FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI LAMA STUDI MAHASISWA MENGGUNAKAN ANALISIS SURVIVAL (Studi Kasus pada Mahasiswa Program Sarjana FMIPA Universitas Brawijaya)

SKRIPSI

oleh :

VARADILA AMALIA
145090507111027

PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI LAMA STUDI MAHASISWA MENGGUNAKAN ANALISIS SURVIVAL (Studi Kasus pada Mahasiswa Program Sarjana FMIPA Universitas Brawijaya)

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Statistika

oleh :

VARADILA AMALIA
145090507111027

PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI LAMA STUDI MAHASISWA MENGGUNAKAN ANALISIS SURVIVAL (Studi Kasus pada Mahasiswa Program Sarjana FMIPA Universitas Brawijaya)

oleh :
VARADILA AMALIA
145090507111027

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 17 Juli 2018
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Statistika

Dosen Pembimbing

Dr. Umu Sa'adah, M.Si.
NIP. 196807252002122001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc., Ph.D
NIP. 197603281999032001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	**:**	**Varadila Amalia**
NIM	**:**	**145090507111027**
Jurusan	**:**	**Statistika**
Judul Skripsi	**:**	**FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI LAMA STUDI MAHASISWA MENGGUNAKAN ANALISIS SURVIVAL (Studi Kasus pada Mahasiswa Program Sarjana FMIPA Universitas Brawijaya)**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. **Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi.**
2. **Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala risiko yang akan saya terima.**

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 17 Juli 2018
Yang menyatakan,

Varadila Amalia
145090507111027

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI LAMA STUDI MAHASISWA MENGGUNAKAN ANALISIS SURVIVAL (Studi Kasus pada Mahasiswa Program Sarjana FMIPA Universitas Brawijaya)

ABSTRAK

Lama studi mahasiswa dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah Indeks Prestasi Kumulatif (IPK), jenis kelamin, jurusan, jalur masuk universitas, prioritas memilih jurusan, beasiswa, kerja *part time*, organisasi dan asal daerah. Faktor-faktor tersebut diduga berpengaruh terhadap kemampuan seorang mahasiswa S1 (dalam kasus ini adalah mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya) dapat menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun (delapan semester). Oleh karena itu, peneliti tertarik melakukan penelitian untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan tahun 2013 dengan menggunakan analisis *survival*. Salah satu metode semiparametrik yang digunakan untuk menganalisis data *survival* adalah regresi *Cox*. Asumsi yang dibutuhkan hanya *proportional hazard*. Apabila asumsi tersebut tidak terpenuhi dalam memodelkan regresi *Cox* dapat diatasi dengan model *Cox* stratifikasi. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa lama studi mahasiswa dipengaruhi oleh jenis kelamin, Jurusan, IPK dan Beasiswa.

Kata kunci : Lama Studi Mahasiswa, Model *Cox* Stratifikasi

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

INFLUENCING FACTORS OF COLLEGE STUDENTS' STUDYING SPAN USING SURVIVAL ANALYSIS (Case Study in College Students of Mathematics and Science Undergraduate Program in Universitas Brawijaya)

ABSTRACT

College students' studying span is influenced by many factors, those are GPA, sex, major, admission track, majors priority, scholarships, part-time job, organization and students' former place. Those factors could influence the ability of students to complete their degree within or more than 4 years (8 terms). The subject's of this research is students of the academic year 2013 in Mathematics and Science Faculty of Universitas Brawijaya. The analysis used in this research is survival analysis with a semiparametric method, that is Cox Regression. This analysis requires the proportional hazard assumption. If that assumption is not met in Cox Regression modeling, it can be solved by Stratified Cox model. This research shows that the college students' studying span is influenced by sex, majors, GPA, and Scholarship.

Keywords: College students' studying span, Stratified Cox Model

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan berkah, rahmat dan hidayah sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Selama penyusunan Skripsi, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Umu Sa'adah, M.Si Dosen Pembimbing Skripsi atas bimbingan, motivasi dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis untuk tetap semangat menyelesaikan Skripsi.
2. Ibu Prof.Dr.Ir.Ni Wayan SW,MS Dosen Penguji I atas saran dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Adji Achmad RF, S.Si., M.Sc Dosen Penguji II atas saran dan nasihat yang telah diberikan kepada penulis.
4. Ibu Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA Universitas Brawijaya.
5. Mama, Bapak, Dendy, Zaky dan Keluarga Besar yang senantiasa memberikan cinta, kasih sayang, doa, dukungan dan semangat yang tiada henti kepada penulis.
6. Teman-teman Statistika Universitas Brawijaya angkatan 2014 yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis.
7. Candy, Dina, Kartika dan Rahman yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
8. Keluarga Besar HIMAMASTA UB, yang telah memberikan pengalaman dan motivasi dalam menulis skripsi.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun karena penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini belum sempurna. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

Malang, Juli 2018

Penulis

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL x
DAFTAR LAMPIRAN xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian. 4
1.5 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Survival 5
2.2 Data Tersensor 5
2.3 Fungsi *Survival* 7
2.4 Fungsi *Hazard* 8
2.5 Model Regresi *Cox* 9
2.6 Asumsi *Proportional Hazard* 10
2.7 Model *Cox* Stratifikasi 12
2.8 Pendugaan Parameter Regresi *Cox* 12
2.9 Pengujian Hipotesis Regresi *Cox* 14
2.10 *Akaike Information Criteration* 15
2.11 Pengujian Kesesuaian Model 15
2.12 Hazard *Ratio* (HR) 16
2.13 Pedoman Akademik 16

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Data 19
3.2 Uji *Log Rank* 19
3.3 Variabel 21
3.4 Penarikan Sampel 23
3.5 Langkah-langkah Penelitian 25
3.6 Diagram Alir 27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Statistika Deskriptif 29
4.2 Pemeriksaan Asumsi *Proportional Hazard* 29
4.3 Hasil Pendugaan Parameter dan Regresi *Cox* Stratifikasi 32
4.4 Hasil Pendugaan Parameter Regresi *Cox* 36
4.5 Pemilihan Model Terbaik 40
4.6 Interpretasi Regresi Cox Stratifikasi 41
4.7 Hasil Pengujian Kesesuaian Model 43
4.8 Nilai *Hazard Ratio* dan interpretasinya 43

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 47
5.2 Saran 47

DAFTAR PUSTAKA 49
LAMPIRAN 51

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Kurva Fungsi *Survival* 8
Gambar 2.2 Kurva Fungsi *Hazard* 8
Gambar 3.1 Plot *Log Minus Log* Variabel JRS 19
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 27
Gambar 4.1 Plot *Log Minus Log* Seluruh Variabel. 30
Gambar 4.2 Plot *Cox-Snell Residuals*. 43

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Uji Log Rank Pada Masing-masing Kategori JRS. 20
Tabel 3.2 Penelitian-penelitian Sebelumnya 22
Tabel 3.3 Populasi dan Sampel Obyek Penelitian 25
Tabel 4.1 *Schoenfeld Residual* 31
Tabel 4.2 Pendugaan Parameter β untuk Variabel JK, JRS, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN yang Distratifikasi dengan Variabel JM. 32
Tabel 4.3 Pendugaan Parameter β Eliminasi *Backward* 1. 33
Tabel 4.4 Pendugaan Parameter β Eliminasi *Backward* 2. 34
Tabel 4.5 Pendugaan Parameter β Eliminasi *Backward* 3. 34
Tabel 4.6 Pendugaan Parameter β Eliminasi *Backward* 4. 35
Tabel 4.7 Pendugaan Parameter β Eliminasi *Backward* 5. 35
Tabel 4.8 Pendugaan Parameter β untuk Variabel JK, JRS, JM, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN 36
Tabel 4.9 Pendugaan Parameter β Regresi Cox *Backward* 1..... 37
Tabel 4.10 Pendugaan Parameter β Regresi Cox *Backward* 2..... 38
Tabel 4.11 Pendugaan Parameter β Regresi Cox *Backward* 3..... 38
Tabel 4.12 Pendugaan Parameter β Regresi Cox *Backward* 4..... 39
Tabel 4.13 Pendugaan Parameter β Regresi Cox *Backward* 5..... 39
Tabel 4.14 Pendugaan Parameter β Regresi Cox *Backward* 6..... 40
Tabel 4.15 Nilai AIC untuk Masing-masing Model..... 41

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Angket Penelitian..... 51
Lampiran 2. Data Penelitian..... 54
Lampiran 3. Pemeriksaan Asumsi *Proportional Hazard* 56
Lampiran 4. Pendugaan Parameter β 58
Lampiran 5. Uji Log Rank Pada Variabel JRS..... 65
Lampiran 6. Pemillihan Model Terbaik 68
Lampiran 7. Pemeriksaan Kesesuaian Model 69
Lampiran 8. *Hazard Baseline* 70
Lampiran 8. *Syntax R* 71

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Analisis kelangsungan hidup *(survival*) merupakan penelitian daya tahan hidup suatu unit atau individu pada suatu keadaan tertentu. Analisis *survival* seringkali digunakan dalam bidang teknik, sains dan biomedis. Analisis *survival* mencakup berbagai teknik statistika yang berguna untuk menganalisis berbagai macam variabel acak. Variabel acak pada analisis *survival* berupa waktu *survival* (*survival time*) atau waktu kegagalan (*failure time*).

Beberapa metode analisis tersedia untuk mendapatkan informasi dari data *suvival*. Ada tiga macam pendekatan yaitu nonparametrik, parametrik dan semiparametrik. Metode nonparametrik misalnya dengan menggunakan estimasi Kaplan-Meier. Akan tetapi, hanya melihat waktu *survival* tanpa mengakomodir keberadaan informasi dari pengukuran lainnya. Sedangkan dalam metode parametrik dilakukan dengan cara menentukan sebaran atau distribusi empiris dari variabel acak T. Dalam ilmu statistika biasanya mengikuti distribusi antara lain distribusi Eksponensial, Lognormal dan Weibull. Jika distribusi data diketahui, maka kita dapat mengestimasi parameter. Salah satu metode semiparametrik yang digunakan untuk menganalisis data *survival* adalah regresi *Cox*. Asumsi yang dibutuhkan hanya *proportional hazard* yaitu bahwa fungsi *hazard* suatu individu terhadap fungsi *hazard* individu yang lain adalah proporsional (Guo, 2010). Apabila asumsi *proportional hazard* ini tidak terpenuhi dalam memodelkan regresi *Cox*, berarti komponen linier yang membentuk model dalam berbagai waktu tidak sesuai akibatnya pemodelan regresi *Cox* tidak tepat (Kleinbaum dan Klein, 2005). Dalam hal ini menggunakan model *stratified Cox* untuk mengatasi *non proportional hazard*.

Tujuan analisis *survival* digunakan untuk menjelaskan analisis data dalam bentuk waktu, dari awal waktu sampai terjadinya peristiwa sampai titik akhir (Collet, 2003). Dalam bidang medis, kejadian yang menjadi pusat perhatian dapat berhubungan dengan kesembuhan dari penyakit yang diderita oleh pasien, dapat juga

meninggalnya pasien karena suatu penyakit. Bidang non medis, kejadian yang menjadi pusat perhatian cenderung lebih beragam. Permasalahan di bidang non medis juga terjadi pada individu atau mahasiswa yang menempuh pendidikan di perguruan tinggi.

Perguruan tinggi merupakan jenjang pendidikan tertinggi dari semua tingkatan pendidikan. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang pendidikan Tinggi bahwa sebagaimana diketahui pendidikan nasional memiliki peran strategis dalam mencerdaskan kehidupan bangsa dan memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan memperhatikan dan menerapkan nilai kemanusiaan serta pembudayaan dan pemberdayaaan bangsa Indonesia yang berkelanjutan.

Universitas Brawijaya adalah salah satu perguruan tinggi di Indonesia yang memiliki lima belas fakultas. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) adalah salah satu fakultas yang ada di Universitas Brawijaya. FMIPA terdiri dari lima jurusan dengan tujuh program sarjana yaitu Matematika, Statistika, Bio*log*i, Fisika, Instrumentasi, Geofisika dan Kimia.

Menurut pedoman akademik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) mempunyai visi untuk menjadi institusi teladan dalam menyelenggarakan pendidikan sains dan matematika dengan standar internasional dan mendukung ilmu-ilmu terapan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Dengan misi yaitu menghasilkan lulusan MIPA yang berkualitas, berperan aktif dalam mengisi dan mengembangkan IPTEK, meningkatkan apresiasi masyarakat pada ke-MIPA-an dan mendukung perkembangan ilmu terapan di lingkungan Universitas Brawijaya. Upaya untuk mewujudkan visi dan misi tersebut perlu adanya kerja keras dan kesungguhan seluruh civitas akademik baik dari pihak mahasiswa, dosen maupun karyawan. Tingginya tingkat keberhasilan mahasiswa dan rendahnya tingkat kegagalan mahasiswa dapat mencerminkan kualitas dari suatu perguruan tinggi.

Perguruan Tinggi diselenggarakan untuk menyiapkan lulusan yang mempunyai kualitas dalam segi akademik maupun non-akademik dan memiliki inteligensi tinggi sehingga mampu bersaing di tingkat nasional dan internasional. Menurut buku pedoman akademik FMIPA Universitas Brawijaya, seorang mahasiswa dikatakan telah menyelesaikan studi jika beban studi sekurang-

kurangnya 144 (seratus empat puluh empat) sks sudah ditempuh dan lama studi tidak lebih dari empat tahun atau delapan semester. Lama studi mahasiswa dapat dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor-faktor yang mungkin memengaruhi kelulusan mahasiswa antara lain Indeks Prestasi Kumulatif (IPK), jenis kelamin, jurusan, jalur masuk universitas, prioritas memilih jurusan, menerima beasiswa, bekerja *part time*, keaktifan di organisasi, keaktifan di kepanitiaan dan asal daerah.

Dengan adanya faktor-faktor tersebut diduga terdapat pengaruh terhadap kemampuan seorang mahasiswa program sarjana (studi kasus pada mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya), dapat menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun. Oleh karena itu, peneliti tertarik melakukan penelitian untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan tahun 2013 dengan menggunakan analisis ketahanan hidup atau analisis *survival*.

Pada penelitian Hutahean (2014), telah dilakukan analisis *survival* berkaitan dengan lama studi mahasiswa. Dari sembilan variabel, yaitu Jenis Kelamin, Jurusan, IPK, Pekerjaan Orang Tua, Asal, Jalur Masuk Universitas, Beasiswa, Organisasi dan *Part Time*, hanya variabel Jurusan, Organisasi dan IPK yang berpengaruh terhadap lama studi mahasiswa di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang Mahasiswa Angkatan 2009. Pada kesempatan ini, peneliti ingin lebih memperluas banyaknya variabel yang digunakan. Maka dari itu, faktor-faktor yang memengaruhi diharapkan lebih beragam sebagai bentuk pertimbangan bagi mahasiswa maupun instansi yang bersangkutan. Serta ingin membedakan metode analisis yang digunakan untuk model regresi *Cox Proportional Hazards* pada penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan dalam masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah menentukan model lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan tahun 2013 menggunakan analisis *survival*?
2. Faktor apa saja yang memengaruhi lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan tahun 2013?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu *survival* lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan tahun 2013 dan faktor-faktor yang memengaruhi, yaitu Indeks Prestasi Kumulatif (IPK), jenis kelamin, jurusan, jalur masuk universitas, prioritas pilihan jurusan, beasiswa, *part time*, organisasi dan asal daerah.
2. Subjek penelitian yang tidak dapat menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun, terhitung dari dimulainya awal semester ganjil pada tanggal 9 September 2013 sampai dengan akhir semester delapan pada tanggal 25 Agustus 2017 didefinisikan sebagai pengamatan tersensor. Waktu mulai penelitian (*start point*) adalah waktu mahasiswa masuk kuliah pada awal semester, *event* pada penelitian ini adalah saat mahasiswa dinyatakan lulus ujian skripsi atau ujian komprehensif dan *end point* adalah waktu selesai penelitian.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Memodelkan lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan tahun 2013 dengan menggunakan analisis *survival*.
2. Mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan tahun 2013.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Peneliti
   Memperluas wawasan dalam mengaplikasikan bidang statistika khususnya analisis *survival* dalam bidang pendidikan.
2. Bagi Instansi
   Sebagai masukan bagi instansi dalam mengambil suatu kebijakan yang terkait dengan lama studi mahasiswa menyelesaikan pendidikan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis *Survival*

Analisis *survival* adalah suatu metode yang berhubungan dengan waktu, mulai dari *start point* sampai dengan terjadi suatu kejadian khusus atau *end point*. Data yang diperoleh dalam bidang kesehatan merupakan hasil pengamatan terhadap pasien yang diamati dan dicatat waktu terjadi kegagalan pada setiap individu (Collet, 2003).

