badan atau Tinggi Badan

Pengukuran panjang badan dilakukan pada balita yang berumur kurang dari dua tahun atau kurang dari tiga tahun yang sukar untuk berdiri pada waktu pengumpulan data tinggi badan.

Pengukuran tinggi badan seseorang pada prinsipnya adalah mengukur jaringan tulang skeletal yang terdiri dari kaki, punggung, tulang belakang dan tulang tengkorak. Penilaian status gizi pada umumnya hanya mengukur total tinggi/panjang yang diukur secara rutin. Tinggi badan yang dihubungkan dengan umur dapat digunakan sebagai indikator status gizi masa lalu.

Pengertian indeks antropometri adalah pengukuran dari beberapa parameter. Indeks antropometri bisa merupakan rasio dari satu pengukuran terhadap satu atau lebih pengukuran lain atau yang dihubungkan dengan umur.

Beberapa indeks antropometri yang sering digunakan yaitu Berat Badan menurut Umur (BB/U), Tinggi Badan menurut Umur (TB/U), dan Berat Badan menurut Tinggi Badan (BB/TB).

Menurut Kementerian Kesehatan RI (2011), kategori dan ambang batas status gizi anak adalah sebagaimana terdapat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Kategori dan Ambang Batas Status Gizi Anak Berdasarkan Indeks

Indeks	Kategori Status Gizi	Ambang Batas (Z-score)
Berat Badan menurut Umur (BB/U) Anak umur 0-60 bulan	Gizi buruk	< -3 SD
	Gizi kurang	-3 SD s/d < -2 SD
	Gizi baik	-2 SD s/d 2 SD
	Gizi lebih	> 2 SD
Panjang Badan menurut Umur (PB/U) atau Tinggi Badan menurut Umur (TB/U) Anak umur 0-60 bulan	Sangat pendek	< -3 SD
	Pendek	-3 s/d < -2 SD
	Normal	-2 SD s/d 2 SD
	Tinggi	> 2 SD
Berat Badan menurut Panjang Badan (BB/PB) atau Berat Badan menurut Tinggi Badan (BB/TB) Anak umur 0-60 bulan	Sangat kurus	< -3 SD
	Kurus	-3 SD s/d < -2 SD
	Normal	-2 SD s/d 2 SD
	Gemuk	> 2 SD
Indeks Massa Tubuh menurut Umur (IMT/U) Anak umur 0-60 bulan	Sangat kurus	< -3 SD
	Kurus	-3 SD s/d < -2 SD
	Normal	-2 SD s/d 2 SD
	Gemuk	> 2 SD
Indeks Massa Tubuh menurut Umur (IMT/U) Anak umur 5-18 tahun	Sangat kurus	< -3 SD
	Kurus	-3 SD s/d < -2 SD
	Normal	-2 SD s/d 1 SD
	Gemuk	> 1 SD s/d 2 SD
	Obesitas	> 2 SD

Oleh karena kajian dalam penelitian ini adalah tentang gizi kurang, menurut Kementerian Kesehatan RI (2011), gizi kurang dan gizi buruk adalah status gizi yang didasarkan pada indeks Berat Badan menurut Umur (BB/U) yang merupakan padanan istilah *underweight* (gizi kurang) dan *severely underweight* (gizi buruk).

Jadi dalam penelitian ini, indeks antropometri yang digunakan adalah Berat Badan menurut Umur (BB/U).

Berat badan adalah salah satu parameter yang memberikan gambaran massa tubuh. Massa tubuh sangat sensitif terhadap perubahan-perubahan yang mendadak, misalnya karena terserang penyakit infeksi, menurunnya nafsu makan atau menurunnya jumlah makanan yang dikonsumsi. Berat badan adalah parameter antropometri yang sangat labil.

Dalam keadaan normal, dimana keadaan kesehatan baik dan keseimbangan antara konsumsi dan kebutuhan zat gizi terjamin, maka berat badan berkembang mengikuti pertambahan umur. Sebaliknya dalam keadaan yang abnormal, terdapat dua kemungkinan perkembangan berat badan, yaitu dapat berkembang cepat atau lebih lambat dari keadaan normal. Berdasarkan karakteristik berat badan ini, maka indeks berat badan menurut umur digunakan sebagai salah satu cara pengukuran status gizi.