Data *survival* merupakan data pengamatan jangka waktu dari awal pengamatan sampai terjadinya suatu peristiwa. Waktu *survival* dapat didefinisikan sebagai waktu dari awal pengamatan hingga terjadinya suatu kejadian khusus atau *end point*. Menurut Kleinbaum dan Klein (2005) analisis *survival* adalah kumpulan prosedur statistika untuk menganalisis data yang berasal dari peubah respon waktu (*time*) sampai terjadinya peristiwa (*event*).

Dalam menentukan waktu *survival*, terdapat tiga faktor yang dibutuhkan yaitu:

a. Waktu awal (*start-point*). Waktu yang dicatat ketika awal atau dimulainya penelitian.
b. Waktu akhir (*end-point*). Waktu yang dicatat ketika akhir penelitian yang digunakan untuk mengetahui status tersensor atau tidak dari suatu individu.
c. Satuan pengukuran waktu. Satuan pengukuran waktu sebagai batas dari waktu kejadian dari awal sampai akhir kejadian, misalnya skala tahunan, bulanan, mingguan, dan harian.

2.2 Data Tersensor

Data tersensor merupakan data yang tidak bisa diamati secara keseluruhan, karena adanya individu yang hilang ataupun dengan alasan lain, sehingga tidak dapat diambil datanya sampai akhir pengamatan. Dengan kata lain, pada akhir pengamatan individu tersebut belum mengalami peristiwa tertentu. Jika berada dalam keadaan sebaliknya maka data tersebut data tidak tersensor (Lee dan Wang, 2003). Menurut Collet (2003), apabila *failure time* atau *end point* terjadi selama periode waktu penelitian yang ditentukan, maka

observasi tersebut dikatakan tersensor. Beberapa peneliti menyatakan bahwa pengamatan *failure time* yang melampaui waktu yang telah ditentukan peneliti disebut sebagai pengamatan tersensor. Pada penelitian ini, pengamatan tersensor yaitu penyelesaian studi mahasiswa program sarjana yang melebihi waktu yang telah ditetapkan perguruan tinggi yaitu 4 tahun.

Menurut Kleinbaum dan Klein (2005) dalam analisis *survival* terdapat empat jenis penyensoran.

a. Sensor kanan (*right censoring*)
   Sensor kanan terjadi jika invididu pengamatan atau individu yang diamati masih tetap hidup pada saat waktu yang telah ditentukan. Dengan kata lain individu tersebut belum mengalami kejadian sampai akhir periode pengamatan, sedangkan waktu awal dari individu pengamatan dapat diamati secara penuh.
b. Sensor kiri (*left censoring*)
   Sensor kiri terjadi jika semua informasi yang diinginkan diketahui dari seseorang individu telah diperoleh pada awal pengamatan. Dengan kata lain pada saat waktu awal pengamatan individu tidak teramati pada awal pengamatan sementara kejadian dapat diamati secara penuh sebelum penelitian berakhir.
c. Sensor selang (*interval censoring*)
   Penyensoran terjadi jika informasi yang dibutuhkan telah dapat diketahui pada kejadian peristiwa di dalam selang pengamatan.
d. Sensor acak (*random censoring*)
   Penyensoran acak terjadi jika individu yang diamati meninggal atau mengalami kejadian karena sebab yang lain, bukan disebabkan dari tujuan utama penelitian.

Penyesoran di atas disebabkan oleh beberapa hal antara lain: (Kleinbaum dan Klein, 2005).

1. *Loss to follow up*, individu menghilang selama masa pengamatan terjadi apabila individu pindah atau menolak untuk berpartisipasi.
2. Individu tidak mengalami kejadian gagal (*failure event*) sebelum pengamatan berakhir.
3. Individu terpaksa dihentikan dari pengamatan karena bukan kejadian yang diamati atau disebabkan alasan lain.

2.3 Fungsi *Survival*

Fungsi *survival* $S(t)$ merupakan peluang dari individu bertahan lebih lama dari beberapa waktu tertentu *t* (Kleinbaum dan Klein, 2005), sehingga *S(t)* menyatakan peluang variabel acak *T* melewati waktu tertentu *t*. Secara teori, range *t* merupakan bilangan dari nol sampai tak hingga. Fungsi *survival* dapat dinyatakan dengan rumus:

$$S(t) = P(T > t) = 1 - F(t) \qquad (2.1)$$

di mana $F(t)$ merupakan fungsi peluang kumulatif. Fungsi kepekatan peluang adalah turunan fungsi kumulatif terhadap *t*:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{-dS(t)}{dt} = -S'(t) \qquad (2.2)$$

Persamaan (2.2) diperoleh dari:

$$\begin{aligned} f(t) = \frac{dF(t)}{dt} &= \lim_{\Delta t \to 0} \frac{F(t+\Delta t) - F(t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \to 0} \frac{P(t \le T \le t+\Delta t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \to 0} \frac{P(T \le t+\Delta t) - P(T \le t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \to 0} \frac{[1 - S(t+\Delta t)] - [1 - S(t)]}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \to 0} \frac{-[S(t+\Delta t)] + S(t)}{\Delta t} \\ &= \frac{-dS(t)}{dt} = -S'(t) \end{aligned}$$

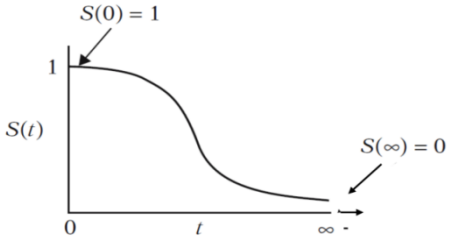
Fungsi *survival* juga dapat diperoleh dengan mengintegralkan fungsi kepadatan peluang dari t:

$$S(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(t)dt \qquad (2.3)$$

Menurut Kleinbaum dan Klein (2005), fungsi *survival* memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Tidak meningkat, kurva cenderung turun ketika *t* meningkat,
2. Untuk $t = 0$, $S(t) = 1$; adalah awal dari penelitian, karena tidak ada individu yang mengalami kejadian, peluang waktu *survival* 0 adalah 1,

3. Untuk $t = \infty$, $S(t) = 0$; secara teori, jika periode penelitian meningkat maka tidak ada satu pun yang bertahan, sehingga kurva *survival* mendekati nol.



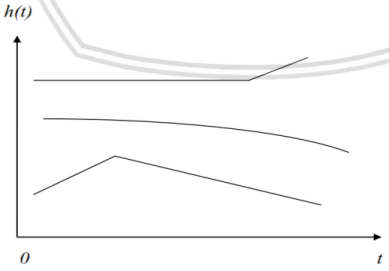
Gambar 2.1. Kurva Fungsi *Survival*

2.4 Fungsi *Hazard*

Fungsi *hazard* menyatakan kemampuan atau potensial sesaat per unit waktu untuk suatu kejadian yang dialami, yaitu waktu suatu individu telah bertahan hidup sampai waktu *t*. Berbeda dengan fungsi *survival* yang fokus pada terjadinya sebuah *event* atau kejadian, fungsi *hazard* fokus pada *event* atau kejadian yang tidak terjadi ketika pengamatan berlangsung. Sehingga dalam beberapa pemikiran, fungsi *hazard* dapat dianggap memberikan informasi yang berlawanan dengan fungsi *survival*.

Menurut Kleinbaum dan Klein (2005), kurva fungsi *hazard* memiliki karakteristik, yaitu:

1. Selalu non negatif, yaitu sama dengan atau lebih besar dari nol,
2. Tidak memiliki batas atas.



Gambar 2.2. Kurva Fungsi *Hazard*

Selain itu tujuan fungsi *hazard* dapat digunakan untuk:

1. Memberikan gambaran tentang *failure rate.*
2. Mengidentifikasi bentuk model yang spesifik.
3. Membuat model matematika untuk analisis *survival*.

Fungsi *hazard* dikenal juga dengan *hazard rate* yang dinotasikan dengan $h(t)$ adalah kelajuan suatu individu untuk mengalami kejadian dalam interval waktu dari *t* sampai t+Δt jika diketahui individu tersebut masih dapat bertahan hidup sampai dengan waktu *t*. Misalkan peluang variabel acak *T* berada antara *t* dan $t + \Delta t$ dengan syarat *T* lebih besar atau sama dengan *t*, maka dapat ditulis sebagai berikut:

$$P(t \leq T < t + \Delta t \mid T \geq t) \tag{2.4}$$

sehingga fungsi *hazard* adalah

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{\Delta t \to 0} \left\{ \frac{P(t \leq T < t + \Delta t \mid T \geq t)}{\Delta t} \right\} \\ &= \lim_{\Delta t \to 0} \left\{ \frac{P(t \leq T < t + \Delta t)}{P(T \geq t)\Delta t} \right\} \\ &= \lim_{\Delta t \to 0} \left\{ \frac{P(T < t+\Delta t) - P(T \leq t)}{P(T \geq t)\Delta t} \right\} \end{aligned} \tag{2.5}$$

atau persamaan (2.5) dapat juga ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{\Delta t \to 0} \left\{ \frac{F(t+\Delta t) - F(t)}{\Delta t} \right\} \frac{1}{S(t)} \\ h(t) &= \frac{f(t)}{S(t)} \end{aligned} \tag{2.6}$$

sehingga dari persamaan di atas diperoleh,

$$\begin{aligned} \int_0^t h(t)\, dt &= \int_0^t \frac{f(t)}{S(t)} dt \\ \int_0^t h(t)\, dt &= -\int_0^t \frac{S'(t)}{S(t)}\, dt \\ -\int_0^t h(t) dt &= logS(t)|_0^t \\ -\int_0^t h(t) dt &= logS(t) - \log S(0) \\ -\int_0^t h(t) dt &= logS(t) \\ S(t) &= exp\left[-\int_0^t h(t) dt \right] \end{aligned} \tag{2.7}$$

2.5 Model Regresi *Cox*

Fungsi *survival* dan fungsi *hazard* merupakan analisis yang dapat digunakan untuk melihat perbedaan antara dua kelompok atau lebih. Namun bila ada variabel-variabel prediktor yang ingin dikontrol atau bila menggunakan beberapa variabel penjelas untuk

menjelaskan hubungan antara waktu *survival*, maka Regresi *Cox* yang digunakan. Jadi regresi *Cox* merupakan model yang menggambarkan hubungan antara waktu *survival* sebagai variabel dependen dengan satu set variabel independen.

Cox proportional hazard merupakan model semiparametrik. Regresi *Cox proportional hazard* ini digunakan bila respon yang diobservasi adalah waktu *survival*. Model regresi *Cox Proportional hazard* ditulis dalam bentuk sebagai berikut (Kleinbaum dan Klein, 2005):

$$h(t,\boldsymbol{x}) = h_0(t)\exp(\beta_1 x_1 + \cdots + \beta_p x_p) \qquad (2.8)$$

dengan memisalkan,

$h_0(t)$ = fungsi dasar *hazard*

$\beta_1\beta_2, \ldots, \beta_p$ = parameter regresi

$x_1, x_2, \ldots, x_p$ = nilai variabel prediktor

Rumus model *Cox* pada persamaan (2.8) memiliki sifat bahwa jika semua x sama dengan nol, maka rumus tereduksi menjadi fungsi *hazard* dasar $h_0(t)$. Dengan demikian $h_0(t)$ dianggap sebagai awal atau dasar dari fungsi *hazard*, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h(t,\boldsymbol{x}) &= h_0(t)\exp(\beta_1 x_1 + \cdots + \beta_p x_p) \\ &= h_0(t)\exp(\beta_1(0) + \cdots + \beta_p(0)) \\ &= h_0(t)\exp(0) \\ &= h_0(t)(1) \\ h(t,\boldsymbol{x}) &= h_0(t) \end{aligned} \qquad (2.9)$$

Persamaan (2.8) dapat dituliskan dalam bentuk sebagai berikut:

$$log\, h(t,\boldsymbol{x}) = log[h_0(t)] + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_p x_p$$

$$log\frac{h(t,x)}{h_0(t)} = (\beta_1 x_1 + \cdots + \beta_p x_p) \qquad (2.10)$$

Estimasi parameter model *Cox* $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_p$ dilakukan tanpa mengestimasi fungsi *hazard* dasar. Model pada persamaan (2.10) merupakan model dari *log hazard ratio* didefinisikan sebagai *hazard* dari satu individu dibagi dengan *hazard* individu yang berbeda.

2.6 Asumsi *Proportional Hazard*

Asumsi *proportional hazard* merupakan asumsi penting yang mendasari regresi *Cox*. Asumsi ini terpenuhi apabila rasio antara fungsi *hazard* suatu kategori dengan kategori lain dari faktor penyebab kegagalan konstan terhadap waktu (Kleinbaum dan Klein, 2005).

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk memeriksa asumsi *proportional hazard* yaitu menilai asumsi PH melibatkan uji *goodness of fit* (GOF). Keputusan yang diambil menggunakan uji statistik lebih objektif dibandingkan dengan metode grafis yang subjektif. Menurut Kleinbaum dan Klein (2005), uji dari Harrel dan Lee (1986) merupakan suatu variasi dari suatu uji asli yang diperkenalkan oleh Schoenfeld (1982) dan didasarkan pada residual-residual yang didefinisikan oleh Schoenfeld dan dikenal dengan nama *Schoenfeld residual*.

Uji Schoenfeld *residual* merupakan uji formal yang digunakan untuk menguji asumsi fungsi *hazard* proportional pada variabel independen yang diduga memengaruhi waktu kegagalan. Pengujian ini dilakukan dengan mencari taksiran sisaan Schoenfeld untuk masing-masing individu pada tiap-tiap variabel. Setelah itu membuat variabel *rank survival time* yaitu waktu terjadi kegagalan yang diurutkan. Individu yang mengalami kegagalan pertama kali diberi nilai 1, kegagalan selanjutnya diberi nilai 2 dan seterusnya. Kemudian dilakukan pengujian korelasi antara variabel taksiran sisaan Schoenfeld dengan *rank* waktu *survival,* dengan hipotesis

H_0 : Tidak ada korelasi antara Schoenfeld *residual* dan *rank* waktu *survival*

H_1 : Ada korelasi antara Schoenfeld *residual* dan *rank* waktu *survival*

Jika hipotesis nol ditolak maka asumsi *hazard* proporsional tidak terpenuhi. Dengan α=0.05, dan statistik uji sebagai berikut

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}_l)(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}_l)^2 \sum_{i=1}^{n}(Y - \bar{Y})^2}}$$

X = *Schoenfeld residual*

Y= *Rank* waktu kegagalan

Hipotesis nol diterima jika, nilai-p > $\alpha, \alpha = 0{,}05$.

Selain itu menurut Hosmer dan Lemeshow (1999), dapat dilakukan secara visual melihat grafis dan perhitungan secara numerik. Pemeriksaan asumsi dengan cara perhitungan numerik memerlukan prosedur yang lebih rumit dibandingkan secara grafis. Pemeriksaan asumsi secara visual dengan melihat grafis dapat dilakukan dengan melakukan plot antara *log* {-*log*[S(t,X)]} terhadap

waktu *survival*. Asumsi proporsional *hazard* terpenuhi jika grafik *log* {-*log*[S(t,X)]} terhadap waktu *survival* untuk beberapa kategori dalam suatu variabel prediktor membentuk plot yang sejajar atau tidak berpotongan satu dengan yang lain.