### **2.9.3.3 Baku Acuan**

Ada dua jenis baku acuan, yaitu lokal dan internasional. Untuk acuan lokal, digunakan Standar Antropometri Penilaian Status Gizi Anak yang merupakan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor:1995/MENKES/SK/XII/2010. Sedangkan acuan internasional diantaranya seperti *tanner*, *Harvard*, NCHS. Indonesia menggunakan baku acuan internasional WHO NCHS. WHO telah menganjurkan pemakaian NCHS di dunia.

### **2.9.3.4 Contoh Penilaian Gizi dengan Z-skor**

Rumus perhitungan Z-skor adalah

$$Z\text{-skor} = \frac{\text{Nilai individu subyek} - \text{Nilai median baku rujukan}}{\text{Nilai simpang baku rujukan}} \quad (2.31)$$

Gizi Indonesia Vol. XV No. 2 tahun 1990, memberi contoh perhitungan Z-skor sebagai berikut.

Seorang anak laki-laki berumur 36 bulan dengan tinggi badan 96 cm dan berat badan 15,2 kg, dan seorang anak laki-laki umur 10 bulan dengan panjang badan 75 cm dan berat badan 5,8 kg. Distribusi simpang baku untuk indeks Berat Badan menurut Umur (BB/U) untuk kedua anak tersebut masing-masing sebagai berikut:

Tabel 2.3 Indeks Berat Badan menurut Umur (BB/U) pada Contoh Perhitungan

Umur	Simpang baku						
	-3 SD	-2 SD	-1 SD	Median	+1 SD	+2 SD	+3 SD
Anak pertama (36 bulan)	9,8	14,4	13,0	14,6	16,4	18,3	20,1
Anak kedua (10 bulan)	6,6	7,6	8,6	9,5	10,6	11,7	12,7

Untuk anak pertama, nilai Z-skor =  $\frac{15,2-14,6}{16,4-14,6} = \frac{0,6}{1,8} = 0,3$ .

Untuk anak kedua, nilai Z-skor =  $\frac{5,8-9,5}{9,5-8,6} = \frac{-3,7}{0,9} = -4,1$ .

Berdasarkan tabel 2.2, penilaian untuk status gizi anak pertama adalah gizi baik karena nilai simpang baku antara -2 SD sampai dengan 2 SD. Sedangkan untuk anak kedua, karena nilai simpang baku < -3 SD maka anak tersebut menderita gizi buruk.

#### 2.9.4 Gizi Kurang

Masalah gizi di Indonesia yang terbanyak meliputi gizi kurang atau yang mencakup susunan hidangan yang tidak seimbang maupun konsumsi keseluruhan yang tidak mencukupi kebutuhan badan. Anak balita (1-5 tahun) merupakan

kelompok umur yang paling sering menderita akibat kekurangan gizi (KEP) atau termasuk salah satu kelompok masyarakat yang rentan gizi (Ahmad Djaeni, 2000).

Kekurangan gizi adalah suatu keadaan yang diakibatkan oleh kurangnya asupan zat gizi dari makanan sehingga berdampak pada timbulnya masalah kesehatan. Sekarang telah diketahui bahwa gejala klinis gizi kurang adalah akibat ketidakseimbangan yang lama antara manusia dan lingkungan hidupnya. Lingkungan hidup ini mencakup lingkungan alam, biologis, sosial budaya, maupun ekonomi. Masing-masing faktor tersebut mempunyai peran yang kompleks dan berperan penting dalam etiologi penyakit gizi kurang (Soegeng dan Anne, 2009).

## **2.9.5 Faktor-Faktor yang Menyebabkan Gizi Kurang pada Balita**

### **2.9.5.1 Faktor Karakteristik Ibu**

Status gizi yang dipengaruhi oleh masukan zat gizi secara tidak langsung dipengaruhi oleh beberapa faktor. Diantaranya adalah karakteristik keluarga. Karakteristik keluarga khususnya ibu berhubungan dengan tumbuh kembang anak. Ibu sebagai orang yang terdekat dengan lingkungan asuhan anak ikut berperan dalam proses tumbuh kembang anak melalui zat gizi makanan yang diberikan. Karakteristik ibu ikut menentukan keadaan gizi anak.