2.7 Model *Cox* Stratifikasi

Salah satu penyelesaian jika tidak terpenuhinya asumsi *proportional hazard* adalah dengan cara stratifikasi. Menurut Kleinbaum dan Klein (2005), model *Cox* Stratifikasi adalah modifikasi dari model *Cox proportional hazard* yang dapat dikendalikan dengan stratifikasi prediktor yang tidak memenuhi asumsi *proportional hazard* (PH). Prediktor yang diasumsikan memenuhi asumsi PH dimasukkan dalam model, sedangkan prediktor yang tidak memenuhi asumsi PH di stratifikasi dan tidak masuk ke dalam model. Model umum dari *Cox* stratifikasi adalah:

$$h_g(t, \boldsymbol{x}) = h_{0g}(t) exp[\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_{k*} X_k] \qquad (2.11)$$

di mana:
g = 1,2, … , k^*
h_{0g} = fungsi dasar *hazard* setiap strata

Persamaan (2.11) merupakan model regresi *Cox* dengan stratifikasi tanpa ada interaksi antar variabel. Jika terdapat k* strata dan k variabel yang terdapat dalam model, maka model regresi *Cox* stratifikasi dengan interaksi adalah:

$$h_g(t, \boldsymbol{x}) = h_{0g}(t) exp[\beta_{1g} X_1 + \beta_{2g} X_2 + \cdots + \beta_{k*g} X_k] \qquad (2.12)$$

di mana:
k* = jumlah kategori yang distratifikasi
k = jumlah variabel yang distratifikasi

2.8 Pendugaan Parameter Regresi *Cox*

Menurut Collet (2003), untuk menduga atau melakukan taksiran pada umumnya digunakan metode *Maximum Likehood Estimation* (MLE). Misalkan *n* adalah waktu kegagalan yang berbeda. Untuk sementara diasumsikan hanya 1 individu yang mengalami kejadian yang dituliskan *i* = 1, maka fungsi kemungkinan adalah:

$$L(\boldsymbol{\beta}) = \prod_{i=1}^{n} \left[\frac{\exp(\sum_{j=1}^{k} \boldsymbol{\beta_j x_{ij}})}{\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} \exp(\sum_{j=1}^{k} \boldsymbol{\beta_j x_{ij}})} \right]^{\delta_i} \qquad (2.13)$$

di mana:

x_{ij} = Nilai pengamatan individu ke-i dan variabel penjelas ke-j

$R_{(tj)}$ = Himpunan *hazard* (*risk set*) pada waktu t_j atau himpunan

$\boldsymbol{\beta}$ = Vektor yang berisi parameter penjelas $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_j)$

δ_i = Indikator *censoring* yang bernilai nol jika t_i $(i = 1,2, \dots, n)$ adalah data tersensor

Fungsi *partial likelihood* dapat diubah dalam bentuk *log* natural agar lebih mudah menerapkan metode penduga kemungkinan maksimum parsial sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \ln L(\boldsymbol{\beta}) &= ln \prod_{i=1}^{n} \left[\frac{\exp(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij})}{\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} \exp(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij})} \right]^{\delta_i} \\ &= \sum_{i=1}^{n} \delta_i \left[\ln(\exp(\exp(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij})) - \ln \left(\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} \exp(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij}) \right) \right] \\ &= \sum_{i=1}^{n} \delta_i \left[(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij}) - \ln \left(\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} exp(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij}) \right) \right] \end{aligned} \qquad (2.14)$$

Untuk memaksimumkan *log* natural fungsi *likelihood* parsial agar memperoleh $\boldsymbol{\beta}$ dilakukan dengan menurunkan persamaan di atas dan disamakan dengan nol:

$$\begin{aligned} \frac{\partial ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}} &= \frac{\partial \left(\sum_{i=1}^{n} \delta_i \left[\ln(\exp\left(\exp\left(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij} \right) \right) - \ln\left(\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} exp\left(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij} \right) \right) \right] \right)}{\partial \boldsymbol{\beta}} \\ &= \sum_{i=1}^{n} \delta_i (\sum_{j=1}^{k} x_{ij}) - \frac{\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} \exp\left(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij} \right) \sum_{j=1}^{k} x_{ij}}{\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} \exp(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij})} \end{aligned} \qquad (2.15)$$

Turunan kedua persamaan merupakan dasar untuk menduga ragam $\boldsymbol{\beta}$.

$$\frac{\partial^2 ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}^2} =$$

$$- \sum_{i=1}^{n} \delta_i \sum_{j=1}^{k} \left\{ \frac{\left(\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} \exp\left(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij} \right) \right) \left(\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} x^2 exp \beta_j x_{ij} \right) - \left(\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} x_{ij} exp\left(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij} \right) \right)}{\sum_{\iota \epsilon R_{(tj)}} exp\left(\sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij} \right)^2} \right\} \qquad (2.16)$$

Pendugaan parameter yang diperoleh implisit, maka digunakan metode iterasi numerik, yaitu metode *Newton-Raphson* (Collet, 2013). Jika $\boldsymbol{u}(\boldsymbol{\beta})$ adalah vektor berukuran $px1$ yang merupakan turunan pertama fungsi ln $L(\boldsymbol{\beta})$ terhadap parameter $\boldsymbol{\beta}$. $\mathbf{I}(\boldsymbol{\beta})$ adalah matriks berukuran pxp yang merupakan matriks negatif turunan kedua dari ln-*likelihood*. Sehingga $\mathbf{I}(\boldsymbol{\beta})$ adalah:

$$-\frac{\partial^2 lnL(\beta)}{\partial\beta_j\partial\beta_k}$$

Matriks $\mathbf{I}(\boldsymbol{\beta})$ dikenal sebagai matriks identitas yang diamati.

Menurut prosedur *Newton-Raphson*, estimasi $\boldsymbol{\beta}$ pada $s+1$ dari prosedur iterasi $\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{s+1}$ sebagai berikut:

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{s+1} = \widehat{\boldsymbol{\beta}}_s + \mathbf{I}^{-1}\left(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_s\right) u(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_s)\ s = 0,1,2,.... \qquad (2.17)$$

Dengan $\mathbf{I}\,(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_s)^{-1}$ adalah kebalikan dari fungsi $\boldsymbol{\beta}$ dan $\boldsymbol{u}\left(\widehat{\boldsymbol{\beta}}_s\right)$ adalah fungsi turunan terhadap $\boldsymbol{\beta}$ yang disamakan dengan nol. Sementara indeks *s* menunjukkan jumlah iterasi. Proses iterasi akan berhenti jika $\left\|\widehat{\boldsymbol{\beta}}_{s+1} - \widehat{\boldsymbol{\beta}}_s\right\| \leq \varepsilon$, di mana ε merupakan suatu bilangan yang sangat kecil, misalkan 1×10^{-6}.

Ketika prosedur iteratif konvergen, matriks varians-kovarians dari estimati parameter dapat didekati dengan kebalikan dari matriks identitas, dievaluasi dengan $\widehat{\boldsymbol{\beta}}$, yaitu $\mathbf{I}^{-1}\left(\widehat{\boldsymbol{\beta}}\right)$. Akar kuadrat dari elemen-elemen diagonal dari matriks tersebut adalah standar error dari nilai estimati $\boldsymbol{\beta_1}, \boldsymbol{\beta_2}, \ldots \boldsymbol{\beta_p}$.

2.9 Pengujian Hipotesis Regresi *Cox*

Hosmer dan Lemeshow (1999) menjelaskan bahwa pengujian hipotesis regresi *Cox* secara parsial dilakukan melalui statistik uji *Z* untuk mengetahui pengaruh setiap $\boldsymbol{\beta}$ secara individual terhadap variabel respon berlandaskan hipotesis berikut:

$H_0 : \beta_j = 0, j = 1,2,3, \ldots, p$ *vs*

$H_1 : \beta_j \neq 0$, paling tidak terdapat satu *j*

Statistik uji yang digunakan dalam regresi *Cox* adalah uji Wald berupa rasio antara penduga parameter $\boldsymbol{\beta}$, yakni $\hat{\beta}_j$ dengan salah baku $\hat{\beta}_j$, SE $(\hat{\beta}_j)$ dan mengikuti sebaran *Z*. Statistik uji Wald adalah:

$$W = \frac{\widehat{\beta}_j}{SE(\widehat{\beta}_j)} \sim Z(0,1); j = 1,2, \ldots, p \qquad (2.18)$$

di mana:
p : banyak variabel penjelas dalam model regresi *Cox*
Hipotesis nol ditolak jika |W|>Z_{α}.

2.10 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik diawali dengan penentuan kombinasi variabel pada model. Model terbaik dapat diperoleh dengan menggunakan nilai *AIC (Akaike Information Criterion)*. Nilai *AIC* terkecil adalah indikator model terbaik, yang didapatkan dengan rumus (Collet, 2003):

$$AIC = -2 \ln \hat{L} + 2P \qquad (2.19)$$

di mana:

$\hat{L}$: nilai maksimum fungsi *likelihood*
P : banyaknya variabel prediktor

Pemilihan model terbaik dapat pula dilakukan dengan langkah mundur hingga didapatkan setiap variabel dengan nilai-p kurang dari taraf nyata.

2.11 Pengujian Kesesuaian Model

Kesesuaian model regresi *Cox* dengan data dapat dilakukan dengan cara memeriksa sisaan. Sisaan yang sering digunakan dalam pengujian regresi *Cox* adalah sisaan *Cox-Snell*, yang diartikan sebagai nilai harapan setiap pengamatan:

$$r_{Cij} = exp\,(\hat{\boldsymbol{\beta}}' x_{(ij)}) \hat{H}_0(t_{ij}) \qquad (2.20)$$

di mana:
r_{Cij} : sisaan *Cox*-Snell individu ke-i pada kejadian ke-j
$\hat{H}_0(t_{ij})$: penduga fungsi kumulatif garis dasar *hazard* pada waktu t_{ij}

Pada pengamatan tersensor, sisaan *Cox-Snell* rC_{ij} dimodifikasi menjadi $r'C_{ij}$ di mana

$$r'_{C_{ij}} = \begin{cases} r_{C_{ij}}, \text{ untuk pengamatan yang penuh} \\ r_{C_{ij}+1}, \text{ untuk pengamatan yang tidak penuh} \\ rC_{ij}+1\text{ , untuk pengamatan tersensor} \end{cases}$$

Model regresi *Cox* dikatakan sesuai, jika plot antara *log natural* kumulatif *hazard* dengan *log natural* sisaan *Cox-Snell* membentuk garis lurus melalui titik origin (0,0) (Collet, 2003).

2.12 *Hazard Ratio*

Kleinbaum dan Klein (2005) menjelaskan bahwa secara umum *hazard* ratio didefinisikan sebagai perbandingan *hazard* bagi satu individu dengan individu yang berbeda. Dua individu yang dibandingkan dapat dibedakan dengan nilai-nilai untuk himpunan prediktor yaitu $\boldsymbol{X}$. Maka *hazard ratio* dapat ditulis sebagai berikut:

$$\widehat{HR} = \frac{\hat{h}(t, \boldsymbol{X}^*)}{\hat{h}(t, \boldsymbol{X})}$$
$$= \frac{\hat{h}_0(t) e^{\sum_{i=1}^{p} \hat{\beta}_j {X_j}^*}}{\hat{h}_0(t) e^{\sum_{i=1}^{p} \hat{\beta}_j X_j}}$$
$$= e^{\sum_{i=1}^{p} \hat{\beta}_j ({X_j}^* - X_j)}$$
$$\widehat{HR} = exp\left[\sum_{i=1}^{p} \hat{\beta}_j ({X_j}^* - X_j)\right] \qquad (2.21)$$

di mana:

$\boldsymbol{X^*}$ = ${X_1}^*, {X_2}^*, \ldots, {X_p}^*$, yaitu kelompok dengan *hazard* yang lebih besar

$\boldsymbol{X}$ = $X_1, X_2, \ldots, X_p$, yaitu kelompok dengan *hazard* yang lebih kecil

2.13 Pedoman Akademik

Berdasarkan Pedoman Akademik Universitas Brawijaya tentang Peraturan Akademik Pendidikan Program Sarjana (S1) mempunyai beban studi sekurang-kurangnya 144 (seratus empat puluh empat) satuan kredit semester dan sebanyak-banyaknya 160 (seratus enam puluh) sks yang dijadwalkan untuk 8 (delapan) semester dan dapat ditempuh dalam waktu kurang dari 8 (delapan) semester dan selama-lamanya 14 (empat belas) semester. Mahasiswa yang telah mengumpulkan sekurang-kurangnya sejumlah sks minimum diatas dinyatakan telah menyelesaikan program sarjana apabila memenuhi syarat-syarat:

1. Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) sekurang-kurangnya 2,00.
2. Total sks nilai D dan D+ tidak melebihi 10 % dari beban kredit total
3. Tidak ada nilai E
4. Lulus ujian skripsi

Predikat kelulusan terdiri dari 3 tingkat yaitu memuaskan, sangat memuaskan dan dengan pujian, yang dinyatakan pada

transkrip akademik. Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) sebagai dasar menentukan predikat kelulusan adalah:

1. IPK 2,00-2,75 : Memuaskan
2. IPK 2,76-3,50 : Sangat Memuaskan
3. IPK 3,51-4,00 : Dengan Pujian

Predikat kelulusan dengan pujian ditentukan juga dengan memperhatikan masa studi maksimum 5 tahun untuk program sarjana.

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

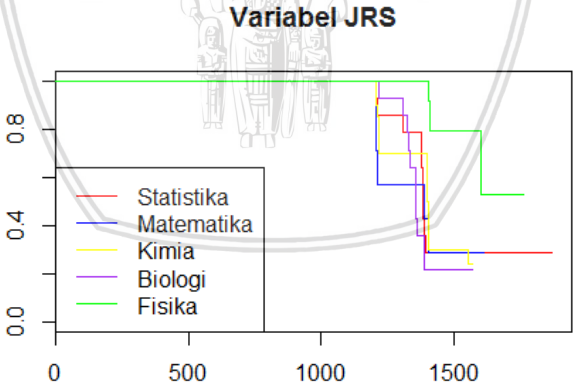
BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Data

Data primer diperoleh dengan menyebarkan angket pada mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan 2013. *Event* pada penelitian ini adalah individu atau mahasiswa lulus ujian skripsi atau ujian komprehensif kurang dari atau sama dengan 4 tahun (8 semester). Data tersensor diperoleh ketika individu atau mahasiswa lulus ujian skripsi atau ujian komprehensif lebih dari empat tahun atau delapan semester, terhitung dari individu menjadi mahasiswa.

3.2 Uji *Log Rank*

Uji *log rank* digunakan untuk menguji apakah secara statistik terdapat perbedaan pada kurva *survival* Kaplan-Meier antara dua kategori data atau lebih. Variabel jurusan memiliki kategori lebih dari dua sehingga diperlukan uji *log rank* untuk masing-masing kategori terhadap kategori yang lain agar dapat dianalisis menggunakan analisis *survival*. Berikut plot *log minus log* pada variabel JRS yang disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Plot *log minus log* Variabel JRS

Pada Gambar 4.1 terlihat kategori jurusan Statistika, Matematika, Kimia dan Biologi terdapat perbedaan pada kurva *survival* Kaplan-Meier dengan kategori jurusan Fisika. Hal ini dapat dibuktikan dengan uji *log rank*.

Menurut Kleinbaum dan Klein (2005), hipotesis yang digunakan pada uji *log rank* untuk dua kategori adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan pada kurva *survival* antar kategori yang berbeda

H_1 : Terdapat perbedaan pada kurva *survival* antar kategori yang berbeda

Apabila $\chi^2 > \chi^2_{\alpha,G-1}$, maka keputusan yang diambil tolak H_0, yaitu terdapat perbedaan pada kurva *survival* antara kelompok yang berbeda.

Tabel 3.1 Uji Log Rank Pada Masing-masing Kategori JRS.

No	Kategori	Responden	Nilai-p*	Keterangan
1	Statistika	14	0,934	Tidak signifikan
	Matematika	14		
2	Statistika	14	0,622	Tidak signifikan
	Kimia	20		
3	Statistika	14	0,433	Tidak Signifikan
	Biologi	14		
4	Statistika	14	0,000206	Signifikan
	Fisika	24		
5	Matematika	14	0,73	Tidak signifikan
	Kimia	20		
6	Matematika	14	0,806	Tidak signifikan
	Biologi	14		
7	Matematika	14	0,00028	Signifikan
	Fisika	24		
8	Kimia	20	0,317	Tidak signifikan
	Biologi	14		
9	Kimia	20	2,73e-05	Signifikan
	Fisika	24		
10	Biologi	14	3,92e-06	Signifikan
	Fisika	24		

*= Nilai-p hasil uji *Log rank* terhadap lama studi mahasiswa.

Berdasarkan Tabel 4.1, terbukti bahwa terdapat perbedaan pada kurva *survival* antar kategori yang berbeda pada kategori jurusan Statistika, Matematika, Kimia dan Biologi terhadap kategori Jurusan Fisika. Hal tersebut terbukti dengan melihat nilai-p yang dihasilkan < 0,05. Sehingga pada variabel jurusan dibagi ke dalam dua kategori yaitu mahasiswa yang berasal dari jurusan selain Fisika dengan mahasiswa yang berasal dari jurusan Fisika.

3.3 Variabel

Variabel yang digunakan adalah:

1. LS

   LS adalah Lama studi (dalam hari), terhitung sejak individu menjadi mahasiswa hingga lulus ujian skripsi atau ujian komprehensif.

2. Status

   $$\text{Status} = \begin{cases} 0, & \text{Tersensor} \\ 1, & \text{Tidak tersensor} \end{cases}$$

3. JK

   $$\text{JK (Jenis Kelamin)} = \begin{cases} 0, & \text{Laki} - \text{laki} \\ 1, & \text{Perempuan} \end{cases}$$

4. JRS

   $$\text{Jurusan} = \begin{cases} 0, & \text{Jurusan Fisika} \\ 1, & \text{Selain Jurusan Fisika} \end{cases}$$

5. JM

   $$\text{Jalur Masuk} = \begin{cases} 0, & \text{Non Reguler (SPMK/Mandiri} \\ 1, & \text{Reguler (SNMPTN/SBMPTN)} \end{cases}$$

6. PP

   $$\text{Prioritas Pilihan} = \begin{cases} 0, & \text{Bukan Pilihan pertama} \\ 1, & \text{Pilihan pertama} \end{cases}$$

7. IPK

   $$\text{Indeks Pretasi Kumulatif} = \begin{cases} 0, & \text{IPK} \leq 3{,}5 \\ 1, & \text{IPK} > 3{,}5 \end{cases}$$

8. AD

   $$\text{AD (Asal Daerah)} = \begin{cases} 0, & \text{Luar Jawa Timur} \\ 1, & \text{Jawa Timur} \end{cases}$$

9. BEA

$$\text{Beasiswa} = \begin{cases} 0, & \text{Tidak pernah} \\ 1, & \text{Pernah mendapatkan beasiswa} \end{cases}$$

10. PT

$$\textit{part time} = \begin{cases} 0, & \text{Tidak pernah} \\ 1, & \text{Pernah bekerja paruh waktu } (\textit{part time}) \end{cases}$$

11. ORG

$$\text{Organisasi} = \begin{cases} 0, & \text{Tidak pernah} \\ 1, & \text{Pernah mengikuti organisasi} \end{cases}$$

12. KPN

$$\text{Kepanitiaan} = \begin{cases} 0, & \text{Tidak pernah} \\ 1, & \text{Pernah mengikuti kepanitiaan} \end{cases}$$

Pada variabel Waktu memiliki skala data rasio. Sedangkan variabel yang lain seperti Status, JK, JRS, JM, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN memiliki skala data nominal.

Pada penelitian sebelumnya telah diteliti mengenai lama studi mahasiswa dengan variabel-variabel yang berbeda sebagai berikut:

Tabel 3.2 Penelitian-penelitian Sebelumnya

Judul Penelitian	Peneliti	Variabel yang digunakan	Variabel yang Signifikan
Implementasi *Cox Proportional Hazard* Model Parametrik Pada Analisis *Survival* (Studi Kasus: Mahasiswa Universitas Internasional Batam)	Yayuk Setyaning Astutik dan Dian Tresnawan (Universitas Internasional Batam)	1. IPK 2. Jenis Kelamin 3. Asal Daerah 4. Penghasilan Orang Tua 5. Pekerjaan Orang Tua 6. Status Sekolah Asal	IPK

Tabel 3.2 Penelitian-penelitian Sebelumnya (Lanjutan)

Model Regresi *Cox Proportional Hazards* Pada Data Lama Studi Mahasiswa (Studi Kasus di Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang Mahasiswa Angkatan 2009)	Landong Panahatan Hutahaean (Universitas Diponegoro-2014)	1.Jenis Kelamin 2.Jurusan 3.IPK 4.Pekerjaan Orang Tua 5.Asal 6.Jalur Masuk 7.Beasiswa 8.Organisasi 9.*Part Time*	1.Jurusan 2.Organisasi 3.IPK
Pendekatan Regresi *Cox* proporsional *Hazard* Dalam Penentuan Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Lama Studi Mahasiswa S-1 Matematika di Universitas Airlangga	Ardi Wahyu As'ari (Universitas Airlangga-2012)	1. IPK 2. Asal Daerah 3. Jenis Kelamin 4. Status asal SMA 5. Jalur Masuk 6. Penghasilan Orang Tua 7. Rata-rata Nilai Ujian Nasional (NUN) SMA	IPK

3.4 Penarikan Sampel

Sampel atau contoh merupakan himpunan bagian (*subset*) dari suatu populasi sebagai bagian dari populasi, sampel memberikan gambaran yang benar tentang populasi. Pengambilan sampel dari suatu populasi disebut penarikan sampel atau *sampling* (Gulo, 2002).

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan 2013. FMIPA Universitas Brawijaya memiliki lima jurusan yaitu Statistika, Matematika, Fisika, Kimia dan Biologi, jumlah mahasiswa masing-masing jurusan yaitu Statistika 96 mahasiswa, Matematika 93

mahasiswa, Fisika 164 mahasiswa, Kimia 138 mahasiswa dan Biologi 93 Mahasiswa.

Pada penelitian ini, penarikan sampel menggunakan *non probability sampling* dengan teknik sampling *proportional sampling* dan *accidental sampling*. Pengambilan sampel secara proporsi dilakukan dengan mengambil subyek dari setiap strata atau setiap wilayah ditentukan seimbang dengan banyaknya subyek dalam masing-masing strata atau wilayah (Arikunto, 2006). Adapun, *accidental sampling* adalah penarikan sampel karena aksesibilitas nyaman dan kedekatan sampel kepada peneliti. Ukuran sampel yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus Slovin berikut:

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)}$$

(Riduwan, 2005)

di mana:

n : ukuran sampel
N : ukuran populasi
e : tingkat kesalahan (Penelitian ini menggunakan 10%)

Berdasarkan rumus Solvin di atas maka ukuran sampel pada penelitian ini adalah:

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)}$$

$$n = \frac{584}{1 + 584(0{,}1^2)} = 85{,}38 \approx 86$$

Dari perhitungan tersebut ditetapkan ukuran sampel sebesar 86 mahasiswa. Oleh karena itu, penentuan sampel untuk setiap jurusan dilakukan dengan menggunakan alokasi *proportional* dengan rumus:

$$n = \frac{Populasi\ Kelas}{Ukuran\ Populasi} x Ukuran\ Sampel$$

Berdasarkan rumus alokasi di atas, didapat sampel untuk masing-masing Universitas sebagai berikut:

- Sampel Jurusan Statistika
  $n_1 = \frac{96}{584} x86 = 14{,}13 \approx 14$ mahasiswa
- Sampel Jurusan Matematika
  $n_2 = \frac{93}{584} x86 = 13{,}69 \approx 14$ mahasiswa

- Sampel Jurusan Fisika
  $n_3 = \frac{164}{584} x86 = 24{,}15 \approx 24$ mahasiswa
- Sampel Jurusan Kimia
  $n_4 = \frac{138}{584} x86 = 20{,}32 \approx 20$ mahasiswa
- Sampel Jurusan Bio*log*i
  $n_5 = \frac{93}{584} x86 = 13{,}69 \approx 14$ mahasiswa

Berdasarkan perhitungan di atas maka sampel yang ditetapkan untuk masing-masing jurusan sebagai berikut:

Tabel 3.2 Populasi dan Sampel Obyek Penelitian

No.	Jurusan	Populasi	Sampel
1	Statistika	96	14
2	Matematika	93	14
3	Fisika	164	24
4	Kimia	138	20
5	Bio*log*i	93	14
	Total	584	86

Tabel 3.2 menunjukkan ukuran sampel yang diambil dari masing-masing jurusan. Adapun cara pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan membagikan tautan angket *online* berupa *Google Form* kepada mahasiswa setiap jurusan di FMIPA Universitas Brawijaya dengan alasan sebagian besar mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan 2013 sulit ditemui secara langsung dikarenakan telah lulus.

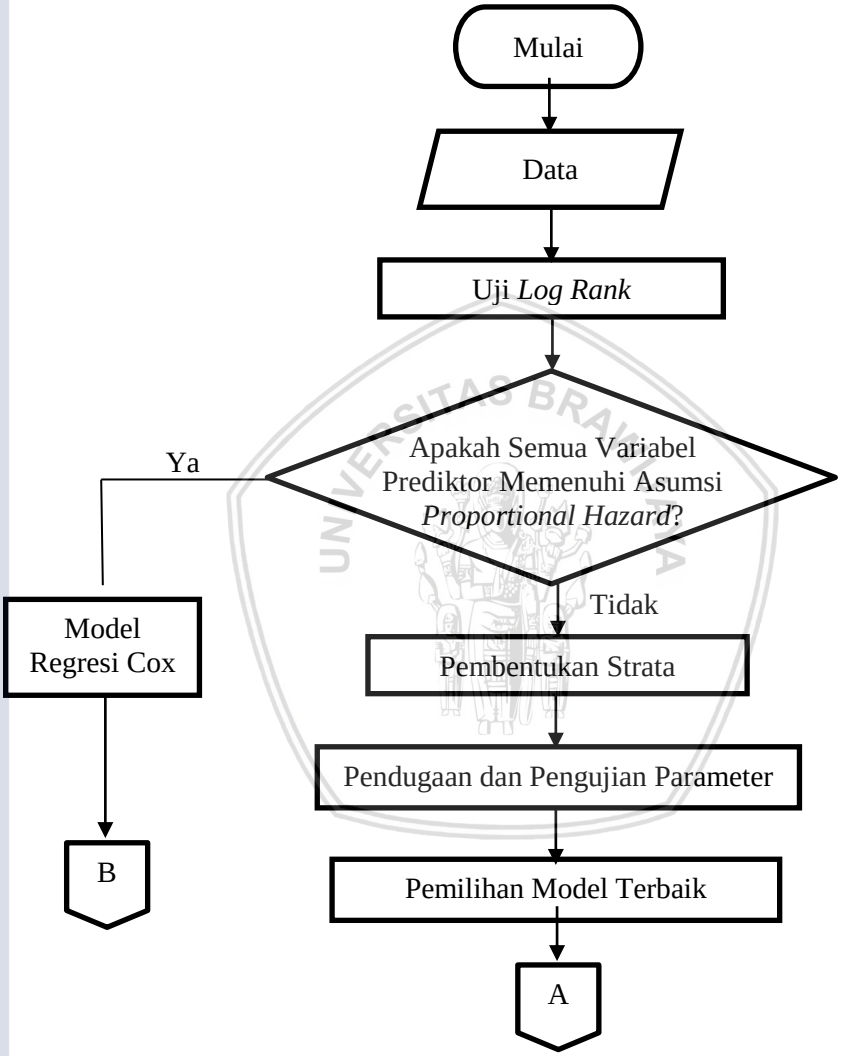
3.5 Langkah-Langkah Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini adalah:

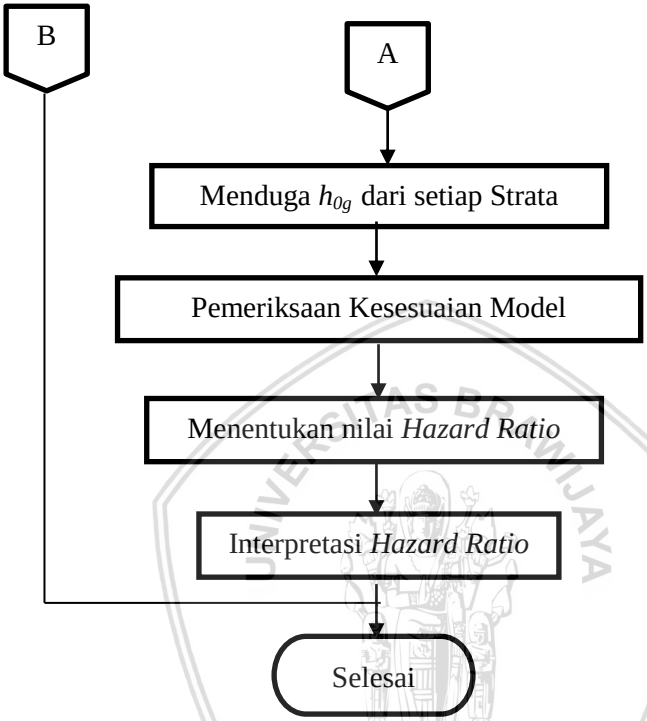
1. Membuat angket yang berisi tentang pertanyaan yang akan menghasilkan data penelitian.
2. Menyebarkan angket atau berwawancara dengan obyek penelitian.
3. Menghimpun angket atau hasil wawancara yang telah dilakukan pada obyek penelitian.
4. Melakukan uji *log rank* untuk variabel yang memiliki > 2 kategori

5. Melakukan pengujian asumsi *proportional hazard*
6. Apabila asumsi *proportional hazard* terpenuhi, dilakukan pembentukan model regresi *Cox*.
7. Jika asumsi *proportional hazard* tidak terpenuhi maka diatasi dengan melakukan prosedur stratifikasi pada variabel terkait.
8. Melakukan pembentukan strata pada variabel yang tidak memenuhi asumsi *hazard* proporsional
9. Melakukan pendugaan parameter dengan metode *maximum likelihood estimation (MLE)* dan pengujian parameter menggunakan uji Wald.
10. Pemilihan model terbaik regresi *Cox* stratifikasi menggunakan langkah mundur (*Backward*) dengan melihat besar nilai *AIC* dari setiap variabel.
11. Menduga h_{0g} dari setiap strata.
12. Melakukan pemeriksaan mengenai kelayakan model dengan uji sisaan *Cox-Snell*. Model dikatakan layak jika *log* natural kumulatif risiko dengan *log* natural sisaan *Cox-Snell* membentuk garis lurus melalui titik awal (0,0).
13. Menentukan nilai *hazard ratio*.
14. Interpretasi *hazard ratio*.

3.6 Diagram Alir



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian



repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Statistika Deskriptif

Berdasarkan Lampiran 2, mahasiswa yang menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun adalah mahasiswa yang menyelesaikan studi tidak lebih dari 1426 hari, terhitung dari dimulainya awal semester satu pada tanggal 9 September 2013 sampai akhir semester delapan pada tanggal 25 Agustus 2017. Sebanyak 34 mahasiswa tersensor dikarenakan tidak dapat menyelesaikan studi hingga waktu yang telah ditentukan.

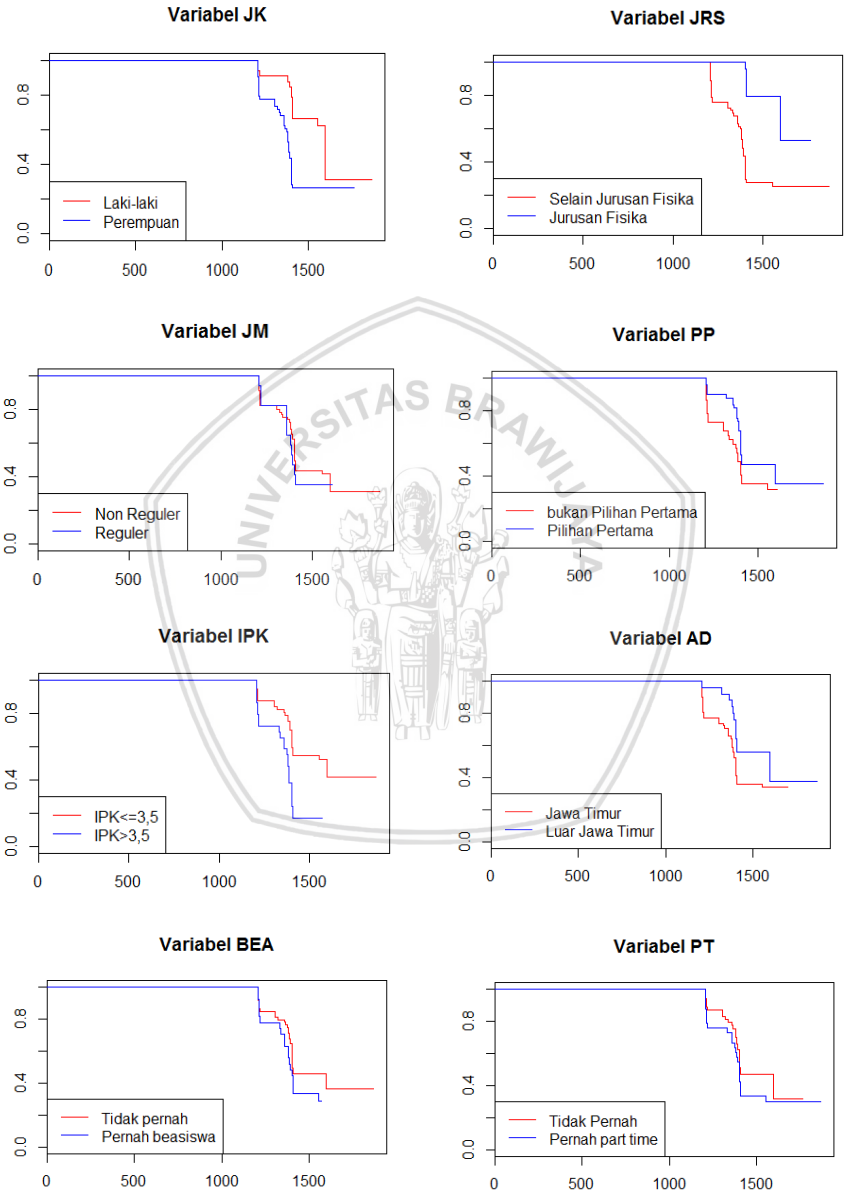
Mahasiswa yang masuk melalui jalur masuk SNMPTN paling banyak yaitu sebesar 45,35%, 33,72% melalui jalur masuk SBMPTN dan 20,93% melalui jalur masuk SPMK. Sebagian besar mahasiswa memiliki IPK $\leq$ 3,5 yaitu sebesar 66,3%, hanya 33,7% mahasiswa yang memiliki IPK > 3,5. Mahasiswa yang memilih jurusannya sebagai pilihan pertama yaitu sebesar 57% sedangkan mahasiswa yang tidak memilih jurusannya sebagai pilihan pertama yaitu sebesar 43%. Mahasiswa FMIPA 2013 didominasi dengan mahasiswa yang berasal dari Jawa Timur yaitu sebesar 70,9%, hanya 29,1% mahasiswa yang berasal dari luar Jawa Timur.