#### **2.9.5.1.1 Umur Ibu**

Menurut Unicef (2002), kehamilan di bawah umur 20 tahun merupakan kehamilan berisiko tinggi. Angka kesakitan dan kematian ibu demikian pula bayi, 2-4 kali lebih tinggi dibandingkan dengan kehamilan pada wanita yang telah cukup umur.

Menurut Depkes RI (1995), masa reproduksi wanita pada dasarnya dibagi dalam 3 periode yaitu kurun reproduksi muda (15-19 tahun), kurun reproduksi sehat (20-35 tahun), kurun reproduksi tua (36-45 tahun). Pembagian ini didasarkan atas data epidemiologi bahwa risiko kehamilan rendah pada kurun reproduksi sehat dan meningkat lagi secara tajam pada kurun reproduksi tua.

Menurut Unicef (2002), hingga saat ini masih banyak perempuan yang menikah pada usia di bawah 20 tahun. Secara fisik dan mental mereka belum siap untuk hamil dan melahirkan. Hal ini karena rahimnya belum siap untuk menerima kehamilan dan ibu muda tersebut belum siap untuk merawat, mengasuh serta membesarkan bayinya. Bayi yang lahir dari seorang ibu muda kemungkinan lahir belum cukup bulan, berat badan lahir rendah dan mudah meninggal sebelum bayinya berusia 1 tahun. Sebaliknya perempuan yang umurnya di atas 35 tahun akan lebih sering menghadapi kesulitan selama kehamilan dan pada saat melahirkan serta akan mempengaruhi kelangsungan hidup bayinya.

Menurut Unicef (2002), perempuan yang menikah pada usia muda perlu menunda kehamilan sampai usia 20 tahun dengan menggunakan alat kontrasepsi yang sesuai dengan pelatihan dan tidak mengganggu kesehatannya. Sedangkan perempuan yang berusia di atas 35 tahun sebaiknya tidak melahirkan lagi dan dapat diatur dengan menggunakan alat kontrasepsi yang permanen.

#### 2.9.5.1.2 Pekerjaan Ibu

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) pekerjaan adalah mata pencaharian, apa yang dijadikan pokok kehidupan, sesuatu yang dilakukan untuk mendapatkan nafkah. Lamanya seseorang bekerja sehari-hari pada umumnya 6-8

jam, sisa 16-18 jam dipergunakan untuk kehidupan dalam keluarga, masyarakat, istirahat, tidur, dan lain-lain. Dalam seminggu, seseorang biasanya dapat bekerja dengan baik selama 40-50 jam. Ini dapat dibuat 5-6 hari kerja dalam seminggu, sesuai dengan Pasal 12 ayat 1 Undang-Undang Tenaga Kerja No. 14 Tahun 1969.

Menurut Sri Mulyati (1990), bertambah luasnya lapangan kerja, semakin mendorong banyaknya kaum wanita yang bekerja terutama di sektor swasta. Di satu sisi hal ini berdampak positif bagi pertambahan pendapatan, namun di sisi lain berdampak negatif terhadap pembinaan dan pemeliharaan anak. Perhatian terhadap pemberian makan pada anak yang kurang, dapat menyebabkan anak menderita kurang gizi, yang selanjutnya berpengaruh buruk terhadap tumbuh kembang anak dan perkembangan otak mereka.

Menurut Ahmad Djaeni (2000), beban kerja yang berat pada ibu yang melakukan peran ganda dan beragam akan dapat mempengaruhi status kesehatan ibu dan status gizi anak balitanya. Yang pada dasarnya hal ini dapat dikurangi dengan merubah pembagian kerja dalam rumah tangga. Anak balita merupakan kelompok umur yang paling sering terkena KEP. Seberapa kondisi yang merugikan penyediaan makanan bagi kebutuhan balita ini, anak balita masih dalam periode transisi (adaptasi) dari makanan bayi ke orang dewasa. Anak balita masih belum dapat mengurus diri dengan baik dan belum dapat berusaha mendapatkan sendiri apa yang diperlukan untuk makannya.