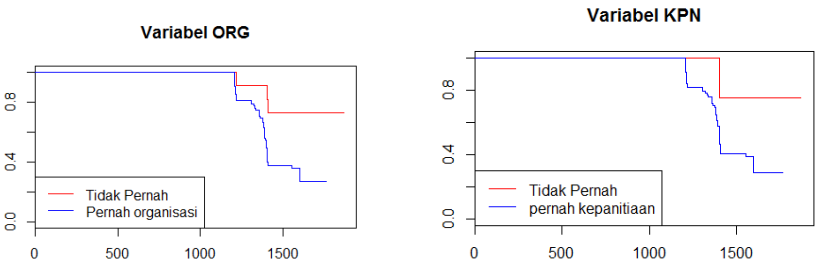
Dari 86 mahasiswa, hanya 27 mahasiswa yang pernah mendapatkan beasiswa dan 33 mahasiswa pernah bekerja paruh waktu (*part time*). Sebagian besar mahasiswa FMIPA 2013 pernah mengikuti organisasi yaitu sebesar 87,2%, hanya 12,8% mahasiswa yang tidak pernah mengikuti organisasi. Sebanyak 27 mahasiswa sebagai staff biasa dan 48 mahasiswa sebagai pengurus inti. Sebesar 95,3% mahasiswa FMIPA 2013 pernah mengikuti kepanitiaan dalam kampus maupun luar kampus.

4.2 Pemeriksaan Asumsi *Proportional Hazard*

Asumsi yang harus dipenuhi yaitu asumsi *proportional hazard* yang berarti bahwa rasio fungsi *hazard* dari dua individu konstan dari waktu ke waktu. Pengujian asumsi dilakukan secara grafis dengan membuat plot antara kurva log{-log[S(t,X)]} terhadap waktu lama studi mahasiswa. Asumsi terpenuhi apabila plot untuk beberapa

kategori pada satu variabel penjelas terlihat sejajar (tidak saling berpotongan).





Gambar 4.1 Plot *Log Minus Log* Seluruh Variabel

Gambar 4.1 menunjukkan plot *log minus log* untuk variabel JK, JRS, JM, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN. Plot antar kategori pada variabel JK, JRS, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN terlihat sejajar, hal ini menunjukkan tidak adanya pelanggaran terhadap asumsi *proportional hazard* pada kesembilan variabel tersebut. Sedangkan, pada variabel JM plot antar kategori terlihat saling berpotongan, sehingga akan dilakukan stratifikasi pada variabel JM.

Selain menggunakan grafik *log minus log*, dapat digunakan uji sisaan *Schoenfeld* di mana jika nilai-p > 0,05 maka variabel tersebut memenuhi asumsi *Cox Proportional Hazard*.

Tabel 4.1 *Schoenfeld Residual*

Variabel	Rho	Chisq	Nilai-p
JK	-0,0007	3,36e-05	0,9954
JRS	0,2836	3,33e+00	0,0681
JM	0,0910	5,31e-01	0,4660
PP	0,1967	2,34e+00	0,1263
IPK	0,2159	2,96e+00	0,0855
AD	0,1594	1,24e+00	0,2654
BEA	0,2249	2,67e+00	0,1021
PT	0,0019	1,98e-04	0,9888
ORG	-0,1089	7,12e-01	0,3989
KPN	-0,0774	3,26e-01	0,5679

Pada Tabel 4.1, nilai-p pada semua variabel nilai-p > 0,05. Jadi, dapat disimpulkan bahwa semua variabel memenuhi asumsi *Cox Proportional Hazard*, sehingga akan dibentuk model regresi *Cox*.

4.3 Pendugaan Parameter dan Regresi Cox Stratifikasi

Parameter β_j pada model Cox merupakan parameter yang belum diketahui dan akan diduga menggunakan metode *maximum partial likelihood.* Berdasarkan plot *log minus log* dapat disimpulkan bahwa variabel JM melanggar asumsi *Proportional Hazard.* Oleh karena itu, variabel JM tidak dapat dianalisis menggunakan model regresi *Cox Proportional Hazard,* sehingga digunakan model regresi *Cox* stratifikasi untuk menangani asumsi *Proportional Hazard* yang tidak terpenuhi. Dengan bantuan *software* R pada Lampiran 4 diperoleh pendugaan parameter dengan menggunakan metode *Maximum Partial Likelihood* untuk variabel JK, JRS, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN pada data lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya yang distratifikasi dengan variabel JM yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Tabel Pendugaan Parameter untuk Variabel JK, JRS, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN yang Distratifikasi dengan Variabel JM.

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	1,000	0,361	2,77	0,005
Jurusan (JRS)	-0,307	0,101	-3,05	0,002
Prioritas Pilihan (PP)	-0,263	0,315	-0,83	0,404
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,710	0,313	2,27	0,023
Asal Daerah (AD)	0,170	0,382	0,45	0,655
Beasiswa (BEA)	0,437	0,317	1,38	0,167
Part Time (PT)	0,161	0,318	0,51	0,611
Organisasi (ORG)	1,108	0,635	1,74	0,081
Kepanitiaan (KPN)	0,876	1,044	0,84	0,401

Berdasarkan nilai penduga $\boldsymbol{\beta}$ yang terdapat pada Tabel 4.2, akan dibentuk model pertama yang memuat variabel JK, JRS, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN. Kemudian akan dilakukan pengujian paramater β secara pasial dengan hipotesis:

$H_0: \beta_j = 0$ vs
$H_1: \beta_j \neq 0$

di mana nilai-p < 0,05 akan menunjukkan bahwa variabel memiliki pengaruh yang nyata secara parsial. Prosedur pemilihan model terbaik yang digunakan adalah eliminasi langkah mundur (*backward*), maka variabel penjelas yang mempunyai nilai-p paling besar (p > 0,05) akan dieliminasi dari model untuk kemudian dibandingkan nilai AIC dari model-model yang terbentuk.

Model Pertama

$$h_g(t, \boldsymbol{x}) = h_{0g}(t)\exp(1{,}000\ \text{JK} - 0{,}307\ \text{JRS} - 0{,}263\ \text{PP} + 0{,}710\ \text{IPK} + 0{,}170\ \text{AD} + 0{,}437\ \text{BEA} + 0{,}161\ \text{PT} + 1{,}108\ ORG + 0{,}876\ \text{KPN})$$

Model pertama adalah model yang memuat variabel JK, JRS, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN. Seperti telah disajikan pada Tabel 4.2 variabel AD (Asal Daerah) akan dieliminasi karena nilai-p pada variabel tersebut paling besar, sehingga perlu dilakukan pembentukan model kedua, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Berikut merupakan tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward*.

Tabel 4.3 Pendugaan Parameter β Elimininasi *Backward* 1

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,970	0,354	2,74	0,006
Jurusan (JRS)	-0,298	0,099	-3,01	0,002
Prioritas Pilihan (PP)	-0,251	0,313	-0,80	0,423
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,7061	0,312	2,26	0,023
Beasiswa (BEA)	0,417	0,312	1,34	0,181
Part Time (PT)	0,117	0,300	0,39	0,695
Organisasi (ORG)	1,095	0,633	1,73	0,083
Kepanitiaan (KPN)	0,894	1,040	0,86	0,389

Model Kedua

$$h_g(t, \boldsymbol{x}) = h_{0g}(t)\exp(0{,}970\ \text{JK} - 0{,}298\ \text{JRS} - 0{,}251\ \text{PP} + 0{,}706\ \text{IPK} + 0{,}417\ \text{BEA} + 0{,}117\ \text{PT} + 1{,}095\ \text{ORG} + 0{,}894\ \text{KPN})$$

Pada Tabel 4.3 terlihat bahwa masih ada variabel yang tidak berpengaruh secara signifikan. Variabel yang mempunyai nilai-p paling besar yaitu variabel PT (*part time*) dieliminasi dari model dengan membentuk model ketiga. Berikut tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward*.

Tabel 4.4 Penduga Parameter β Elimininasi *Backward* 2

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,947	0,348	2,72	0,006
Jurusan (JRS)	-0,305	0,097	-3,12	0,001
Prioritas Pilihan (PP)	-0,229	0,307	-0,74	0,456
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,715	0,310	2,30	0,021
Beasiswa (BEA)	0,441	0,306	1,44	0,150
Organisasi (ORG)	1,095	0,633	1,73	0,083
Kepanitiaan (KPN)	0,899	1,038	0,87	0,386

Model Ketiga

$$h_g(t, \boldsymbol{x}) = h_{0g}(t)\exp(0{,}947\,\text{JK} - 0{,}305\,\text{JRS} - 0{,}229\,\text{PP} + 0{,}715\,\text{IPK} + 0{,}441\,\text{BEA} + 1{,}095\,\text{ORG} + 0{,}899\,\text{KPN})$$

Pada Tabel 4.4 terlihat bahwa masih ada variabel yang tidak berpengaruh secara nyata. Variabel yang mempunyai nilai-p paling besar yaitu variabel PP (Prioritas Pilihan) dieliminasi dari model dengan membentuk model keempat. Berikut merupakan tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward.*

Tabel 4.5 Penduga Parameter β Elimininasi *Backward* 3

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,938	0,346	2,71	0,006
Jurusan (JRS)	-0,314	0,096	-3,25	0,001
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,765	0,303	2,52	0,011
Beasiswa (BEA)	0,468	0,304	1,54	0,123
Organisasi (ORG)	0,975	0,612	1,59	0,111
Kepanitiaan (KPN)	0,944	1,038	0,91	0,363

Model Keempat

$$h_g(t,\boldsymbol{x}) = h_{0g}(t)\exp(0{,}938\,\text{JK} - 0{,}314\,\text{JRS} + 0{,}765\,\text{IPK} + 0{,}468\ \text{BEA} + 0{,}975\,\text{ORG} + 0{,}944\,\text{KPN})$$

Pada Tabel 4.5 masih ditemukan variabel tidak berpengaruh secara nyata dengan nilai-p paling besar yaitu variabel KPN (Kepanitiaan). Variabel KPN lalu dieliminasi dari model dengan membentuk model kelima. Berikut merupakan tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward.*

Tabel 4.6 Penduga Parameter β Elimininasi *Backward* 4

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,972	0,343	2,83	0,004
Jurusan (JRS)	-0,299	0,094	-3,17	0,001
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,818	0,300	2,72	0,006
Beasiswa (BEA)	0,509	0,303	1,68	0,093
Organisasi (ORG)	1,022	0,612	1,67	0,095

Model Kelima

$$h_g(t,\boldsymbol{x}) = h_{0g}(t)\exp(0{,}972\,\text{JK} - 0{,}299\,\text{JRS} + 0{,}818\,\text{IPK} + 0{,}509\,\text{BEA} + 1{,}022\,\text{ORG})$$

Pada Tabel 4.6 masih terdapat variabel yang memiliki nilai-p > 0,05. Variabel ORG (Organisasi) mempunyai nilai-p paling besar sehingga variabel ORG dieliminasi dari model dengan membentuk model keenam. Berikut merupakan tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward.*

Tabel 4.7 Penduga Parameter β Elimininasi *Backward* 5

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,980	0,341	2,88	0,004
Jurusan (JRS)	-0,293	0,092	-3,19	0,001
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,892	0,299	2,99	0,002
Beasiswa (BEA)	0,601	0,302	1,99	0,046

Model Keenam

$$h_g(t,\boldsymbol{x}) = h_{0g}(t)\exp(0{,}980\,\text{JK} - 0{,}293\,\text{JRS} + 0{,}892\text{IPK} + 0{,}601\text{BEA})$$

Pada Tabel 4.8 terlihat bahwa semua variabel yaitu Jenis Kelamin (JK), Jurusan (JRS), Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) dan Beasiswa (BEA) berpengaruh secara signifikan karena nilai-p < 0,05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua variabel memiliki pengaruh nyata dan tidak perlu dilakukan eliminasi kembali.

4.4 Pendugaan Parameter Regresi *Cox*

Berdasarkan uji sisaan *Schoenfeld* membuktikan bahwa semua variabel memenuhi asumsi *proportional hazard*. Oleh karena itu dapat dianalisis menggunakan model regresi *Cox Proportional Hazard*. Diperoleh pendugaan parameter dengan menggunakan metode *Maximum Partial Likelihood* untuk variabel JK, JRS, JM, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN pada data lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya.

Tabel 4.8 Pendugaan Parameter β untuk Variabel JK, JRS, JM, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	1,017	0,359	2,83	0,004
Jurusan (JRS)	-0,284	0,096	-2,95	0,003
Jalur Masuk (JM)	-0,0001	0,120	0,00	0,999
Prioritas Pilihan (PP)	-0,230	0,312	-0,74	0,461
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,731	0,310	2,35	0,018
Asal Daerah (AD)	0,189	0,374	0,51	0,613
Beasiswa (BEA)	0,448	0,313	1,43	0,152
Part Time (PT)	0,214	0,317	0,68	0,499
Organisasi (ORG)	1,082	0,630	1,72	0,086
Kepanitiaan (KPN)	0,687	1,035	0,66	0,506

Prosedur pemilihan model terbaik yang digunakan sama dengan sebelumnya yaitu eliminasi langkah mundur (*backward*), maka variabel penjelas yang mempunyai nilai-p paling besar (nilai-p > α) akan dieliminasi dari model untuk kemudian dibandingkan nilai AIC dari model-model yang terbentuk.

Model Pertama

$$h(t,\boldsymbol{x}) = h_0(t)\exp(1{,}017\ \text{JK} - 0{,}284\ \text{JRS} - 0{,}0001\ \text{JM} - 0{,}230\ \text{PP} + 0{,}731\ \text{IPK} + 0{,}189\ \text{AD} + 0{,}448\ \text{BEA} + 0{,}214\ \text{PT} + 1{,}108\ ORG + 0{,}687\ \text{KPN})$$

Model pertama adalah model yang memuat variabel JK, JRS, JM, PP, IPK, AD, BEA, PT, ORG dan KPN. Seperti telah disajikan pada Tabel 4.8 variabel JM (Jalur Masuk) akan dieliminasi karena nilai-p pada variabel tersebut paling besar, sehingga perlu dilakukan pembentukan model kedua, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Berikut merupakan tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward.*

Tabel 4.9 Pendugaan Parameter β Regresi Cox *Backward* 1

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,998	0,358	2,79	0,005
Jurusan (JRS)	-0,281	0,096	-2,91	0,003
Prioritas Pilihan (PP)	-0,233	0,307	-0,76	0,447
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,719	0,307	2,34	0,019
Asal Daerah (AD)	0,183	0,375	0,49	0,625
Beasiswa (BEA)	0,452	0,311	1,45	0,145
Part Time (PT)	0,199	0,317	0,63	0,530
Organisasi (ORG)	1,081	0,619	1,74	0,081
Kepanitiaan (KPN)	0,684	1,035	0,66	0,508

Model Kedua

$$h(t,\boldsymbol{x}) = h_0(t)\exp(0{,}998\ \text{JK} - 0{,}281\ \text{JRS} - 0{,}233\ \text{PP} + 0{,}719\ \text{IPK} + 0{,}183\ \text{AD} + 0{,}452\ \text{BEA} + 0{,}199\ \text{PT} + 1{,}081\ \text{ORG} + 0{,}684\ \text{KPN})$$

Pada Tabel 4.9 terlihat masih ada variabel yang tidak berpengaruh secara signifikan. Variabel yang mempunyai nilai-p paling besar yaitu variabel AD (Asal Daerah) dieliminasi dari model dengan membentuk model ketiga. Berikut tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward*.