Menurut Karyadi D (1983), salah satu dampak negatif yang dikhawatirkan timbul sebagai akibat dari keikutsertaan ibu-ibu pada kegiatan di luar rumah adalah keterlantaran anak terutama anak balita. Padahal masa depan kesehatan anak

dipengaruhi oleh pengasuhan dan keadaan gizi sejak usia bayi sampai anak berusia lima tahun yang merupakan usia penting, karena pada umur tersebut anak belum dapat melayani kebutuhan sendiri dan bergantung pada pengasuhnya.

#### 2.9.5.1.3 Tingkat Pendidikan Ibu

Pendidikan dapat mempengaruhi seseorang dalam kesehatan terutama pada pola asuh anak, alokasi sumber zat gizi serta utilisasi informasi lainnya. Menurut Herman (1990), rendahnya tingkat pendidikan ibu menyebabkan berbagai keterbatasan dalam menangani masalah gizi dan keluarga serta anak balitanya.

Menurut Depkes RI (1990) pendidikan ibu merupakan modal utama dalam menunjang ekonomi keluarga, juga berperan dalam penyusunan makan keluarga, serta pengasuhan dan perawatan anak. Bagi keluarga dengan tingkat pendidikan yang tinggi akan lebih mudah menerima informasi kesehatan khususnya di bidang gizi, sehingga dapat menambah pengetahuannya dan mampu menerapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Tingkat pendidikan yang dimiliki wanita bukan hanya bermanfaat bagi penambahan pengetahuan dan peningkatan kesempatan kerja yang dimilikinya, tetapi juga merupakan bekal atau sumbangan dalam upaya memenuhi kebutuhan dirinya serta mereka yang tergantung padanya. Wanita dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung lebih baik taraf kesehatannya. Peran organisasi wanita seperti PKK untuk menjangkau kelompok wanita yang lebih dalam peningkatan kesejahteraan termasuk taraf gizi dan kesehatan yang cukup menjanjikan.

### **2.9.5.2 Jarak Kelahiran**

Menurut Azrul Azwar (2004) agar ibu dapat meluangkan lebih banyak waktu bersama anak pada tahun-tahun awal kehidupan, maka dapat dilakukan dengan mengatur jarak kelahiran. Jarak kelahiran optimal (OBSI) berkisar antara 3 tahun sampai dengan 5 tahun. Hasil penelitian terbaru menunjukkan bahwa pasangan yang mengatur jarak kelahiran anak antara tiga sampai lima tahun akan memperbesar kesempatan hidup bagi anak dan ibunya. Lebih jauh lagi, penelitian tersebut menunjukkan tingkat kesehatan dan kelangsungan hidup bayi dan ibu lebih baik. Anak-anak yang lahir dengan jarak kelahiran 3 sampai 5 tahun, memiliki tingkat kelangsungan hidup 2,5 kali lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang lahir dengan jarak kelahiran kurang dari 2 tahun.

### **2.9.5.3 Tingkat Pendapatan Keluarga**

Pendapatan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap status gizi. Pendapatan seseorang berpengaruh terhadap kemampuan orang tersebut dalam memenuhi kebutuhan makanan sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan oleh tubuh (Notoatmodjo, 2005). Hal ini menyangkut daya beli keluarga untuk memenuhi kebutuhan konsumsi makan. Pola asuh gizi merupakan praktek rumah tangga yang diwujudkan dengan tersedianya pangan dan perawatan kesehatan serta sumber lainnya untuk kelangsungan hidup, pertumbuhan dan perkembangan anak.

Menurut Notoatmodjo (2005), status sosial ekonomi adalah ukuran gabungan dari posisi ekonomi dan sosial individu atau keluarga yang relatif terhadap orang lain, berdasarkan dari pendapatan, pendidikan, dan pekerjaan. Keadaan sosial ekonomi merupakan aspek sosial budaya yang sangat

mempengaruhi status kesehatan dan juga berpengaruh pada pola penyakit, seperti malnutrisi atau gizi kurang yang lebih banyak ditemukan di kalangan yang berstatus ekonominya rendah.

Pendapatan keluarga dalam rangka meningkatkan status gizi anak balita merupakan faktor penting. Sajogyo (94: 1), mengatakan bahwa keluarga yang tergolong mampu pada masa-masa tertentu sering mengalami kurang pangan. Hal ini menyangkut peluang dalam mencari nafkah pangan dari segolongan keluarga mungkin berasal dari usaha tani dan hasil tanaman sendiri, dari tetangga, saudara, atau di beli dari warung, toko atau pasar. Rendahnya pendapatan itu disebabkan menganggur atau susahny memperoleh lapangan pekerjaan tetap yang diinginkan, selain itu juga di pengaruhi oleh banyaknya keluarga.

Rendahnya pendapatan merupakan rintangan lain yang menyebabkan orang tidak mampu membeli pangan dalam jumlah yang diperlukan. Sehingga tinggi rendahnya pendapatan sangat mempengaruhi daya beli keluarga terhadap bahan pangan yang akhirnya berpengaruh terhadap status gizi seseorang terutama anak balita karena pada masa itu diperlukan banyak zat gizi untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

## BAB 5

### PENUTUP

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan rumusan masalah, dapat disimpulkan bahwa:

4. Model persamaan regresi *cox proportional hazard* untuk data ketahanan gizi Desa Kawengen Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang dengan program Stata adalah

$$h_i(t|X) = h_0(t) \exp\{(-0,3331u(1) - 0,6272u(2) + 0,0156pr(1) + 0,5994pr(2) - 0,4894pr(3) - 0,7278pd(1) - 2,2281pd(2) - 0,6193j(1) - 1,2659j(2) - 0,9289pn(1) - 1,6301pn(2))\}$$

5. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kekurangan gizi pada balita secara signifikan pada data ketahanan gizi dalam penelitian ini adalah tingkat pendidikan ibu dan tingkat pendapatan keluarga, terlihat pada nilai signifikansi dari kategori pendidikan(2) atau balita dengan ibu yang pendidikan terakhirnya SMA dengan nilai signifikansi 0,046 dan penghasilan(2) atau balita dengan keluarga yang berpenghasilan antara Rp2.000.000,00 sampai Rp3.000.000,00 dengan nilai signifikansi 0,046.
6. Semakin tinggi tingkat pendidikan ibu maka semakin kecil peluang balita mengalami gizi kurang sampai waktu 60 bulan dan semakin tinggi tingkat pendapatan keluarga maka semakin kecil pula peluang balita mengalami gizi kurang sampai waktu 60 bulan, serta semakin tinggi tingkat pendidikan ibu

maka semakin besar peluang balita berstatus gizi baik lebih dari 60 bulan dan semakin tinggi tingkat pendapatan keluarga maka semakin besar pula peluang balita berstatus gizi baik lebih dari 60 bulan.

## 5.2 Saran

Dalam penelitian ini tentunya terdapat kekurangan, oleh karena itu saran untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian tentang regresi *cox proportional hazard* dalam penelitian ini menggunakan program Stata. Diharapkan ada pengembangan dengan program lain.
2. Dalam penelitian ini, pengujian asumsi *proportional hazard* menggunakan residual *schoenfeld*. Dalam pengembangannya, diharapkan dapat melakukan pengujian asumsi *proportional hazard* dengan residual yang lain seperti residual *Martingale*, residual *Deviance*, residual *Cox-Snell* dan residual *Score*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Armitage, P. 1973. *Statistical Methods in Medical Research*. New York: John Wiley and Sons.
- Asmoro, S. S. 1995. *Analisis Ketahanan dalam Metode Penelitian Klinis*. Jakarta: Binarupa.
- Azwar, Azrul. 2004. Optimum Birth Spacing Interval (Jarak Kelahiran Optimal). *Buku Panduan OBSI bagi Petugas Kesehatan dan Pemuka Masyarakat*. Jakarta: Depkes, BKKBN.
- Clark, TG., Bradburn, MJ., Love, SB., Altman, DG. 2003. Survival Analysis Part I: Basic concepts and first analyses. *British Journal of Cancer*, 89:232–238.
- Collet, D. 1994. *Modelling Survival Data in Medical Research*. Taylor and Francis.
- Collet, D. 2003. *Modelling Survival Data in Medical Research*. CRC Press.
- Collet, David. 2004. *Modelling Survival Data in Medical Research*. 2<sup>nd</sup>. ed. Chapman & Hall/CRC.
- Dahlan, Sopiudin. 2013. *Analisis Survival: Dasar-Dasar Teori dan Aplikasi Program Stata*. Jakarta: Sagung Seto.
- Depkes RI. 1990. *Pedoman Tenaga Gizi Puskesmas*. Jakarta: Depkes RI.
- Depkes RI. 1995. *Pedoman Pelayanan Antenar di Tingkat Pelayanan Dasar*. Jakarta: Depkes RI.
- Depkes Kab. Semarang, 2013. *Profil Kesehatan Kabupaten Semarang 2013*. Kabupaten Semarang: Departemen Kesehatan Kab. Semarang.
- Dinkes Prov. Jateng, 2013. *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah 2013*. Semarang: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah.
- Djaeni, Achmad. 2000. *Ilmu Gizi untuk Mahasiswa dan Profesi Jilid I*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Gibson, R. 1990. *Principle of Nutrition Assessment*. New York: Oxford University Press.
- Herman, Susilowati. 1990. *Penelitian Gizi dan Makanan*. Bogor: Puslitbang.
- Himawan, Arif W. 2006. *Hubungan Antara Karakteristik Ibu dengan Status Gizi Balita di Kelurahan Sekaran Kecamatan Gunungpati Semarang*. Skripsi. Semarang: IKM Universitas Negeri Semarang.

- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & May, S. 2008. *Applied Survival Analysis: Regression Modelling of Time to Event Data*. New Jersey: John Wiley.
- JIPG. 2005. *Gizi Baik Modal Kehidupan Manusia*. Jaringan Informasi Pangan dan Gizi, XII(2). Jakarta: Direktorat Gizi Masyarakat.
- Johnson, R. C. E. & Johnson, M. L. 1980. *Survival Models and Data Analysis*. New York: John Willey & Sons.
- Karyadi, D. 1983. *Peranan Gizi dalam Pembangunan Nasional*. Bogor: IPB.
- Kemenkes RI. 2011. *Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1995/MENKES/SK/XII/2010 tentang Standar Antropometri Penilaian Status Gizi Anak*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Gizi dan Kesehatan Ibu dan Anak.
- Kleinbaum D. C. 1996. *Survival Analysis: A Self Learning Text*. New York: Springer-Verlag.
- Kleinbaum, D. C. & Klein, M. 2011. *Survival Analysis*. New York: Springer.
- Kuzma, J.W. 1984. *Basic Statistics for The Health Sciences*. California: Mayfield Publishing Company.
- Lee, E. T. 1992. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Lee, Elisa T. & Wang, John Wenyu. 2003. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*. 3<sup>rd</sup>. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Miller, R. G. 1981. *Survival Analysis*. Canada: John Willey & Sons. Inc. Waterloo.
- Mulyati, Sri. 1990. *Penelitian Gizi dan Makanan*. Bogor: Puslitbang.
- Murti, B. 1997. *Prinsip dan metode riset epidemiologi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Notoatmodjo. 2005. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Perrigot, R., G. Cliquet, & M. Mesbah. 2004. Possible Applications of Survival Analysis in Franchising Research. *Int. Rev. Of Retail, Distribution and Consumer Research*, 14(1):129-143.
- Ribka, Lani dkk. 2015. Hubungan Jarak Kelahiran dan Jumlah Anak dengan Status Gizi Balita di Puskesmas KAO Kecamatan KAO Kabupaten Halmahera Utara. *E-Journal Keperawatan*, 3(1):5-6.
- Sajogyo dan Goenardi. 1994. *Gizi Baik yang Merata di Pedesaan dan di Kota*. Bogor: Gajah Mada University Press.
- Soegeng dan Anne. 2009. *Kesehatan dan Gizi*. Jakarta: PT Rineka Cipta.

- Supariasa, I. D. N, B. Bakri dan I. Fajar. 2001. *Penilaian Status Gizi*. Jakarta: EGC.
- Tableman, Mara. 2008. *Survival Analysis Using S/R\**. Portland: Portland State University.
- Turnip, Frisda. 2008. *Pengaruh Positive Deviance dari Ibu Keluarga Miskin terhadap Status Gizi Anak Usia 12-24 Bulan di Kecamatan Sikadang Kabupaten Dairi Tahun 2007*. Tesis. Medan: FKM USU.
- Unicef. 2002. *Pedoman Hidup Sehat*. Jakarta: Unicef.