Tabel 4.10 Penduga Parameter β Regresi *Cox Backward* 2

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,969	0,353	2,74	0,006
Jurusan (JRS)	-0,270	0,094	-2,87	0,004
Prioritas Pilihan (PP)	-0,223	0,306	-0,73	0,466
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,713	0,306	2,33	0,020
Beasiswa (BEA)	0,430	0,306	1,40	0,160
Part Time (PT)	0,153	0,301	0,51	0,611
Organisasi (ORG)	1,073	0,620	1,73	0,083
Kepanitiaan (KPN)	0,709	1,032	0,69	0,491

Model Ketiga

$$h(t,\boldsymbol{x}) = h_0(t)\exp(0{,}969\,\text{JK} - 0{,}270\,\text{JRS} - 0{,}223\,\text{PP} + 0{,}713\,\text{IPK} + 0{,}430\,\text{BEA} + 0{,}153\,\text{PT} + 1{,}073\,\text{ORG} + 0{,}709\,\text{KPN})$$

Pada Tabel 4.10 membuktikan bahwa masih ada variabel yang tidak berpengaruh nyata. Variabel yang mempunyai nilai-p paling besar yaitu variabel PT (*Part Time*). Lalu Variabel PT dieliminasi dari model dengan membentuk model keempat. Berikut merupakan tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward.*

Tabel 4.11 Penduga Parameter β Regresi *Cox Backward* 3

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,939	0,347	2,70	0,006
Jurusan (JRS)	-0,278	0,092	-3,00	0,002
Prioritas Pilihan (PP)	-0,189	0,298	-0,64	0,525
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,726	0,305	2,38	0,017
Beasiswa (BEA)	0,463	0,299	1,55	0,122
Organisasi (ORG)	1,068	0,619	1,73	0,084
Kepanitiaan (KPN)	0,726	1,031	0,70	0,480

Model Keempat

$$h(t,\boldsymbol{x}) = h_0(t)\exp(0{,}939\ \text{JK} - 0{,}278\ \text{JRS} - 0{,}189\ \text{PP} + 0{,}726\ \text{IPK} + 0{,}463\ \ \text{BEA} + 1{,}068\ \text{ORG} + 0{,}726\ \text{KPN})$$

Pada Tabel 4.11 membuktikan bahwa masih ada variabel yang tidak berpengaruh signifikan dengan nilai-p paling besar yaitu variabel PP (Prioritas Pilihan). Variabel PP lalu dieliminasi dari model dengan membentuk model kelima. Berikut merupakan tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward.*

Tabel 4.12 Penduga Parameter β *Regresi Cox Backward* 4

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,931	0,345	2,69	0,007
Jurusan (JRS)	-0,288	0,091	-3,15	0,001
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,761	0,299	2,54	0,011
Beasiswa (BEA)	0,479	0,298	1,60	0,108
Organisasi (ORG)	0,980	0,604	1,62	0,104
Kepanitiaan (KPN)	0,777	1,028	0,76	0,449

Model Kelima

$$h(t,\boldsymbol{x}) = h_0(t)\exp(0{,}931\ \text{JK} - 0{,}288\ \text{JRS} + 0{,}761\ \text{IPK} + 0{,}479\ \text{BEA} + 0{,}980\ \text{ORG} + 0{,}777\ \text{KPN})$$

Pada Tabel 4.12 terlihat masih terdapat variabel yang memiliki nilai-p > 0,05. Variabel KPN (Kepanitiaan) mempunyai nilai-p paling besar sehingga variabel KPN dieliminasi dari model dengan membentuk model keenam. Berikut merupakan tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward.*

Tabel 4.13 Penduga Parameter β Regresi *Cox Backward* 5

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,948	0,344	2,76	0,005
Jurusan (JRS)	-0,280	0,091	-3,08	0,002
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,803	0,296	2,70	0,006
Beasiswa (BEA)	0,511	0,297	1,72	0,085
Organisasi (ORG)	1,008	0,603	1,67	0,094

Model Keenam

$$h(t,\boldsymbol{x}) = h_0(t)\exp(0{,}948\ \text{JK} - 0{,}280\ \text{JRS} + 0{,}803\ \text{IPK} + 0{,}511\ \text{BEA} + 1{,}008\ \text{ORG})$$

Pada Tabel 4.13 terlihat masih terdapat variabel yang memiliki nilai-p > 0,05. Variabel KPN (Kepanitiaan) mempunyai nilai-p paling besar sehingga variabel KPN dieliminasi dari model dengan membentuk model ketujuh. Berikut merupakan tabel pendugaan parameter menggunakan eliminasi *backward.*

Tabel 4.14 Penduga Parameter β Regresi *Cox Backward* 6

Variabel Penjelas	β_j	Salah Baku ($\hat{\beta}_j$)	Statistik Uji *Wald*	Nilai-p
Jenis Kelamin (JK)	0,951	0,339	2,80	0,005
Jurusan (JRS)	-0,281	0,090	-3,11	0,001
Indeks Prestasi Kumulatif (IPK)	0,862	0,295	2,92	0,003
Beasiswa (BEA)	0,594	0,296	2,01	0,044

Model Ketujuh

$$h(t,\boldsymbol{x}) = h_0(t)\exp(0{,}951\ \text{JK} - 0{,}281\ \text{JRS} + 0{,}862\ \text{IPK} + 0{,}594\ \text{BEA})$$

Pada Tabel 4.14 membuktikan bahwa semua variabel yaitu Jenis Kelamin (JK), Jurusan (JRS), Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) dan Beasiswa (BEA) berpengaruh signifikan karena nilai-p $< 0{,}05$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua variabel memiliki pengaruh nyata dan tidak perlu dilakukan eliminasi kembali.

4.5 Pemilihan Model Terbaik

Langkah selanjutnya adalah dengan membandingkan nilai AIC dari enam model yang telah dibentuk dari regresi *Cox* stratifikasi dan tujuh model dari Regresi *Cox*. Nilai AIC dari setiap model di sajikan pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Nilai AIC untuk Masing-masing Model

Model		Nilai AIC
Regresi Cox	Model Pertama	391,025
	Model Kedua	390,817
	Model Ketiga	389,051
	Model Keempat	387,308
	Model Kelima	385,710
	Model Keenam	384,435
	Model Ketujuh	386,137
Regresi Cox Stratifkasi	Model Pertama	336,443
	Model Kedua	334,629
	Model Ketiga	332,783
	Model Keempat	331,334
	Model Kelima	330,428
	Model Keenam	332,059

Berdasarkan Tabel 4.15 diketahui bahwa model kelima dari regresi Cox stratifikasi memiliki nilai AIC paling kecil dibandingkan dengan model yang lain, namun masih terdapat variabel yang tidak berpengaruh signifikan. Maka dari itu dipilih model keenam dengan nilai AIC yang tidak jauh berbeda dengan model kelima serta memiliki variabel yang berpengaruh signifikan pada model. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model keenam merupakan model regresi Cox stratifikasi terbaik. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa variabel JK, JRS, IPK dan BEA memiliki pengaruh signifikan terhadap lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya.

4.6 Interpretasi Regresi Cox Stratifikasi

Didapatkan model yang terbentuk untuk model regresi *Cox* stratifikasi sebagai berikut:

$$h_g(t, \boldsymbol{x}) = h_{0g}(t)\exp(0{,}951\,\text{JK} - 0{,}281\,\text{JRS} + 0{,}862\,\text{IPK} + 0{,}594\,\text{BEA})$$

$h_g(t)$: risiko individu ke-g menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun pada waktu ke t

$h_{0g}(t)$: fungsi garis dasar risiko variabel JM ke-g pada waktu ke t.

Dengan $g = 0{,}1$:
0 = mahasiswa yang melalui jalur masuk non reguler (SPMK/Mandiri)
1 = mahasiswa yang melalui jalur masuk reguler (SNMPTN/SBMPTN)

Interpretasi model stratifikasi ini dapat dilakukan dengan mengambil studi kasus. Studi kasus berikut berkaitan dengan pendugaan *hazard baseline* yang terdapat pada Lampiran 8. Perhitungan laju kecenderungan lama studi mahasiswa menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun yang melalui jalur masuk non reguler (SPMK/Mandiri), berjenis kelamin perempuan, berasal dari jurusan selain Fisika, memiliki IPK > 3,5 dan pernah mendapatkan beasiswa adalah

$$h_{g=0}(1408, \boldsymbol{x}) = 0{,}657 \exp(0{,}951(1) - 0{,}281(1) + 0{,}862\ (1) + 0{,}594\ (1)) = 5{,}506$$

Nilai *hazard baseline* mahasiswa yang melalui jalur masuk non reguler dengan lama studi 1408 hari adalah 0,657. Pada perhitungan model di atas didapatkan potensi mahasiswa menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun sebesar 5,506. Hal ini dapat disimpulkan bahwa mahasiswa yang melalui jalur masuk non reguler, berjenis kelamin perempuan, berasal dari jurusan selain Fisika, memiliki IPK > 3,5 dan pernah mendapatkan beasiswa memiliki potensi untuk menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun sebesar 5,506

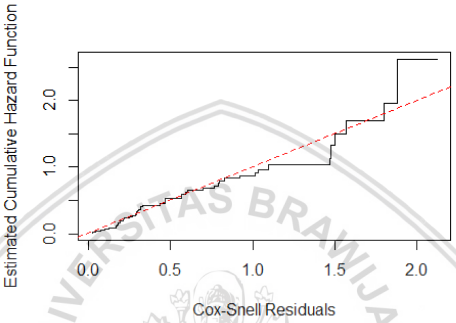
Kemudian akan dihitung laju kecenderungan lama studi mahasiswa menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun yang melalui jalur masuk reguler (SNMTPN/SBMPTN), berjenis kelamin perempuan, berasal dari jurusan selain Fisika, memiliki IPK > 3,5 dan pernah mendapatkan beasiswa adalah

$$h_{g=1}(1408, \boldsymbol{x}) = 1{,}112 \exp(0{,}951(1) - 0{,}281(1) + 0{,}862\ (1) + 0{,}594\ (1)) = 9{,}319$$

Nilai *hazard baseline* mahasiswa yang melalui jalur masuk reguler dengan lama studi 1408 hari adalah 1,112. Pada perhitungan model di atas dapat disimpulkan bahwa mahasiswa yang melalui jalur masuk reguler, berjenis kelamin perempuan, berasal dari jurusan selain Fisika, memiliki IPK > 3,5 dan pernah mendapatkan beasiswa memiliki potensi untuk menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun sebesar 9,319.

4.7 Pemeriksaan Kesesuaian Model

Kesesuaian model regresi Cox dapat diuji dengan cara memeriksa sisaan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan metode sisaan Cox-Snell. Menurut Collet (2003), model regresi *Cox* dapat dikatakan telah sesuai jika plot *log natural kumulatif hazard* dengan *log natural Cox-Snell residual* membentuk garis lurus yang melalui titik awal (0,0) atau titik origin. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di Lampiran 7.



Gambar 4.2 Plot *Cox-Snell Residuals*

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa plot membentuk pola garis lurus yang melalui titik (0,0) untuk *nilai log natural kumulatif hazard* dan *log natural Cox-Snell Residual*. Jadi, dapat dikatakan bahwa model keenam dari regresi *Cox* stratifikasi merupakan model yang sesuai.

4.8 *Hazard Ratio*

Kleinbaum dan Klein (2011) menjelaskan bahwa *hazard ratio* adalah perbandingan dari fungsi *hazard* antar kategori dari setiap variabel dengan mengasumsikan berada pada strata yang sama. Berikut merupakan hasil perhitungan *hazard ratio* secara parsial dan simultan serta *output* pada *software* R selengkapnya disajikan pada Lampiran 4.

4.8.1 Parsial

1. Jenis Kelamin (JK)

Mahasiswa yang berjenis kelamin perempuan dikategorikan dengan 1 dan mahasiswa yang berjenis kelamin laki-laki dikategorikan 0.

$$HR = \frac{h_{0g}(t)\exp[1{,}951(JK=1)]}{h_{0g}(t)\exp[1{,}951(JK=0)]} = \exp[0{,}951] = 2{,}589$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa potensi mahasiswa yang berjenis kelamin perempuan menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun adalah 2,589 kali potensi mahasiswa yang berjenis kelamin laki-laki, dengan asumsi variabel yang distratifikasi dan variabel penjelas lainnya tetap.

2. Jurusan (JRS)

Mahasiswa yang tidak berasal dari Jurusan Fisika dikategorikan dengan 1 dan mahasiswa yang berasal dari Jurusan Fisika dikategorikan dengan 0.

$$HR = \frac{h_{0g}(t)\exp[-0{,}281(JRS=1)]}{h_{0g}(t)\exp[-0{,}281(JRS=0)]} = \frac{1}{\exp[-0{,}281]} = 1{,}325$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa potensi mahasiswa yang berasal dari jurusan selain Fisika menyelesaikan studi lebih dari 4 tahun adalah 1,325 kali potensi mahasiswa yang berasal dari jurusan Fisika, dengan asumsi variabel yang distratifikasi dan variabel penjelas lainnya tetap.

3. Indeks Pretasi Kumulatif (IPK)

Mahasiswa yang memiliki indeks prestasi kumulatif > 3.5 dikategorikan dengan 1 dan mahasiswa yang memiliki indeks prestasi kumulatif ≤ 3.5 dikategorikan dengan 0.

$$HR = \frac{h_{0g}(t)\exp[0{,}862(IPK=1)]}{h_{0g}(t)\exp[0{,}862(IPK=0)]} = \exp[0{,}862] = 2{,}368$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa potensi mahasiswa yang memiliki indeks prestasi kumulatif > 3.5 menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun adalah 2,368 kali potensi mahasiswa yang memiliki indeks prestasi kumulatif ≤ 3.5, dengan asumsi variabel yang distratifikasi dan variabel penjelas lainnya tetap.

4. Beasiswa (BEA)

Mahasiswa yang pernah mendapatkan beasiswa dikategorikan dengan 1 dan mahasiswa yang belum pernah mendapatkan beasiswa dikategorikan dengan 0.

$$HR = \frac{h_{0g}(t)\exp[0{,}594(IPK = 1)]}{h_{0g}(t)\exp[0{,}594(IPK = 0)]} = \exp[0{,}594] = 1{,}812$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa potensi mahasiswa yang pernah mendapatkan beasiswa menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun adalah 1,812 kali potensi mahasiswa yang tidak pernah mendapatkan beasiswa, dengan asumsi variabel yang distratifikasi dan variabel penjelas lainnya tetap.

4.8.2 Simultan

$$\widehat{HR} = \frac{\widehat{h_g}(t, \boldsymbol{X}^*)}{h_g(t, \boldsymbol{X})}$$

$$= \frac{\cancel{\widehat{h_{0g}}(t)}e^{\sum_{i=1}^{p}\widehat{\beta}_j {X_j}^*}}{\cancel{\widehat{h_{0g}}(t)}e^{\sum_{i=1}^{p}\widehat{\beta}_j X_j}}$$

$$= \frac{\exp([0{,}951(JK = 1)] - [0{,}281(JRS = 1)] + [0{,}862(IPK = 1)] + [0{,}594(BEA = 1)])}{\exp([0{,}951(JK = 0)] - [0{,}281(JRS = 0)] + [0{,}862(IPK = 0)] + [0{,}594(BEA = 0)])}$$

$$= \exp(0{,}951 - 0{,}281 + 0{,}862 + 0{,}594)$$

$$= \exp(2{,}126)$$

$$= 8{,}381$$

Jadi, dapat disimpulkan bahwa lama studi mahasiswa yang berjenis kelamin perempuan, berasal dari jurusan selain Fisika, memiliki IPK>3,5 dan pernah mendapatkan beasiswa memiliki potensi 8,381 kali potensi mahasiswa yang berjenis kelamin laki-laki, berasal dari jurusan Fisika, memiliki IPK≤3,5 dan tidak pernah mendapatkan beasiswa, dengan asumsi variabel yang distratifikasi sama.

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan enam model yang didapatkan dari regresi Cox stratifikasi dan tujuh model dari regresi Cox didapatkan model terbaik yaitu model keenam dari regresi *Cox* stratifikasi dengan semua variabel berpengaruh signifikan terhadap lama studi mahasiswa serta nilai AIC yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan model kelima yang menghasilkan nilai AIC terkecil.
2. Dari sepuluh variabel penjelas yaitu Jenis Kelamin, Jurusan, Jalur Masuk, Prioritas Pilihan, Indeks Prestasi Kumulatif, Asal Daerah, Beasiswa, *Part Time*, Organisasi dan Kepanitiaan, hanya Jenis Kelamin, Jurusan, Indeks Prestasi Kumulatif dan Beasiswa dengan stratifikasi Jalur Masuk yang berpengaruh terhadap lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya. Secara rinci, mahasiswa yang melalui jalur masuk reguler (SNMPTN/SBMPTN), berjenis kelamin perempuan, berasal dari selain jurusan Fisika, memiliki IPK>3,5 dan pernah mendapatkan beasiswa cenderung untuk bisa menyelesaikan studi kurang dari atau sama dengan 4 tahun.

5.2 Saran

1. Penelitian ini menggunakan data primer dengan menyebarkan angket pada mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan tahun 2013. Angket disebar melalui *Google Form* dikarenakan mahasiswa tersebut sulit ditemui secara langsung. Oleh karena itu, sebaiknya mempertimbangkan kemudahan mengambil sampel.
2. Dapat mencoba metode lain untuk mengatasi asumsi *proportional hazard* yang tidak terpenuhi yaitu regresi *Cox extended*.

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR PUSTAKA

Arikunto, S. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta. Jakarta.

As'ari, A.W. 2012. *Pendeketan Regresi Cox Proporsional Hazard dalam Penentuan Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Lama Studi Mahasiswa S-1 Matematika di Universitas Airlangga.* Skripsi. S1 UNAIR. Surabaya.

Astutik, Y.S., Tresnawan, D. 2017. Implementasi Cox Proportional Hazard Model Parametrik Pada Analisis Survival. UNISDA *Journal Of Mathematics and Computer Science*. Vol. 3, no.1: 29-38. Batam.

Collet, D. 2003. *Modelling Survival Data in Medical Research Second Edition.* Chapman dan Hall. London.

Gulo, W. 2002. *Metode Penelitian.* PT. Grasindo. Jakarta.

Guo, S. 2010. *Survival Analysis*, Oxford University Pres, Inc, New York.

Hosmer, Jr dan Lemeshow, S. 1999. *Applied survival Analysis Regression Modelling of Time to Event Data*. John Wiley and sons Inc. New York.

Hutahaean, L. P. 2014. *Model Regresi Cox Proportional Hazards Pada Data Lama Studi Mahasiswa.* Skripsi. S1 UNDIP. Semarang.

Kleinbaum, DG dan Klein, M. 2005. *Survival Analysis A Self Learning Text Second Edition*. Springer Verlag. New York.

Lee, ET dan Wang, JW.2003. *Statistical Methods For Survival Data Analys 3rd edition. New Jersey*. John Wiley and Sons Inc. New York.

MIPA UB. 2015. *BAB I-IV Pedoman Sarjana 2015-2016.* FMIPA UB. Malang.

Riduwan. 2005. *Belajar Mudah Penelitian Untuk Guru, Karyawan dan Peneliti Pemula*. Alfabeta. Bandung.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN

Lampiran 1. Angket Penelitian

ANGKET PENELITIAN

I. Keterangan Angket

1. Angket penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh data sebagai tugas akhir dari saudari:
   Nama : Varadila Amalia
   Jurusan/Fakultas: : Statistika Universitas Brawijaya
   Angkatan : 2014
   Judul penelitian : Faktor-Faktor yang Memengaruhi Lama Studi Mahasiswa Menggunakan Analisis *Survival* (Studi Kasus pada Mahasiswa Program Sajana FMIPA Universitas Brawijaya)
2. Dengan mengisi angket penelitian ini, berarti telah ikut serta membantu dalam penyelesaian tugas akhir.
3. Jawaban yang anda berikan **dijamin kerahasiaannya.**

II. Petunjuk Pengisian Angket

1. Sebelum menjawab daftar pertanyaan, terlebih dahulu isi daftar identitas responden yang telah disediakan.
2. Bacalah dengan baik setiap pertanyaan, isilah angket penelitian ini dengan jujur. Kemudian berilah tanda silang (X) pada jawaban yang sesuai dengan anda.
3. Sebelumnya saya ucapkan terima kasih atas segala ketersediaan untuk membantu.

III. Identitas Responden

1. Nama :
2. NIM :
3. Jenis Kelamin :
4. Jurusan :

IV. Daftar Pertanyaan

A. Isilah dengan jawaban yang sesuai dengan anda!

1. Jika sudah melaksanakan ujian skripi atau ujian komprehensif,
   a. Tanggal berapakah anda dinyatakan lulus ujian skripsi atau ujian komprehensif?
      .....
   b. Berapakah Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) anda hingga dinyatakan lulus ujian skripsi atau ujian komprehensif?
      .....
2. Jika belum lulus ujian skripsi atau ujian komprehensif, berapa IPK sampai dengan semester 9?
   .....

B. Berilah tanda (X) pada jawaban yang sesuai dengan anda!

1. Pada saat pendaftaran universitas, pilihan keberapakah prodi anda saat ini?
   a. Pilihan pertama
   b. Bukan pilihan pertama
2. Anda berasal dari daerah mana?
   a. Jawa Timur
   b. Luar Jawa Timur
3. Apakah selama masa kuliah anda pernah mendapatkan beasiswa?
   a. Tidak pernah
   b. Pernah mendapatkan beasiswa
4. Apakah selama masa anda kuliah pernah melakukan kerja paruh waktu (*part time*)? Jika pernah, berapa lama?
   a. Tidak pernah
   b. Pernah bekerja paruh waktu

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

5. Apakah selama masa kuliah anda pernah mengikuti organisasi?
   a. Tidak pernah
   b. Pernah mengikuti organisasi
6. Apakah selama masa anda kuliah pernah menjadi panitia di suatu acara kampus maupun luar kampus?
   a. Tidak pernah
   b. Pernah menjadi panitia

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 2. Data

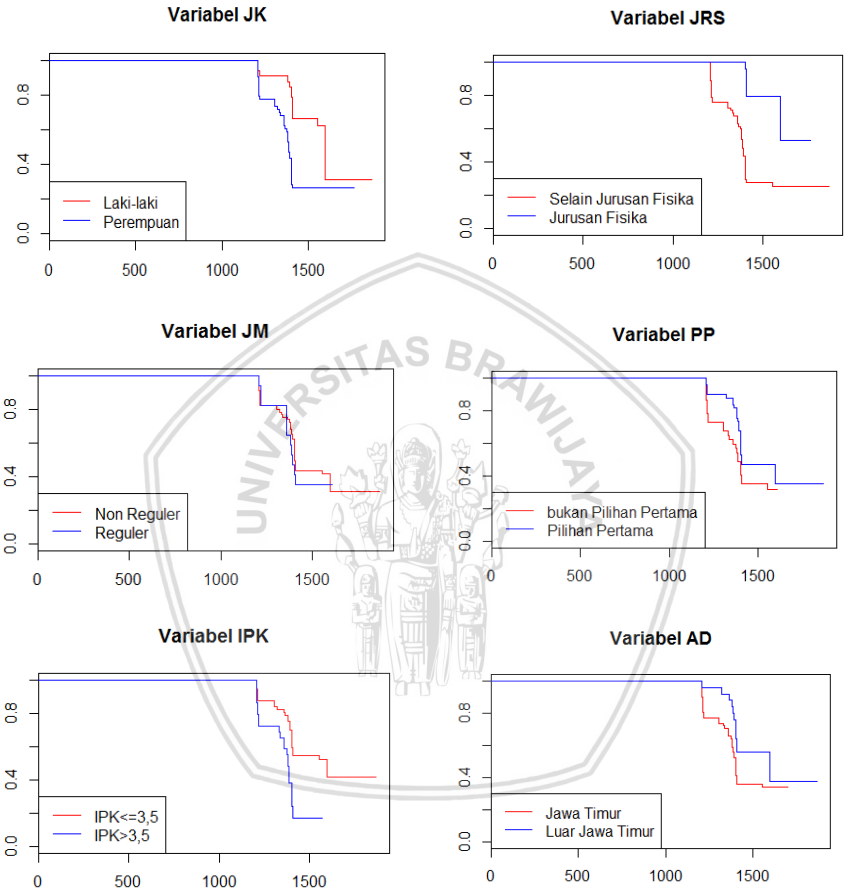
Lampiran 2. Data (Lanjutan)

Keterangan:

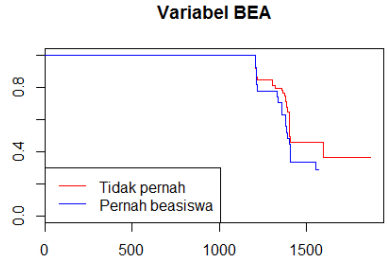
Waktu : Lama studi mahasiswa FMIPA Universitas Brawijaya angkatan 2013.
Status : 0 = Tersensor, 1 = Tidak tersensor
JK : Jenis Kelamin. 0 = Laki-laki, 1 = Perempuan
JRS : Jurusan di FMIPA Universitas Brawijaya angkatan 2013
JM : Jalur masuk Universitas Brawijaya. 0 = Non Reguler (SPMK/Mandiri), 1 = Reguler (SNMPTN/SBMPTN)
PP : Prioritas pilihan. 0 = Bukan pilihan pertama, 1 = Pilihan pertama
IPK : Indeks Pretasi Kumulatif. 0 = IPK $\leq$ 3.5, IPK > 3.5.
AD : Asal Daerah. 0 = Luar Jawa Timur, 1 = Jawa Timur.
BEA : Mendapatkan beasiswa. 0 = Tidak pernah, 1 = Pernah dapat beasiswa.
PT : Bekeja paruh waktu. 0 = Tidak pernah, 1 = Pernah bekerja paruh waktu.
ORG : Organisasi. 0 = Tidak pernah, 1 = Pernah ikut organisasi
KPN : Mengikuti kepanitiaan. 0 = Tidak pernah, 1 = Pernah mengikuti kepanitiaan.

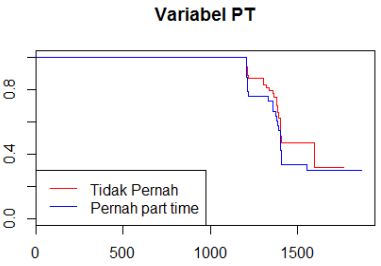
Lampiran 3. Pemeriksaan Asumsi *Proportional Hazard*

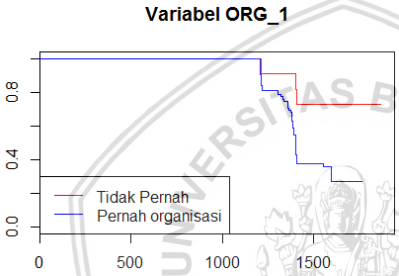
Plot *Log Minus Log*

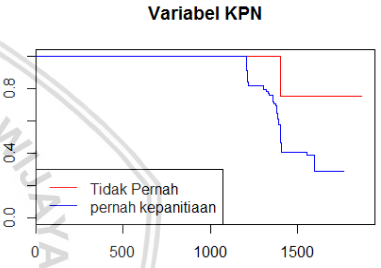


Lampiran 3. Pemeriksaan Asumsi *Proportional Hazard* (Lanjutan)









Schoenfeld Residuals

	rho	chisq	p
JK	-0.000791	3.36e-05	0.9954
JRS	0.283665	3.33e+00	0.0681
JM	0.091070	5.31e-01	0.4660
PP	0.196764	2.34e+00	0.1263
IPK	0.215915	2.96e+00	0.0855
AD	0.159464	1.24e+00	0.2654
BEA	0.224923	2.67e+00	0.1021
PT	0.001922	1.98e-04	0.9888
ORG_1	-0.108916	7.12e-01	0.3989
KPN	-0.077455	3.26e-01	0.5679
GLOBAL	NA	1.34e+01	0.2020

Lampiran 4. Pendugaan Parameter β

1. Regresi Cox Stratifikasi

Model Pertama

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + s
trata(JM) +
    PP + IPK + AD + BEA + PT + ORG_1 + KPN, data =
LSM, method = "breslow")

        coef exp(coef) se(coef)     z      p
JK     1.000     2.718    0.361  2.77 0.0056
JRS   -0.307     0.735    0.101 -3.05 0.0023
PP    -0.263     0.769    0.315 -0.83 0.4044
IPK    0.710     2.033    0.313  2.27 0.0233
AD     0.170     1.186    0.382  0.45 0.6553
BEA    0.437     1.548    0.317  1.38 0.1679
PT     0.161     1.175    0.318  0.51 0.6118
ORG_1  1.108     3.027    0.635  1.74 0.0810
KPN    0.876     2.402    1.044  0.84 0.4010

Likelihood ratio test=48.5  on 9 df, p=2.07e-07
n= 86, number of events= 52
```

Model Kedua

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + s
trata(JM) +
    PP + IPK + BEA + PT + ORG_1 + KPN, data = LSM,
method = "breslow")

         coef exp(coef) se(coef)     z      p
JK     0.9700    2.6381   0.3540  2.74 0.0061
JRS   -0.2987    0.7418   0.0993 -3.01 0.0026
PP    -0.2512    0.7779   0.3136 -0.80 0.4231
IPK    0.7061    2.0261   0.3122  2.26 0.0237
BEA    0.4178    1.5186   0.3128  1.34 0.1817
PT     0.1179    1.1251   0.3008  0.39 0.6951
ORG_1  1.0955    2.9908   0.6338  1.73 0.0839
KPN    0.8947    2.4467   1.0400  0.86 0.3896

Likelihood ratio test=48.3  on 8 df, p=8.69e-08
n= 86, number of events= 52
```

Lampiran 4. Pendugaan Parameter (Lanjutan)

Model Ketiga

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + s
trata(JM) +
    PP + IPK + BEA + ORG_1 + KPN, data = LSM, meth
od = "breslow")

         coef exp(coef) se(coef)     z       p
JK     0.9479    2.5804   0.3488  2.72 0.0066
JRS   -0.3051    0.7370   0.0979 -3.12 0.0018
PP    -0.2291    0.7952   0.3079 -0.74 0.4568
IPK    0.7157    2.0455   0.3107  2.30 0.0212
BEA    0.4411    1.5545   0.3069  1.44 0.1506
ORG_1  1.0959    2.9918   0.6331  1.73 0.0834
KPN    0.8999    2.4592   1.0384  0.87 0.3862

Likelihood ratio test=48.1  on 7 df, p=3.35e-08
n= 86, number of events= 52
```

Model Keempat

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + s
trata(JM) +
    IPK + BEA + ORG_1 + KPN, data = LSM, method =
"breslow")

         coef exp(coef) se(coef)     z       p
JK     0.9385    2.5562   0.3465  2.71 0.0068
JRS   -0.3144    0.7302   0.0967 -3.25 0.0012
IPK    0.7650    2.1489   0.3032  2.52 0.0116
BEA    0.4688    1.5980   0.3046  1.54 0.1239
ORG_1  0.9759    2.6536   0.6128  1.59 0.1113
KPN    0.9440    2.5703   1.0384  0.91 0.3633

Likelihood ratio test=47.6  on 6 df, p=1.43e-08
n= 86, number of events= 52
```

Lampiran 4. Pendugaan Parameter (Lanjutan)

Model Kelima

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + s
trata(JM) +
    IPK + BEA + ORG_1, data = LSM, method = "bresl
ow")

          coef exp(coef) se(coef)     z      p
JK      0.9720    2.6433   0.3437  2.83 0.0047
JRS    -0.2997    0.7410   0.0945 -3.17 0.0015
IPK     0.8181    2.2662   0.3008  2.72 0.0065
BEA     0.5092    1.6640   0.3033  1.68 0.0932
ORG_1   1.0225    2.7803   0.6127  1.67 0.0951

Likelihood ratio test=46.5  on 5 df, p=7.21e-09
n= 86, number of events= 52
```

Model Keenam

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + s
trata(JM) +
    IPK + BEA, data = LSM, method = "breslow")

       coef exp(coef) se(coef)     z       p
JK    0.980     2.666    0.341  2.88 0.0040
JRS -0.293     0.746    0.092 -3.19 0.0014
IPK   0.892     2.441    0.299  2.99 0.0028
BEA   0.601     1.824    0.302  1.99 0.0467

Likelihood ratio test=42.9  on 4 df, p=1.11e-08
n= 86, number of events= 52
```

Lampiran 4. Pendugaan Parameter (Lanjutan)

2. Regresi Cox

Model Pertama

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + J
M + PP + IPK +
    AD + BEA + PT + ORG_1 + KPN, data = LSM)
          coef exp(coef)  se(coef)     z      p
JK     1.017863  2.767274  0.359559  2.83 0.0046
JRS   -0.284756  0.752198  0.096553 -2.95 0.0032
JM    -0.000108  0.999892  0.120200  0.00 0.9993
PP    -0.230045  0.794498  0.312642 -0.74 0.4618
IPK    0.731117  2.077400  0.310905  2.35 0.0187
AD     0.189460  1.208596  0.374845  0.51 0.6133
BEA    0.448865  1.566534  0.313323  1.43 0.1520
PT     0.214639  1.239415  0.317873  0.68 0.4995
ORG_1  1.082105  2.950885  0.630927  1.72 0.0863
KPN    0.687729  1.989192  1.035644  0.66 0.5067

Likelihood ratio test=47.9  on 10 df, p=6.58e-07
n= 86, number of events= 52
```

Model Kedua

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + P
P + IPK + AD +
    BEA + PT + ORG_1 + KPN, data = LSM, method = "
breslow")
         coef exp(coef) se(coef)     z      p
JK     0.9983    2.7136   0.3581  2.79 0.0053
JRS   -0.2812    0.7549   0.0965 -2.91 0.0036
PP    -0.2333    0.7919   0.3072 -0.76 0.4476
IPK    0.7197    2.0539   0.3077  2.34 0.0193
AD     0.1831    1.2009   0.3750  0.49 0.6254
BEA    0.4529    1.5729   0.3115  1.45 0.1459
PT     0.1992    1.2205   0.3177  0.63 0.5306
ORG_1  1.0816    2.9493   0.6199  1.74 0.0810
KPN    0.6849    1.9837   1.0354  0.66 0.5083
Likelihood ratio test=47  on 9 df, p=3.98e-07
n= 86, number of events= 52
```

Lampiran 4. Pendugaan Parameter (Lanjutan)

Model Ketiga

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + P
P + IPK + BEA +
    PT + ORG_1 + KPN, data = LSM, method = "breslo
w")

          coef exp(coef) se(coef)     z      p
JK      0.9699    2.6377   0.3536  2.74 0.0061
JRS    -0.2708    0.7627   0.0943 -2.87 0.0041
PP     -0.2235    0.7997   0.3068 -0.73 0.4663
IPK     0.7137    2.0415   0.3069  2.33 0.0200
BEA     0.4305    1.5381   0.3069  1.40 0.1606
PT      0.1530    1.1654   0.3010  0.51 0.6112
ORG_1   1.0737    2.9262   0.6200  1.73 0.0833
KPN     0.7099    2.0338   1.0327  0.69 0.4918

Likelihood ratio test=46.7  on 8 df, p=1.72e-07
n= 86, number of events= 52
```

Model Keempat

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + P
P + IPK + BEA +
    ORG_1 + KPN, data = LSM, method = "breslow")

          coef exp(coef) se(coef)     z      p
JK      0.9395    2.5587   0.3475  2.70 0.0069
JRS    -0.2788    0.7567   0.0929 -3.00 0.0027
PP     -0.1893    0.8275   0.2980 -0.64 0.5252
IPK     0.7268    2.0684   0.3050  2.38 0.0172
BEA     0.4636    1.5897   0.2998  1.55 0.1221
ORG_1   1.0685    2.9110   0.6190  1.73 0.0843
KPN     0.7268    2.0685   1.0311  0.70 0.4809

Likelihood ratio test=46.5  on 7 df, p=7.06e-08
n= 86, number of events= 52
```

Lampiran 4. Pendugaan Parameter (Lanjutan)

Model Kelima

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + I
PK + BEA +
    ORG_1 + KPN, data = LSM, method = "breslow")

         coef exp(coef) se(coef)     z      p
JK     0.9313    2.5377   0.3457  2.69 0.0071
JRS   -0.2884    0.7494   0.0915 -3.15 0.0016
IPK    0.7616    2.1416   0.2994  2.54 0.0110
BEA    0.4792    1.6148   0.2986  1.60 0.1085
ORG_1  0.9806    2.6661   0.6042  1.62 0.1046
KPN    0.7776    2.1761   1.0287  0.76 0.4497

Likelihood ratio test=46.1  on 6 df, p=2.86e-08
n= 86, number of events= 52
```

Model Keenam

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + I
PK + BEA +
    ORG_1, data = LSM, method = "breslow")

         coef exp(coef) se(coef)     z      p
JK     0.9486    2.5822   0.3441  2.76 0.0058
JRS   -0.2807    0.7552   0.0911 -3.08 0.0021
IPK    0.8031    2.2324   0.2969  2.70 0.0068
BEA    0.5114    1.6676   0.2973  1.72 0.0854
ORG_1  1.0080    2.7400   0.6034  1.67 0.0948

Likelihood ratio test=45.4  on 5 df, p=1.23e-08
n= 86, number of events= 52
```

Lampiran 4. Pendugaan Parameter (Lanjutan)

Model Ketujuh

```
Call:
coxph(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JK + JRS + I
PK + BEA, data = LSM,
    method = "breslow")

       coef exp(coef) se(coef)     z       p
JK   0.9512    2.5888   0.3394  2.80 0.0051
JRS -0.2818    0.7544   0.0907 -3.11 0.0019
IPK  0.8622    2.3685   0.2953  2.92 0.0035
BEA  0.5949    1.8128   0.2962  2.01 0.0446

Likelihood ratio test=41.6  on 4 df, p=1.97e-08
n= 86, number of events= 52
```

Lampiran 5. Uji Log Rank Pada Variabel JRS

```
> survdiff(Surv(Waktu,Status)~JRS,data=LSM)
Call:
survdiff(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JRS, data
= LSM)

       N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
JRS=1 14       10    10.18   0.00329   0.00692
JRS=2 14       10     9.82   0.00341   0.00692

 Chisq= 0  on 1 degrees of freedom, p= 0.934
> survdiff(Surv(Waktu,Status)~JRS,data=LSM)
Call:
survdiff(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JRS, data
= LSM)

       N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
JRS=1 14       10     8.86    0.1458     0.244
JRS=3 20       15    16.14    0.0801     0.244

 Chisq= 0.2  on 1 degrees of freedom, p= 0.622
> survdiff(Surv(Waktu,Status)~JRS,data=LSM)
Call:
survdiff(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JRS, data
= LSM)

       N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
JRS=1 14       10    11.76     0.263     0.614
JRS=4 14       11     9.24     0.335     0.614

 Chisq= 0.6  on 1 degrees of freedom, p= 0.433
> survdiff(Surv(Waktu,Status)~JRS,data=LSM)
Call:
survdiff(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JRS, data
= LSM)

       N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
JRS=1 14       10      3.8     10.13      13.8
JRS=5 24        6     12.2      3.15      13.8

 Chisq= 13.8  on 1 degrees of freedom, p= 0.000206
```

Lampiran 5. Uji Log Rank Pada Variabel JRS (Lanjutan)

```
> survdiff(Surv(Waktu,Status)~JRS,data=LSM)
Call:
survdiff(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JRS, data
= LSM)

       N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
JRS=2 14       10      9.2    0.0691     0.119
JRS=3 20       15     15.8    0.0403     0.119

 Chisq= 0.1  on 1 degrees of freedom, p= 0.73
> survdiff(Surv(Waktu,Status)~JRS,data=LSM)
Call:
survdiff(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JRS, data
= LSM)

       N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
JRS=2 14       10     10.5    0.0284    0.0603
JRS=4 14       11     10.5    0.0286    0.0603

 Chisq= 0.1  on 1 degrees of freedom, p= 0.806
> survdiff(Surv(Waktu,Status)~JRS,data=LSM)
Call:
survdiff(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JRS, data
= LSM)

       N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
JRS=2 14       10      3.9      9.53      13.2
JRS=5 24        6     12.1      3.07      13.2

 Chisq= 13.2  on 1 degrees of freedom, p= 0.00028
> survdiff(Surv(Waktu,Status)~JRS,data=LSM)
Call:
survdiff(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JRS, data
= LSM)

       N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
JRS=3 20       15    17.28     0.302         1
JRS=4 14       11     8.72     0.598         1

 Chisq= 1  on 1 degrees of freedom, p= 0.317
```

Lampiran 5. Uji Log Rank Pada Variabel JRS (Lanjutan)

```
> survdiff(Surv(Waktu,Status)~JRS,data=LSM)
Call:
survdiff(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JRS, data
= LSM)

       N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
JRS=3 20       15     6.45     11.32      17.9
JRS=5 24        6    14.55      5.02      17.9

 Chisq= 17.9  on 1 degrees of freedom, p= 2.37e-05
> survdiff(Surv(Waktu,Status)~JRS,data=LSM)
Call:
survdiff(formula = Surv(Waktu, Status) ~ JRS, data
= LSM)

       N Observed Expected (O-E)^2/E (O-E)^2/V
JRS=4 14       11     3.55     15.67      21.3
JRS=5 24        6    13.45      4.13      21.3

 Chisq= 21.3  on 1 degrees of freedom, p= 3.92e-06
```

Lampiran 6. Pemilihan Model Terbaik

Regresi Cox Stratifikasi

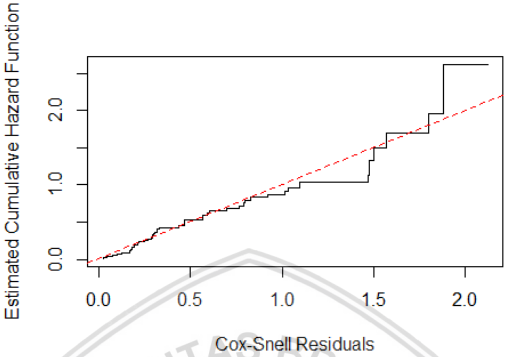
```
> extractAIC(coxs1)
[1]    9.0000 336.4338
> extractAIC(coxs2)
[1]    8.0000 334.6296
> extractAIC(coxs3)
[1]    7.000 332.783
> extractAIC(coxs4)
[1]    6.0000 331.3348
> extractAIC(coxs5)
[1]    5.000 330.428
> extractAIC(coxs6)
[1]    4.0000 332.0592
```

Regresi Cox

```
> extractAIC(cox)
[1]  10.0000 391.0256
> extractAIC(coxs1)
[1]    9.0000 390.8175
> extractAIC(coxs2)
[1]    8.000 389.051
> extractAIC(coxs3)
[1]    7.0000 387.3087
> extractAIC(coxs4)
[1]    6.0000 385.7109
> extractAIC(coxs5)
[1]    5.0000 384.4358
> extractAIC(coxs6)
[1]    4.0000 386.1371
```

Lampiran 7. Pemeriksaan Kesesuaian Model

Plot *Cox-Snell Residuals*



Lampiran 8. ***Hazard Baseline***

No	hazard	time	Strata	No	hazard	time	strata
1	0.01796651	1208	JM=0	28	0.80274294	1450	JM=0
2	0.05516759	1209	JM=0	29	0.80274294	1470	JM=0
3	0.07553104	1211	JM=0	30	0.80274294	1548	JM=0
4	0.08621574	1214	JM=0	31	0.80274294	1549	JM=0
5	0.09718778	1215	JM=0	32	0.80274294	1550	JM=0
6	0.11995103	1216	JM=0	33	0.80274294	1554	JM=0
7	0.13200519	1307	JM=0	34	0.86550988	1555	JM=0
8	0.14425778	1308	JM=0	35	0.86550988	1559	JM=0
9	0.15671544	1323	JM=0	36	0.86550988	1570	JM=0
10	0.16938516	1333	JM=0	37	1.67097.951	1601	JM=0
11	0.18309415	1337	JM=0	38	1.67097.951	1702	JM=0
12	0.19802812	1363	JM=0	39	1.67097.951	1765	JM=0
13	0.21326787	1378	JM=0	40	1.67097.951	1872	JM=0
14	0.22930945	1381	JM=0	41	0.03024616	1210	JM=1
15	0.24570437	1382	JM=0	42	0.06382330	1217	JM=1
16	0.26243686	1383	JM=0	43	0.09884750	1218	JM=1
17	0.28103095	1388	JM=0	44	0.14315758	1358	JM=1
18	0.30083267	1389	JM=0	45	0.24684718	1360	JM=1
19	0.32329591	1391	JM=0	46	0.33898007	1384	JM=1
20	0.34706797	1392	JM=0	47	0.45798658	1388	JM=1
21	0.42073702	1402	JM=0	48	0.65318408	1395	JM=1
22	0.44883904	1403	JM=0	49	0.86968209	1402	JM=1
23	0.57265988	1404	JM=0	50	1.11269.878	1408	JM=1
24	0.61450543	1405	JM=0	51	1.11269.878	1549	JM=1
25	0.65772175	1408	JM=0	52	1.11269.878	1570	JM=1
26	0.70558087	1410	JM=0	53	1.11269.878	1612	JM=1
27	0.80274294	1411	JM=0				

Lampiran 9. ***Syntax R***

1. Regresi *Cox* Stratifikasi

```
library(survival)
LSM=read.table("D:/DATAKU15.txt",header=TRUE)

#km plot JRS
kmJRS=survfit(msurv~LSM$JRS)
plot(kmJRS,col=c("red","blue","Yellow","purple","green"),main="V
ariabel JRS")
legend("bottomleft",c("Statistika","Matematika","Kimia","Biologi","
Fisika"),lty=1,col=c("red","blue","Yellow","purple","green"))

cox<-coxph(formula=Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+JM+PP+IPK
+AD+BEA+PT+ORG_1+KPN,data=LSM)
cox
#UJI GOF
cox.zph(cox,transform=rank)
#StratifiedCox
coxs1<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+strata(JM)+PP+IPK+
AD+BEA+PT+ORG_1+KPN,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs1)
coxs2<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+strata(JM)+PP+IPK+
BEA+PT+ORG_1+KPN,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs2)
coxs3<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+strata(JM)+PP+IPK+
BEA+ORG_1+KPN,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs3)
coxs4<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+strata(JM)+IPK+
BEA+ORG_1+KPN,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs4)
coxs5<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+strata(JM)+IPK+
BEA+ORG_1,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs5)
coxs6<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+strata(JM)+IPK+
BEA,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs6)
```

Lampiran 9. *Syntax R* (Lanjutan)

```
#AIC
extractAIC(coxs1)
extractAIC(coxs2)
extractAIC(coxs3)
extractAIC(coxs4)
extractAIC(coxs5)
extractAIC(coxs6)


 # Hazard baseline
basehaz(coxs6)

## cox snell ##
coxsnellres=LSM$Status-resid(coxs6,type="martingale")
fitres=survfit(coxph(Surv(coxsnellres,LSM$Status)~1),type='aalen')
plot(fitres$time,-log(fitres$surv),type='s',xlab='Cox-Snell
Residuals',
ylab='Estimated Cumulative Hazard Function')
abline(0,1,col='red',lty=2)
```

Lampiran 9. *Syntax R* (Lanjutan)

2. Regresi *Cox*

```
LSM=read.table("D:/DATAKU13.txt",header=TRUE)
cox<-coxph(formula=Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+JM+PP+IPK+
AD+BEA+PT+ORG_1+KPN,data=LSM)
cox
#UJI GOF
cox.zph(cox,transform=rank)
#RegresiCox
coxs1<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+PP+IPK+AD+BEA
+PT+ORG_1+KPN,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs1)
coxs2<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+PP+IPK+BEA+PT
+ORG_1+KPN,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs2)
coxs3<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+PP+IPK+BEA
+ORG_1+KPN,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs3)
coxs4<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+IPK+BEA+ORG_1
+KPN,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs4)
coxs5<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+IPK+BEA
+ORG_1,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs5)
coxs6<-coxph(Surv(Waktu,Status)~JK+JRS+IPK+BEA
,data=LSM,method="breslow")
cox.zph(coxs6)

#AIC
extractAIC(cox)
extractAIC(coxs1)
extractAIC(coxs2)
extractAIC(coxs3)
extractAIC(coxs4)
extractAIC(coxs5)
extractAIC(coxs6)
```

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA