

**ANALISIS DAN PENERAPAN *PROCESS MINING* UNTUK  
MENENTUKAN *BOTTLENECK* MATA KULIAH DAN PROSES SKRIPSI  
(STUDI KASUS PROGRAM STUDI S1 ILMU KOMPUTER UNILA)**

**(SKRIPSI)**

**Oleh**

**JONATHAN MICHAEL  
1817051064**



**JURUSAN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

**ANALISIS DAN PENERAPAN *PROCESS MINING* UNTUK  
MENENTUKAN *BOTTLENECK* MATA KULIAH DAN PROSES SKRIPSI  
(STUDI KASUS PROGRAM STUDI S1 ILMU KOMPUTER UNILA)**

**(SKRIPSI)**

Oleh  
**JONATHAN MICHAEL**  
**1817051064**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA KOMPUTER**

Pada  
**Jurusan Ilmu Komputer**  
**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS DAN PENERAPAN *PROCESS MINING* UNTUK MENENTUKAN *BOTTLENECK* MATA KULIAH DAN PROSES SKRIPSI (STUDI KASUS PROGRAM STUDI S1 ILMU KOMPUTER UNILA)**

**Oleh**

**JONATHAN MICHAEL**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aktivitas mahasiswa selama masa kuliah mereka dengan tujuan mengidentifikasi faktor-faktor yang berdampak pada durasi studi mereka. Analisis ini menggunakan data dari *log* Kartu Rencana Studi (KRS) mahasiswa program Ilmu Komputer di Universitas Lampung. Data ini diperoleh melalui Sistem Informasi Akademik Universitas Lampung (Siakadu UNILA), serta catatan peristiwa yang terkait dengan proses skripsi mahasiswa Ilmu Komputer. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *process mining*, dengan fokus pada tahap penemuan proses dan pemeriksaan kesesuaian, terutama dalam mengidentifikasi potensi *bottleneck* dalam pemilihan mata kuliah dan proses skripsi. Hasil dari penelitian ini mencakup analisis yang komprehensif dan rekomendasi untuk meningkatkan efisien pengambilan mata kuliah dan proses skripsi dalam program Ilmu Komputer di Universitas Lampung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa mata kuliah, seperti operasi riset, memiliki tingkat kelulusan yang tinggi, namun minim diminati oleh mahasiswa. Untuk mengatasi ini, diperlukan strategi optimisasi yang melibatkan langkah-langkah untuk meningkatkan minat mahasiswa terhadap mata kuliah operasi riset atau mata kuliah serupa, dengan tujuan untuk meningkatkan tingkat kelulusan. Meskipun penerapan algoritma mining heuristik pada proses penambangan data Siakadu dan proses skripsi Ilmu Komputer menghasilkan model proses yang sesuai dengan log peristiwa yang ada (*fitness*), nilai *precision* dan *generalization* masih rendah karena variasi data yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian dan modifikasi data log untuk mencapai hasil yang lebih akurat dalam analisis proses tersebut.

Kata kunci: *Process mining, Bottleneck, Event Log.*

## **ABSTRACT**

### **ANALISIS DAN PENERAPAN *PROCESS MINING* UNTUK MENENTUKAN *BOTTLENECK* MATA KULIAH DAN PROSES SKRIPSI (STUDI KASUS PROGRAM STUDI S1 ILMU KOMPUTER UNILA)**

**By**

**JONATHAN MICHAEL**

*This research aims to analyze students activities during their academic years with the goal of identifying factors that impact their study duration. The analysis utilizes data from the Course Plan Card (KRS) event log for Computer Science students at Lampung University. This data is obtained through the Academic Information System of Lampung University (Siakadu UNILA), along with records of events related to the Computer Science student thesis process. The method employed in this research is process mining, focusing on the stages of process discovery and compliance checking, particularly in identifying potential bottlenecks in course selection and thesis processes. The results of this research encompass a comprehensive analysis and recommendations to enhance the efficiency of coursework and thesis processes in the Computer Science program at Lampung University. The research findings reveal that certain courses, such as research operations, have high graduation rates but are less popular among students. To address this, optimization strategies are needed, involving steps to increase student interest in research operations courses or similar subjects, with the aim of improving graduation rates. Although the application of heuristic mining algorithms to the Siakadu data mining process and the Computer Science thesis process yields process models aligned with existing event logs (fitness), the precision and generalization values are still low due to high data variability. Therefore, adjustments and modifications to the log data are necessary to achieve more accurate results in the process analysis.*

*Keywords: Process mining, Bottleneck, Event Log.*

**Judul Skripsi**

**: ANALISIS DAN PENERAPAN *PROCESS MINING* UNTUK MENENTUKAN *BOTTLENECK* MATA KULIAH DAN PROSES SKRIPSI (STUDI KASUS PROGRAM STUDI S1 ILMU KOMPUTER UNILA)**

**Nama Mahasiswa**

**: Jonathan Michael**

**Nomor Pokok Mahasiswa**

**: 1817051064**

**Jurusan**

**: Ilmu Komputer**

**Fakultas**

**: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**



**Yunda Heningtyas, M.Kom.**  
**NIP 19890108 201903 2 014**



**Astria Hijriani, S.Kom., M.Kom.**  
**NIP 19810308 200812 2 002**

**2. Ketua Jurusan Ilmu Komputer**



**Didik Kurniawan, S.Si., M.T.**  
**NIP 19800419 200501 1 004**

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Yunda Heningtyas, M.Kom.**

**Penguji I Sekretaris : Astria Hijriani, S.Kom., M.Kom.**

**Penguji II Bukan Pembimbing : Ossy Dwi Endah Wulansari, S.Si., M.T.**

**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**

**NIP. 19711001 200501 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 04 Agustus 2023**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jonathan Michael

NPM : 1817051064

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul Analisis Dan Penerapan Process Mining Untuk Menentukan Bottleneck Mata Kuliah Dan Proses Skripsi (Studi Kasus Program Studi S1 Ilmu Komputer Unila) merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang telah saya terima.

Bandar Lampung, 4 Agustus 2023



Jonathan Michael  
NPM. 1817051064

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Jonathan Michael bertempat lahir di Kota Jakarta pada tanggal 12 September 2000, sebagai anak kedua dari Dua bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SDN Jatikramat 07 dan selesai pada tahun 2006-2012. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 34 Bekasi yang diselesaikan pada tahun 2015, lalu melanjutkan ke pendidikan menengah atas di SMA Negeri 6 Bekasi yang diselesaikan pada tahun 2018.

Pada tahun 2018 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis melakukan beberapa kegiatan antara lain.

1. Menjadi anggota Adapter Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer pada periode 2018/2019
2. Menjadi anggota Medinfo Himpunan Mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer periode 2018/2019
3. Menjadi kepala divisi danus pada acara Pekan Raya Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2019



4. Menjadi bendahara pada acara Pekan Raya Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2020
5. Melaksanakan Kerja Praktik di Kantor Wilayah Kementerian Hukum dan HAM Lampung pada tahun 2021

## **PERSEMBAHAN**

Puji Tuhan atas segala berkat-Nya dan anugrah-Nya yang telah menjadi dasar pengharapan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Kupersembahkan karya ini kepada:

### **Kedua Orang Tuaku Tercinta**

Yang senantiasa memberikan yang terbaik, dan melantunkan do'a yang selalu menyertaiku. Kuucapkan pula terima kasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membesarkanku dengan cara yang dipenuhi kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang belum bisa terbalaskan.

### **Seluruh Keluarga Besar Ilmu Komputer 2018**

Yang selalu memberikan semangat dan dukungan.

### **Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Ilmu Komputer**

Tempat bernaung mengemban semua ilmu untuk menjadi bekal hidup.

## MOTTO

*“Janganlah hendaknya kerajinanmu kendor, biarlah rohmu menyala-nyala dan layanilah Tuhan.”*

*(Roma 12:11)*

*“Karena itu rendahkanlah dirimu di bawah tangan Tuhan yang kuat, supaya kamu ditinggikan-Nya pada waktunya. Serahkanlah segala kekuatiranmu kepada-Nya, sebab Ia yang memelihara kamu.”*

*(1 Petrus 5:6-7)*

*“Jangan sesat! Allah tidak membiarkan diri-Nya dipermainkan. Karena apa yang ditabur orang, itu juga yang akan dituaiinya. Sebab barangsiapa menabur dalam dagingnya, ia akan menuai kebinasaan dari dagingnya, tetapi barangsiapa menabur dalam Roh, ia akan menuai hidup yang kekal dari Roh itu.”*

*(Galatia 6:7-8)*

*“I don't think it's the most important thing in life to fit in. The most important thing in life is to dance to the beat of your own drum and to look like you're having more fun than the people who look cool like they fit in”*

*(Taylor Swift)*

## SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia serta kasihNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis dan Penerapan Process Mining Untuk Menentukan Bottleneck Mata Kuliah dan Proses Skripsi (Studi Kasus Program Studi S1 Ilmu Komputer Unila)**”. Selesaiannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih ditujukan kepada:

1. Papa, Mama, dan Kakak Debora selaku keluarga yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan dukungannya sehingga penelitian ini terselesaikan.
2. Ibu Astria Hijriani, S.Kom, M.Kom., selaku dosen pembimbing utama dalam penelitian ini, yang selalu memberikan bimbingan, ilmu, dan saran.
3. Ibu Yunda Heningtyas M.Kom., selaku dosen pembimbing pembantu, yang telah memberikan ilmu dan saran dalam penelitian ini.
4. Ibu Ossy Dwi Endah Wulansari, S.Si, M.T., selaku dosen pembahas, yang telah memberikan ilmu dan saran dalam penelitian ini.
5. Ibu Anie Rose Irawati, ST, M.Cs., selaku sekretaris jurusan dan dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan setiap semester hingga penelitian ini selesai.
6. Bapak Didik Kurniawan, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung.
7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Jurusan Ilmu Komputer yang telah memberikan ilmunya selama masa perkuliahan.
8. Teman seperjuangan di kala suka dan duka selama masa perkuliahan Suci Hasanah Bertha, Hana Afriliza, Windy Desty Ariany, Agnes Pramudani, Kevin Juone, Rexi Adam dan Afifah yang selalu memberi semangat dan membantu mencari jalan keluar setiap ada masalah.
9. Teman-teman seangkatan Jurusan Ilmu Komputer 2018 di Universitas Lampung.

Disadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan skripsi ini yang disebabkan terbatasnya kemampuan, pengetahuan, dan pengalaman. Tetapi, semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi yang pihak yang membaca.

Bandar Lampung, 5 Agustus 2023

Jonathan Michael  
NPM. 1817051064

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah .....	4
1.4. Tujuan .....	4
1.5. Manfaat .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. <i>Process mining</i> .....	6
2.1.1. <i>Discovery</i> .....	7
2.1.2. <i>Conformance</i> .....	8
2.1.3. <i>Enhancement</i> .....	9
2.2. Business Process Management.....	9
2.3. <i>Event log</i> .....	11
2.4. <i>Data Preprocessing</i> .....	13
2.4.1. <i>Data Cleaning</i> .....	13
2.4.2. <i>Data Integration</i> .....	14
2.4.3. <i>Data Transformation</i> .....	14
2.4.4. <i>Data Reduction</i> .....	14
2.5. <i>Heuristic Miner</i> .....	15
2.5.1 <i>Dependency Measure</i> .....	15
2.5.2 Parameter Algoritma <i>Heuristic mining</i> .....	18
2.6. <i>ProM 6.9</i> .....	19
2.7. <i>Conformance Checking</i> .....	20
2.7.1. <i>Fitness</i> .....	20
2.7.2. <i>Presicion</i> .....	21
2.7.3. <i>Generalization</i> .....	21

2.8. Sistem Informasi Akademik .....	22
2.9. <i>Pentaho Data Integration</i> .....	23
2.10. Penelitian Terdahulu .....	23
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>27</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
3.2 Alat Pendukung .....	27
3.3 Tahapan Penelitian .....	28
3.3.1 Tahapan Inisiasi .....	29
3.3.2 Tahapan Mining Data Log.....	29
3.3.3 Tahapan Data Pre-Processing .....	30
3.3.4 Tahapan Process <i>Discovery</i> .....	31
3.3.5 Tahapan <i>Conformance Checking</i> .....	32
3.3.6 Tahapan Analisis.....	32
3.3.7 Tahapan Penulisan Laporan.....	33
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>34</b>
4.1. Pengambilan Data.....	34
4.2. <i>Preprocessing</i> .....	34
4.3. Analisis Kategori Mahasiswa Lulus 8 semester.....	49
4.3.1. Pengujian <i>Threshold</i> RT, PT dan DT.....	50
4.3.2. Analisis Mata Kuliah Pilihan.....	55
4.3.3. Analisis Performansi Mahasiswa Pada Mata Kuliah .....	64
4.4. Analisis Kategori Mahasiswa Lulus Lebih dari 8 Semester .....	70
4.4.1. Pengujian <i>Threshold</i> RT, PT dan DT.....	71
4.4.2. Analisis Mata Kuliah Pilihan.....	74
4.4.3. Analisis Performansi Mahasiswa Pada Mata Kuliah .....	84
4.5. Analisis Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	91
4.5.1. Pengujian <i>Threshold</i> RT, PT dan DT.....	92
4.5.2. Analisis Mata Kuliah Pilihan.....	95
4.5.3. Analisis Performansi Mahasiswa Pada Mata Kuliah .....	105
4.6. Analisis Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	113
4.6.1. Pengujian <i>Threshold</i> RT, PT dan DT.....	113
4.6.2. Analisis Mata Kuliah Pilihan.....	118
4.6.3. Analisis Performansi Mahasiswa Pada Mata Kuliah .....	127
4.7. Analisis Kategori Mahasiswa Mengulang KP .....	137
4.7.1. Pengujian <i>Threshold</i> RT, PT dan DT.....	137

4.7.2. Analisis Mata Kuliah Pilihan .....	141
4.7.3. Analisis Performansi Mahasiswa Pada Mata Kuliah .....	150
4.8. Analisis Kategori Semua Mahasiswa .....	158
4.8.1. Pengujian <i>Threshold</i> RT, PT dan DT .....	158
4.8.2. Analisis Mata Kuliah Pilihan .....	162
4.8.3. Analisis Performansi Mahasiswa Pada Mata Kuliah .....	172
4.9. Analisis Seluruh Kategori Mahasiswa .....	180
4.10. Analisis Kategori Mahasiswa Proses Skripsi .....	182
4.10.1. Pengujian <i>Threshold</i> RT, PT dan DT .....	183
4.10.2. Analisis Pengaruh Waktu Proses Skripsi .....	187
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>191</b>
5.1. Simpulan .....	191
5.2. Saran .....	193
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>194</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. <i>Dependency Table</i> .....	16
2. <i>Dependency measure table</i> .....	17
3. <i>Data Log</i> Mentah.....	34
4. Atribut Awal KHS SIAKADU .....	35
5. Atribut Awal Proses Skripsi Penetapan Tema .....	35
6. Atribut Awal Proses Skripsi (Seminar Usul, Seminar Hasil, Ujian Komprehensif) .....	36
7. Atribut Awal KHS SIAKADU Universitas Lampung.....	37
8. Atribut Awal Proses Skripsi Penetapan Tema .....	37
9. Atribut Awal Proses Skripsi Skripsi (Seminar Hasil, Seminar Usul, Seminar Hasil, Kompre) .....	38
10. <i>Timestamp</i> Berdasarkan Waktu Mulai dan Waktu Berakhir.....	40
11. Pengelompokan Mata Kuliah Berdasarkan Tipe Mata Kuliah.....	40
12. Filter Mahasiswa Lulus Tepat Waktu .....	45
13. Filter Mahasiswa Lulus di atas 8 Semester .....	46
14. Filter Mahasiswa Belum Lulus di atas 8 Semester.....	46
15. Filter Mahasiswa Mengulang Kerja Praktik.....	47
16. Filter Mahasiswa Mengulang Seminar Hasil, Seminar Usul, Skripsi. ....	47
17. <i>Filter</i> Mahasiswa Mengambil Lebih dari 59 <i>Event</i> . ....	48
18. Pemetaan <i>Data Log</i> KHS. ....	48
19. Pemetaan <i>Data Log</i> Skripsi.....	48
20. Jumlah Mahasiswa dalam Skenario .....	51
21. Pengujian Terhadap <i>Parameter RT</i> pada Kategori Lulus Tepat Waktu ( <i>RT</i> , <i>PT</i> , <i>DT</i> , <i>F</i> ). ....	51
22. Pengujian Terhadap Parameter <i>PT</i> pada Kategori Lulus Tepat Waktu. ....	53
23. Pengujian Terhadap Parameter <i>DT</i> pada Kategori Lulus Tepat Waktu .....	53
24. Evaluasi Nilai <i>Fitness</i> pada Keseluruhan <i>Sublog</i> Lulus Tepat Waktu .....	54
25. Daftar Mata Kuliah Pilihan Terbanyak diambil oleh Mahasiswa Lulus Tepat Waktu .....	62
26. Urutan Pengambilan Kategori Mata kuliah Mahasiswa Lulus Tepat Waktu .....	64
27. Status Selesai Mahasiswa Semester 1 Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu .....	64
28. Status Selesai Mahasiswa Semester 2 Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu .....	65
29. Status Selesai Mahasiswa Semester 3 Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu .....	66

30. Status Selesai Mahasiswa Semester 5 Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu .....	67
31. Status Selesai Mahasiswa Semester 6 Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu .....	67
32. Status Selesai Mahasiswa Semester 8 Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu .....	68
33. Jumlah Mahasiswa dalam skenario .....	71
34. Pengujian Terhadap Parameter RT pada Kategori Lulus Lebih Dari 8 Semester. ....	72
35. Pengujian Terhadap Parameter RT pada Kategori Lulus Lebih Dari 8 Semester. ....	73
36. Pengujian Terhadap Parameter DT pada Kategori Lulus Lebih Dari 8 Semester. ....	73
37. Pengujian Terhadap Parameter RT pada Kategori Lulus Lebih Dari 8 Semester. ....	74
38. Daftar Mata Kuliah Pilihan Terbanyak diambil oleh Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	82
39. Urutan Pengambilan Kategori Mata kuliah Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	84
40. Status Selesai Mahasiswa Semester 1 Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	84
41. Status Selesai Mahasiswa Semester 2 Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	85
42. Status Selesai Mahasiswa Semester 3 Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	86
43. Status Selesai Mahasiswa Semester 4 Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	86
44. Status Selesai Mahasiswa Semester 5 Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	87
45. Status Selesai Mahasiswa Semester 6 Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	88
46. Status Selesai Mahasiswa Semester 7 Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	88
47. Status Selesai Mahasiswa Semester 8 Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	89
48. Jumlah Mahasiswa dalam skenario .....	92
49. Pengujian Terhadap Parameter RT pada Kategori Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester. ....	93
50. Pengujian Terhadap Parameter PT pada Kategori Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester. ....	94
51. Pengujian Terhadap Parameter DT pada Kategori Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester. ....	94
52. Evaluasi Nilai <i>Fitness</i> pada Keseluruhan Sublog Lulus Tepat Waktu .....	95
53. Daftar Mata Kuliah Pilihan Terbanyak diambil oleh Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester.....	103

54. Urutan Pengambilan Kategori Mata kuliah Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	105
55. Status Selesai Mahasiswa Semester 1 Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	105
56. Status Selesai Mahasiswa Semester 2 Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	106
57. Status Selesai Mahasiswa Semester 3 Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	107
58. Status Selesai Mahasiswa Semester 4 Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	107
59. Status Selesai Mahasiswa Semester 5 Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	108
60. Status Selesai Mahasiswa Semester 6 Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	109
61. Status Selesai Mahasiswa Semester 7 Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	109
62. Status Selesai Mahasiswa Semester 8 Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	110
63. Jumlah Mahasiswa dalam skenario .....	114
64. Pengujian Terhadap Parameter RT pada Kategori Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	115
65. Pengujian Terhadap Parameter PT pada Kategori Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	116
66. Pengujian Terhadap Parameter DT pada Kategori Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	116
67. Evaluasi Nilai <i>Fitness</i> pada Keseluruhan Sublog Lulus Tepat Waktu .....	117
68. Daftar Mata Kuliah Pilihan Terbanyak diambil oleh Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	125
69. Urutan Pengambilan Kategori Mata kuliah Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	126
70. Status Selesai Mahasiswa Semester 1 Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	127
71. Status Selesai Mahasiswa Semester 2 Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	128
72. Status Selesai Mahasiswa Semester 3 Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	129
73. Status Selesai Mahasiswa Semester 4 Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	129
74. Status Selesai Mahasiswa Semester 5 Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	130
75. Status Selesai Mahasiswa Semester 6 Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	131
76. Status Selesai Mahasiswa Semester 7 Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	131

77.	Status Selesai Mahasiswa Semester 8 Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	132
78.	Jumlah Mahasiswa dalam skenario .....	138
79.	Pengujian Terhadap Parameter RT pada Kategori Mengulang KP. ....	139
80.	Pengujian Terhadap Parameter PT pada Kategori Mengulang KP. ....	139
81.	Pengujian Terhadap Parameter DT pada Kategori Mengulang KP. ....	140
82.	Evaluasi Nilai <i>Fitness</i> pada Keseluruhan Sublog Lulus Tepat Waktu .....	141
83.	Daftar Mata Kuliah Pilihan Terbanyak diambil oleh Mahasiswa Mengulang KP .....	149
84.	Urutan Pengambilan Kategori Mata kuliah Mahasiswa Mengulang KP ...	150
85.	Status Selesai Mahasiswa Semester 1 Kategori Mahasiswa Mengulang KP .....	151
86.	Status Selesai Mahasiswa Semester 2 Kategori Mahasiswa Mengulang KP .....	152
87.	Status Selesai Mahasiswa Semester 3 Kategori Mahasiswa Mengulang KP .....	152
88.	Status Selesai Mahasiswa Semester 4 Kategori Mahasiswa Mengulang KP .....	153
89.	Status Selesai Mahasiswa Semester 5 Kategori Mahasiswa Mengulang KP .....	154
90.	Status Selesai Mahasiswa Semester 6 Kategori Mahasiswa Mengulang KP .....	154
91.	Status Selesai Mahasiswa Semester 7 Kategori Mahasiswa Mengulang KP .....	155
92.	Status Selesai Mahasiswa Semester 8 Kategori Mahasiswa Mengulang KP .....	155
93.	Jumlah Mahasiswa dalam skenario .....	159
94.	Pengujian Terhadap Parameter RT pada Kategori Semua Mahasiswa .....	160
95.	Pengujian Terhadap Parameter PT pada Kategori Semua Mahasiswa .....	160
96.	Pengujian Terhadap Parameter DT pada Kategori Semua Mahasiswa . ...	161
97.	Evaluasi Nilai <i>Fitness</i> pada Keseluruhan Sublog Lulus Tepat Waktu .....	162
98.	Daftar Mata Kuliah Pilihan Terbanyak diambil oleh Mahasiswa Semua Mahasiswa .....	170
99.	Urutan Pengambilan Kategori Mata kuliah Mahasiswa Semua Mahasiswa .....	171
100.	Status Selesai Mahasiswa Semester 1 Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa .....	172
101.	Status Selesai Mahasiswa Semester 2 Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa .....	173
102.	Status Selesai Mahasiswa Semester 3 Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa .....	174
103.	Status Selesai Mahasiswa Semester 4 Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa .....	174
104.	Status Selesai Mahasiswa Semester 5 Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa .....	175

105. Status Selesai Mahasiswa Semester 6 Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa.....	176
106. Status Selesai Mahasiswa Semester 7 Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa.....	176
107. Status Selesai Mahasiswa Semester 8 Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa.....	177
108. Mata Kuliah Dengan Nilai $\leq$ D Paling Terbanyak .....	180
109. Mata Kuliah Pilihan Dengan Pengulangan Terbanyak.....	181
110. Jumlah Mahasiswa dalam skenario .....	184
111. Pengujian Terhadap Parameter RT pada Kategori Proses Skripsi. ....	184
112. Pengujian Terhadap Parameter RT pada Kategori Proses Skripsi. ....	185
113. Pengujian Terhadap Parameter DT pada Kategori Proses Skripsi. ....	185
114. Pengujian Terhadap Parameter RT pada Kategori Proses Skripsi. ....	186
115. Proses Waktu Skripsi Mahasiswa.....	188
116. Pengaruh Payung mata kuliah terhadap mahasiswa lulus.....	189
117. Pengaruh Payung mata kuliah terhadap mahasiswa Belum lulus .....	189
118. Analisis Rerata waktu pengerjaan proses skripsi berdasarkan pembimbing 1 .....	190
119. Analisis Perulangan Hasil, Usul, Skripsi berdasarkan pembimbing 1 .....	190
120. Analisis Progress Hasil, Usul, Skripsi Dan Status Mahasiswa berdasarkan pembimbing 1.....	191

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alur <i>Process mining</i> .....	6
2. Data <i>Initial</i> Proses Model KHS SIAKADU yang dihasilkan sebelum dimasukkan parameter .....	7
3. <i>Mapping</i> pada <i>software ProM</i> .....	8
4. <i>BPM Life Cycle</i> .....	10
5. Struktur <i>event log</i> .....	11
6. Potongan contoh <i>event log</i> .....	12
7. <i>Depedency graph</i> dengan <i>threshold</i> sebesar 2 untuk $  > L $ .....	17
8. <i>Depedency graph</i> dengan <i>threshold</i> sebesar 5 untuk $  > L $ dan 0.9 untuk $  \rightarrow L $ .....	18
9. <i>Workflow</i> Tahapan Penelitian. ....	29
10. <i>Flowchart</i> Tahapan <i>Preprocessing event log</i> KHS SIAKADU. ....	39
11. Skema <i>Preprocessing Pentaho Data Integration</i> KHS SIAKADU. ....	39
12. <i>Output</i> akhir <i>event log</i> KHS SIAKADU .....	41
13. <i>Flowchart</i> tahapan <i>Preprocessing event log</i> Proses Skripsi .....	42
14. Skema <i>Preprocessing Pentaho Data Integration</i> Proses Skripsi .....	42
15. <i>Output</i> akhir <i>event log</i> Proses Skripsi .....	43
16. Skema <i>Preprocessing Pentaho Data Integration event log</i> Gabungan .....	44
17. Penggabungan <i>Dataset</i> Proses Skripsi Digabungkan dengan <i>Dataset</i> KHS..	44
18. <i>Mapping</i> pada aplikasi <i>ProM</i> .....	49
19. <i>Mapping</i> pada aplikasi <i>Disco</i> .....	49
20. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus 8 semester Sebelum Dimasukkan Parameter.....	50
21. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus 8 semester Setelah Dimasukkan Parameter.....	55
22. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu Semester 3 .....	56
23. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu Semester 4.....	57
24. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu Semester 5 .....	58
25. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu Semester 6.....	59
26. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Tepat Waktu Semester 7 .....	60
27. Pengulangan Mata Kuliah Pilihan Kategori Mahasiswa Lulus 8 Semester Pada <i>Disco</i> .....	61
28. Grafik pengulangan mata kuliah pilihan Kategori Mahasiswa Lulus 8 Semester pada <i>disco</i> .....	61
29. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Wajib Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Lulus Tepat Waktu.....	69

30. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Pilihan Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Lulus Tepat Waktu .....	69
31. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus lebih dari 8 semester sebelum dimasukkan Parameter. ....	70
32. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus lebih dari 8 semester Setelah Dimasukkan Parameter .....	75
33. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 3 .....	76
34. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 4 .....	77
35. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 5 .....	78
36. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 6 .....	79
37. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 7 .....	80
38. Pengulangan Mata Kuliah pilihan Kategori Mahasiswa Lulus Lebih 8 Semester Pada <i>Disco</i> .....	81
39. Pengulangan Mata Kuliah pilihan Kategori Mahasiswa Lulus Lebih 8 Semester Pada <i>Disco</i> .....	81
40. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Wajib Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	90
41. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Pilihan Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	90
42. Model Proses Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 semester Sebelum dimasukkan Parameter .....	91
43. Model Proses Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 semester Setelah Dimasukkan Parameter .....	96
44. Model Proses Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 3 .....	97
45. Model Proses Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 4 .....	98
46. Model Proses Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 5 .....	99
47. Model Proses Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 6 .....	100
48. Model Proses Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 7 .....	101
49. Pengulangan Mata Kuliah Pilihan Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih dari 8 Semester Pada <i>Disco</i> .....	102
50. Grafik Pengulangan Mata Kuliah Pilihan Kategori Mahasiswa Belum Lulus Lebih dari 8 Semester Pada <i>Disco</i> .....	102
51. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Wajib Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	111

52. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Pilihan Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Belum Lulus Lebih Dari 8 Semester .....	112
53. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi Sebelum dimasukkan Parameter. ....	113
54. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi Setelah Dimasukkan Parameter .....	118
55. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi Semester 3 .....	119
56. Proses Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi Semester 4 ...	120
57. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi Semester 5 .....	121
58. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi Semester 6 .....	122
59. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi Semester 7 .....	123
60. Pengulangan Mata Kuliah pilihan Kategori Mengulang Usul, Hasil, Skripsi Pada <i>Disco</i> .....	124
61. Grafik pengulangan mata kuliah pilihan Kategori Mengulang Usul, Hasil, Skripsi pada <i>disco</i> .....	124
62. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Wajib Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi .....	133
63. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Pilihan Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi.....	134
64. Analisis terhadap Mahasiswa lulus Tepat waktu.....	135
65. Analisis terhadap Mahasiswa Mengulang Usul, Hasil, Skripsi.....	136
66. Analisis pengulangan terhadap tipe skripsi.....	136
67. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang KP Sebelum dimasukkan Parameter.....	137
68. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang KP Setelah Dimasukkan Parameter.....	142
69. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang KP Semester 3 .....	143
70. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang KP Semester 4 .....	144
71. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang KP Semester 5 .....	145
72. Model Proses Kategori Mahasiswa Mengulang KP Semester 6 .....	146
73. Model Proses Kategori Mahasiswa Lulus Lebih Dari 8 Semester Semester 7 .....	147
74. Pengulangan Mata Kuliah Pilihan Kategori Mengulang KP Pada <i>Disco</i> ....	148
75. Grafik Pengulangan Mata Kuliah Pilihan Kategori Mengulang KP Pada <i>Disco</i> .....	148
76. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Wajib Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Ulang KP .....	157
77. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Pilihan Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Ulang KP .....	157
78. Model Proses Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa Sebelum dimasukkan Parameter.....	158



79. Model Proses Kategori Semua Mahasiswa Setelah Dimasukkan Parameter .....	163
80. Model Proses Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa Semester 3 .....	164
81. Model Proses Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa Semester 4 .....	165
82. Model Proses Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa Semester 5 .....	166
83. Model Proses Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa Semester 6 .....	167
84. Model Proses Kategori Mahasiswa Semua Mahasiswa Semester 7 .....	168
85. Pengulangan Mata Kuliah Pilihan Kategori Semua Mahasiswa Pada <i>Disco</i>	169
86. Pengulangan Mata Kuliah Pilihan Kategori Semua Mahasiswa Pada <i>Disco</i>	169
87. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Wajib Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Semua Mahasiswa .....	178
88. Frekuensi Pengambilan Mata Kuliah Pilihan Dengan Nilai D dan E Mahasiswa Semua Mahasiswa .....	179
89. Model Proses Kategori Mahasiswa Proses Skripsi Sebelum dimasukkan Parameter .....	183
90. Model Proses Proses Skripsi Setelah Dimasukkan Parameter .....	187

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pendidikan adalah suatu proses setiap individu manusia untuk mengembangkan diri agar dapat hidup dan melangsungkan kehidupan (Alpian dkk., 2019). Dalam peraturan pemerintah Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 1990 perguruan tinggi merupakan lembaga pendidikan tahap akhir yang bersifat opsional di Indonesia yang ditugaskan untuk memberikan pengajaran dan pendidikan serta membentuk dan menyiapkan tenaga ahli dalam berbagai bidang.

Strata satu adalah salah satu tingkatan dalam perguruan tinggi yang memiliki beban studi sekurang-kurangnya 144 SKS (Satuan Kredit Semester) yang dijadwalkan untuk diselesaikan dalam 8 semester dan dapat ditempuh minimal 7 semester dan paling lama 14 semester (Januanti & Purwati, 2021). Saat ini banyak mahasiswa yang lulus tidak tepat waktu yang dapat disebabkan oleh masalah pada faktor-faktor pendukung kelulusan yang dapat bersumber dari faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal pendukung kelulusan salah satunya adalah mata kuliah, mengulang mata kuliah dapat mengurangi kemungkinan lulus tepat waktu dikarenakan mahasiswa harus mengambil ulang mata kuliah tersebut sehingga target waktu kelulusan menjadi lebih lama dari yang sudah ditentukan. Masalah tersebut terjadi hampir di seluruh universitas di Indonesia padahal kelulusan tepat waktu bagi mahasiswa adalah salah satu butir syarat akreditasi pada sebuah perguruan tinggi termasuk salah satunya di Universitas Lampung. Universitas Lampung adalah salah satu perguruan tinggi di Indonesia yang berlokasi di kota Bandar Lampung dan menjadi universitas negeri pertama dan tertua di Provinsi Lampung. Universitas Lampung memiliki

8 fakultas dan 104 program studi yang mencakup Strata I, Strata II, Strata III, dan Diploma III dengan total jumlah mahasiswa sebanyak 30.052 orang. Menurut laporan rektor tahun akademik 2020/2021 yang disampaikan pada dies natalis ke-56 Universitas Lampung rata-rata lama studi S1 di Universitas Lampung adalah 4,66 tahun dan belum memenuhi standar nasional yang sudah ditentukan oleh pemerintah yaitu 4 Tahun.

Program studi Ilmu Komputer merupakan salah satu dari 104 program studi yang ada di Universitas Lampung. Program studi Ilmu Komputer dibuka pada tahun 2005 melalui Surat Keputusan (SK) Dirjen Dikti No1845/D/T/2005 tanggal 3 Juni 2005. Berdasarkan hasil dies natalis ke-56 Universitas Lampung, program studi Ilmu Komputer memiliki rata-rata mahasiswa kelulusan yang cukup lama yaitu 5,31 tahun. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah analisis terhadap aktivitas mahasiswa selama berkuliah untuk mengetahui penyebab dari lamanya waktu studi mahasiswa. Analisis tersebut diperoleh melalui *event log* KRS mahasiswa ilmu komputer Universitas Lampung yang didapatkan dari Sistem Informasi Akademik Universitas Lampung (SIKADU UNILA) dan *event log* proses skripsi mahasiswa Ilmu Komputer Universitas Lampung.

*Event log* adalah kumpulan dari berbagai catatan data aktivitas pengguna dari dalam suatu sistem (Adhim dkk., 2019). Data yang digunakan akan diberikan dalam bentuk *Comma-Separated Values* (CSV) dan akan diolah menjadi data *event log* sehingga dapat dilakukan *Process mining* untuk menemukan dan melakukan analisis terhadap *event log* KRS mahasiswa ilmu komputer Universitas Lampung yang didapatkan dari Sistem Informasi Akademik Universitas Lampung (Siakad UNILA) dan *event log* proses skripsi mahasiswa Ilmu Komputer Universitas Lampung.

*Process mining* merupakan sebuah metode baru yang berkaitan dengan *Business Process Management*. *Process mining* sendiri berdiri diantara dua disiplin ilmu

yaitu *data mining* dan *process model-driven approaches* yang memiliki tiga tahapan yaitu *discovery*, *conformance checking* dan *enhancement*. *Process mining* akan dilakukan dengan menggunakan *framework Process mining*, yaitu *ProM 6.10* dan Algoritma *Heuristic Miner*. Algoritma *Heuristic Miner* dipilih karena memiliki kelebihan dalam menangani *event logs* dengan *noise*, dan dapat menampilkan *behavior* utama dari proses yang sudah ada (Aalst, 2016). Selain itu, dengan algoritma *heuristic Miner* kita dapat melihat hubungan antara proses satu dengan yang lain berlangsung sehingga analisis dapat dilakukan secara objektif berdasarkan proses yang sudah ada. Dengan melakukan *process discovery* terhadap *event logs* yang ada, diharapkan proses yang ada dapat dimodelkan secara utuh dan dapat dianalisis lebih lanjut sehingga dapat ditemukan mata kuliah yang menjadi penghambat kelulusan mahasiswa ilmu komputer Universitas Lampung.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana mengolah data KRS dari sistem informasi akademik dan data proses skripsi dengan melakukan *preprocessing event log* untuk kemudian digunakan sebagai *input* dari *Process mining*?
- b. Bagaimana melakukan analisis dan performansi dari hasil *process model event log* KRS sistem informasi akademik dan proses skripsi yang telah didapatkan dengan algoritma *heuristic mining*?
- c. Bagaimana rekomendasi berdasarkan model proses hasil *Process mining* dengan algoritma *Heuristic Miner* terhadap *event logs* KRS sistem informasi akademik dan proses skripsi mahasiswa jurusan Ilmu Komputer?

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam *Process mining* terhadap *event logs* sistem informasi akademik telah ditentukan batasan-batasan masalah sebagai berikut.

- a. Proses yang ada akan dimodelkan dan dianalisis dengan *Process mining* menggunakan *tools ProM 6.11* dan *plug-ins Heuristic Miner* dengan *input event log* berbentuk CSV.
- b. Melakukan *Process mining* terhadap *event log* KRS sistem informasi akademik dan proses skripsi program studi Ilmu Komputer Universitas Lampung menggunakan algoritma *heuristic mining*.
- c. *Process mining* yang dilakukan hingga tahap *process discovery* dan *conformance checking*, dengan hasil berupa analisis dan rekomendasi terhadap mata kuliah dan proses skripsi yang berjalan di Ilmu Komputer Universitas Lampung.

### 1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian “Analisis dan Penerapan *Process mining* untuk Menentukan *Bottleneck* Mata Kuliah dan Proses Skripsi (Studi Kasus Program Studi S1 Ilmu Komputer Unila)” adalah untuk mengetahui *Bottleneck* dan rekomendasi pada pengaruh pengambilan mata kuliah dan proses skripsi di Ilmu Komputer Universitas Lampung yang dapat berpengaruh terhadap tingkat lulus tepat waktu mahasiswa menggunakan metode *Process mining*.

### 1.5. Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

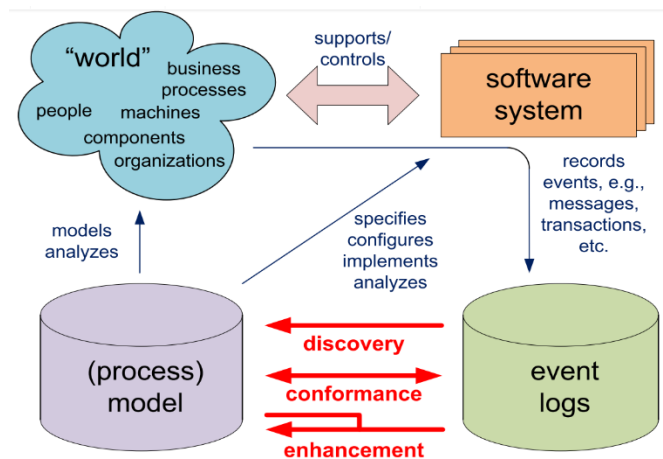
- a. Program Studi Ilmu Komputer Universitas Lampung dapat mengetahui *Bottleneck* dalam proses pembelajaran mata kuliah dan proses skripsi yang sedang berjalan.

- b. Program Studi Ilmu Komputer Universitas Lampung dapat menggunakan hasil analisis untuk menanggulangi *Bottleneck* pada mata kuliah dan proses skripsi guna meningkatkan tingkat lulus tepat waktu para mahasiswa.
- c. Program Studi Ilmu Komputer Universitas Lampung dapat menggunakan hasil analisis untuk pengoptimalan atau sebagai evaluasi berjalannya kurikulum yang ada.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. *Process mining*

*Process mining* merupakan sebuah metode baru yang berkaitan dengan *Business Process Management*. *Process mining* sendiri berdiri diantara dua disiplin ilmu yaitu *data mining* dan *process model-driven approaches* (Aalst, 2016). Dalam prosesnya *Process mining* akan menggunakan data *log* yang didapatkan dari sistem informasi yang berjalan di dalam suatu organisasi atau perusahaan. *Data log* yang digunakan biasanya berupa *event log* yang memuat data dari sebuah kegiatan seperti *event Timestamp*, *actor*, *action*, dan berbagai data lainnya (Rizqifaluthi & Yaqin, 2019).



Gambar 1. Alur *Process mining* (Aalst, 2016)

Gambar 1 menggambarkan alur dari *Process mining* dengan adanya abstraksi yang digambarkan sebagai *world* yang didalamnya mencakup pengguna *software*

*system*. Pada sebuah *software system* yang baik, semua *task* yang berjalan akan disimpan di dalam sebuah *database* berupa data *log* yang berbentuk *event log*. *Event log* akan diproses melalui 3 tahapan *Process mining* yaitu:

### 2.1.1. *Discovery*

*Discovery* merupakan tahap yang mana *event log* yang sudah didapatkan akan diubah menjadi sebuah *process model* yang berjalan pada sebuah organisasi atau perusahaan. Proses *discovery* menggunakan algoritma yang terdapat pada berbagai macam *framework Process mining*, contoh algoritma yang digunakan seperti *heuristic Miner algorithm*, *Alpha algorithm*, dan *fuzzy Miner algorithm*. *Process model* yang sudah ditemukan dapat di proses dan digunakan untuk analisis di tahap berikutnya (Hernandez dkk., 2018).



Gambar 2. Data *Initial* Proses Model KHS SIAKADU yang dihasilkan sebelum dimasukkan parameter

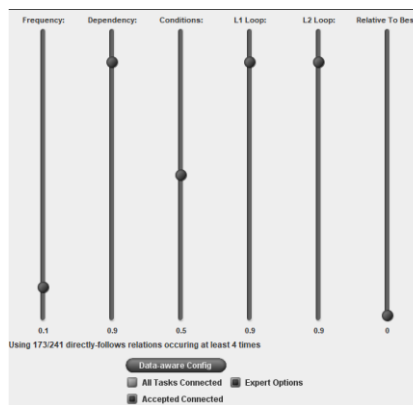
Gambar 2 menunjukkan contoh data awal model proses KHS SIAKADU yang dihasilkan tanpa menggunakan parameter, sehingga model proses terlihat seperti pola yang kacau dan sulit untuk dianalisis (*Spaghetti Like Process Model*). Namun, untuk mendapatkan model proses yang lebih terstruktur, digunakan *tools ProM 6.11* dengan menerapkan algoritma *Heuristic Miner*. Proses ini juga memanfaatkan *plugin "interactive Data-Aware Heuristic Miner (iDHM)"* untuk menghasilkan representasi visual yang lebih informatif dan siap untuk dianalisis.



Keputusan menggunakan *Plugin iDHM* didasari oleh kemampuannya dalam menampilkan model proses dengan tingkat *replay fitness*, presisi, dan generalisasi yang tinggi dan memadai (Kurniati dkk., 2015). *Plugin iDHM* memungkinkan eksplorasi interaktif parameter *heuristic* dengan cepat, serta mampu memvisualisasikan model melalui *Causal Net (C-Net)*, memberikan kemudahan dalam analisis visual yang lebih mendalam. (Mannhardt dkk., 2017).

### 2.1.2. *Conformance*

Setelah proses model berhasil diperoleh, langkah berikutnya adalah membandingkan model proses dengan *log* peristiwa yang berasal dari proses yang sama, tahap ini dikenal sebagai tahap konformitas (*conformance*). Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk mengidentifikasi kemungkinan *Bottleneck* dalam jalannya proses bisnis yang tengah berlangsung. Dengan demikian, tahap konformitas memungkinkan pengambilan tindakan yang lebih cermat untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja proses tersebut. (Caballero dkk., 2018).



Gambar 3. *Mapping* pada *software ProM* (Mangunsong dkk., 2015)

Gambar 3 menggambarkan tahap pengujian dengan menggunakan parameter *default*. Selanjutnya, satu parameter akan diubah secara acak,

sementara parameter lain tetap menggunakan nilai *default*. Proses ini akan diulang dengan mengubah parameter lain secara bergantian, sehingga memungkinkan evaluasi dampak perubahan parameter terhadap hasil analisis (Mangunsong dkk., 2015)

Pengujian dilakukan dengan menerapkan model *Petri Net* pada model proses yang sebelumnya dikonversi dari hasil algoritma *Heuristic Miner*. Pengujian ini bertujuan untuk menilai nilai *fitness*, *presicion* dan *generalization* dari model. Hasil penggabungan parameter akan ditampilkan dalam bentuk tabel, memungkinkan analisis terhadap pengaruh ketiga parameter tersebut terhadap nilai *fitness*, *presicion*, dan *generalization* yang dihasilkan dalam konteks model proses (Mangunsong dkk., 2015).

### **2.1.3. *Enhancement***

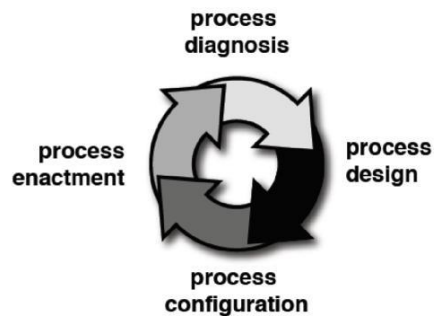
Proses *Enhancement* adalah langkah model proses yang telah diperoleh ditingkatkan melalui perbaikan dan perluasan perspektifnya. Ini dilakukan dengan mengintegrasikan informasi tambahan dari *activity log*, seperti *resources*, *quality metrics*, *decision rules*, dan faktor lainnya. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kedalaman dan akurasi representasi model proses, serta mencerminkan variabel-variabel yang lebih kaya dan nyata dalam analisis (Caballero dkk., 2018).

## **2.2. *Business Process Management***

*Business Process Management* adalah serangkaian aktivitas, pekerjaan, dan keputusan yang saling terhubung, menggunakan sumber daya perusahaan atau organisasi untuk menghasilkan produk atau layanan serta menyelesaikan masalah tertentu. Proses bisnis berperan penting sebagai alat dan standar dalam

mencapai tujuan perusahaan atau organisasi, dan manajemen proses bisnis (*Business Process Management*) diperlukan untuk mengelola dan mencapai tujuan proses secara optimal (Atrinawati & Pratikta, 2019).

*Business Process Management* (BPM) merupakan disiplin yang menyatukan teknologi informasi dan pengetahuan manajemen untuk mengoptimalkan efektivitas dan efisiensi proses bisnis melalui otomatisasi dan adaptasi perubahan. Proses bisnis dapat ditingkatkan dengan memodelkan dan menganalisisnya melalui simulasi, memberikan manajemen wawasan untuk mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas layanan. BPM juga berfokus pada pelatihan dan percepatan kemampuan dalam mengelola perubahan, yang menjadi kunci untuk beradaptasi dengan tuntutan pasar yang selalu berubah (Aalst & Verbeek, 2014).



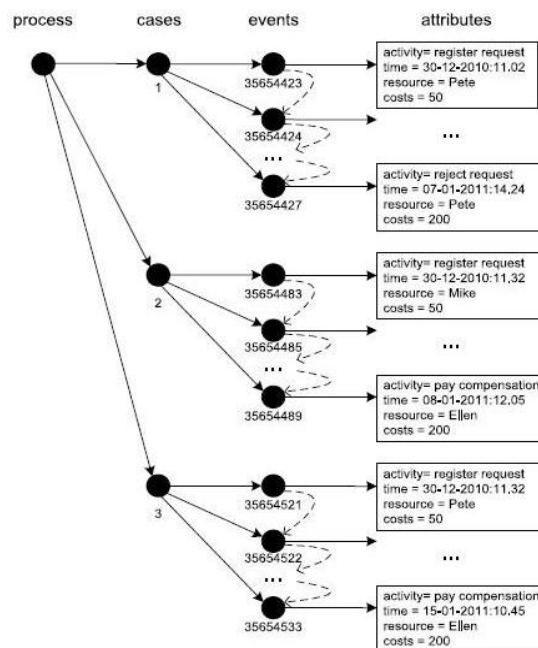
Gambar 4. BPM *Life Cycle* (Aalst, 2004)

Tahapan pertama dalam *Business Process Management* (BPM) *life cycle* adalah *process design*, yang mana organisasi membuat desain model proses bisnis atau mengubah model tradisional menjadi digital. Jika desainnya memenuhi kriteria perusahaan, maka langkah selanjutnya adalah *process configuration*. Hasil desain yang sudah dikonfigurasi akan dijadikan dasar dari sistem BPM, seperti sinkronisasi peran dan bagan organisasi di *database* perusahaan. Setelah itu, dilanjutkan dengan tahap *process enhancement*, yang mana sistem mulai

dioperasionalkan dan data ditransfer ke dalam alur kerja sistem. Terakhir, ada tahap *process diagnosis*, yang mana kinerja proses bisnis dianalisis dan dipantau untuk mendeteksi masalah dan mencari solusi (Ko dkk., 2009).

### 2.3. Event log

Sebuah perusahaan atau organisasi yang memiliki sistem informasi seperti *ERP*, *CRM*, dan *WFM* pada umumnya menyimpan detail data *business process* ke dalam beberapa tipe data seperti seperti *transaction logs*, *document management system*, *message logs*, *flat files*, dan lain sebagainya (Aalst, 2016). Data ini biasanya berupa data mentah yang perlu melalui tahap pengolahan awal atau data *preprocessing*, yang akan dibahas dalam sub-bab berikutnya. Proses *preprocessing* penting untuk memastikan bahwa data siap untuk dianalisis dan dapat menghasilkan informasi yang berarti dalam konteks analisis proses bisnis.



Gambar 5. Struktur *event log* (Aalst, 2016)

Dalam Gambar 5, terlihat struktur dari *event log*, dari situ dapat disimpulkan bahwa satu proses dapat terdiri dari beberapa *case*, dan setiap kasus sendiri terdiri dari sejumlah *event* yang merujuk pada satu kasus tertentu. Masing-masing *event* memiliki *attributes* seperti *activity*, *time*, *cost*, *resource* yang terlibat. Struktur seperti ini memungkinkan analisis lebih mendalam terhadap alur dan karakteristik proses yang terjadi dalam lingkungan perusahaan atau organisasi.

*Event log* yang digunakan dalam *Process mining* harus memiliki tiga atribut utama yaitu *event type*, *Timestamp*, dan *resources*. *Event type* merupakan penjelasan tentang aktivitas yang sedang terjadi seperti *start*, *completed*, *end*. *Timestamp* berisi informasi mengenai waktu dan tanggal terjadinya suatu *event*. *Resources* merupakan pihak bersangkutan yang melakukan dan bertanggung jawab atas *event* pada sistem, seperti *people*, *department* atau *team*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari potongan *event log* pada Gambar 6 di bawah ini.

Case id	Event id	Properties				
		Timestamp	Activity	Resource	Cost	...
1	35654423	30-12-2010:11.02	register request	Pete	50	...
	35654424	31-12-2010:10.06	examine thoroughly	Sue	400	...
	35654425	05-01-2011:15.12	check ticket	Mike	100	...
	35654426	06-01-2011:11.18	decide	Sara	200	...
	35654427	07-01-2011:14.24	reject request	Pete	200	...
2	35654483	30-12-2010:11.32	register request	Mike	50	...
	35654485	30-12-2010:12.12	check ticket	Mike	100	...
	35654487	30-12-2010:14.16	examine casually	Pete	400	...
	35654488	05-01-2011:11.22	decide	Sara	200	...
	35654489	08-01-2011:12.05	pay compensation	Ellen	200	...
3	35654521	30-12-2010:14.32	register request	Pete	50	...
	35654522	30-12-2010:15.06	examine casually	Mike	400	...
	35654524	30-12-2010:16.34	check ticket	Ellen	100	...
	35654525	06-01-2011:09.18	decide	Sara	200	...
	35654526	06-01-2011:12.18	reinitiate request	Sara	200	...
	35654527	06-01-2011:13.06	examine thoroughly	Sean	400	...
	35654530	08-01-2011:11.43	check ticket	Pete	100	...
	35654531	09-01-2011:09.55	decide	Sara	200	...
	35654533	15-01-2011:10.45	pay compensation	Ellen	200	...
4	35654641	06-01-2011:15.02	register request	Pete	50	...
	35654643	07-01-2011:12.06	check ticket	Mike	100	...
	35654644	08-01-2011:14.43	examine thoroughly	Sean	400	...
	35654645	09-01-2011:12.02	decide	Sara	200	...
	35654647	12-01-2011:15.44	reject request	Ellen	200	...
...	...	...	...	...	...	...

Gambar 6. Potongan contoh *event log* (Aalst, 2016)

*Event logs* yang telah didapatkan dari sistem informasi sebuah organisasi atau perusahaan perlu diubah ke dalam format standar agar dapat diproses menjadi *input* dari *Process mining*. Salah satu format standar yang paling sering digunakan adalah MXML. MXML atau *mining XML* merupakan format yang berdasarkan XML (*eXtensible Markup Language*) dan berfungsi untuk mendefinisikan struktur dasar dari suatu *event logs* (Fauzan dkk., 2020).

## **2.4. Data Preprocessing**

Data *preprocessing* adalah tahap yang memodifikasi data mentah menjadi *input* data yang bersih dan bermanfaat, sesuai untuk analisis *Process mining*. Proses ini diperlukan karena sering kali data *log* memiliki kekurangan seperti ketidaklengkapannya, atribut yang hilang atau tidak relevan, adanya *noise* atau kesalahan, serta inkonsistensi data. Berbagai metode *preprocessing*, yang diajukan oleh berbagai penelitian, dapat diterapkan untuk memastikan data yang digunakan dalam analisis memiliki kualitas yang baik dan relevan. Berikut merupakan contoh dari berbagai metode pada data *preprocessing* yang dikemukakan oleh Alasadi & Bhaya (2017):

### **2.4.1. Data Cleaning**

Metode ini mencakup langkah-langkah seperti membersihkan data yang tidak konsisten, mengisi nilai pada data yang *missing* dengan *value*, dan menghapus *outlier* atau data yang ekstrem. Tujuannya adalah memastikan bahwa data *input* yang digunakan dalam analisis tidak ambigu dan jelas, sehingga dapat menghasilkan model proses yang akurat dan bermakna. Proses *preprocessing* ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas data sebelum proses analisis *Process mining* dilakukan.

### **2.4.2. Data Integration**

Dalam metode ini dilakukan penggabungan data yang berasal dari berbagai sumber data ke dalam satu sumber data yang konsisten untuk mencegah data yang terulang. *Data integration* dilakukan jika data berasal dari sumber yang berbeda-beda. Langkah yang dilakukan antara lain mengintegrasikan data, mengidentifikasi masalah entitas, dan mendeteksi sekaligus mencocokkan atribut data.

### **2.4.3. Data Transformation**

*Data transformation* adalah teknik untuk meningkatkan kualitas data dengan melakukan tindakan seperti mengurangi *noise* (*smoothing*), normalisasi data (*normalization*), menggabungkan data (*aggregation*), dan merinci data (*generalization*). Proses ini bertujuan untuk menghasilkan data yang lebih terstruktur, bermakna, dan siap untuk dianalisis dalam konteks *Process mining* atau analisis lainnya. Transformasi data adalah langkah penting dalam mempersiapkan data sebelum diaplikasikan dalam proses analisis lebih lanjut.

### **2.4.4. Data Reduction**

Pada metode ini, terjadi pengurangan jumlah data yang akan di *input* atau direpresentasikan, namun tanpa mengorbankan integritas dan kualitas data yang ada. Proses ini memastikan bahwa data yang dihasilkan masih mampu membangun model proses yang berkualitas, meskipun dalam skala yang lebih ringkas. Pendekatan ini bermanfaat untuk mengatasi kompleksitas analisis terhadap *dataset* yang besar tanpa mengorbankan akurasi hasil analisis.

## 2.5. *Heuristic Miner*

*Heuristic Miner* adalah algoritma *Process mining* yang diciptakan oleh Dr. Ton Weijters. Algoritma ini memiliki kemampuan untuk mengatasi *noise* yang terdapat dalam *log* peristiwa dan dapat menunjukkan perilaku utama dari model proses, meskipun tidak semua detail dan kasus-kasus khusus ditampilkan. Pendekatan *heuristic* ini dikembangkan sebagai solusi untuk kelemahan yang ditemukan dalam algoritma *Alpha*, termasuk keterbatasannya dalam mengatasi situasi seperti *length-one-loop*, tugas yang tidak terlihat, tempat implisit, dan *nonfree-choice* (Wen dkk., 2007).

### 2.5.1 *Dependency Measure*

Langkah awal yang dilakukan pada saat menggunakan metode *heuristic* adalah *dependency graph*, dari *dependency graph* yang sudah didapatkan akan terlihat keterkaitan antar *event* yang terekam pada *event logs*. Nilai dari perhitungan terhadap *dependency graph* akan digunakan sebagai dasar dari *heuristic search* dalam memodelkan *event log*. Sebagai ilustrasi, kita gunakan *event log* sederhana (Mangunsong dkk., 2015) berikut:

$$L = [ (a, e)^5, (a, b, c, e)^{10}, (a, c, b, e)^{10}, (a, b, e)^1, (a, c, e)^1, (a, d, e)^{10}, \\ (a, d, d, e)^2, (a, d, d, d, e)^1 ]$$

Dalam konteks ini, L merujuk pada *log* peristiwa yang berisi catatan aktivitas. Simbol a, b, c, d, dan e merepresentasikan aktivitas dalam setiap kasus atau urutan kejadian. Setiap angka yang terdapat dalam urutan aktivitas (yang berada di dalam tanda kurung) mengindikasikan seberapa sering urutan kejadian tersebut muncul dalam *log* peristiwa (Mangunsong dkk., 2015).



Tabel 1. *Dependency Table* (Mangunsong dkk., 2015)

$ \geq L $	A	B	C	D	E
A	0	11	11	13	5
B	0	0	10	0	11
C	0	10	0	0	11
D	0	0	0	4	13
E	0	0	0	0	0

Berdasarkan *event log* di atas, kita dapat membuat sebuah tabel *dependencies* yang menunjukkan jumlah *dependency relation*, yaitu *activity* yang saling berelasi satu sama lainnya atau *activity* yang kemudian diikuti dengan *activity* lainnya. Sebagai contoh, dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa 14 *activity* a diikuti *activity* b sebanyak 11 kali dalam *event log* sebelumnya. Begitu pula *activity* c yang diikuti secara langsung oleh *activity* e sebanyak 11 kali, dan seterusnya. Tabel 1 menunjukkan perhitungan frekuensi *dependency relation* antar setiap *activity* (Mangunsong dkk., 2015).

$$|a \rightarrow \omega b| = \begin{cases} \frac{|a > \omega b| - |b > \omega a|}{|a > \omega b| + |b > \omega a| + 1} & \text{if } a \neq b \\ \frac{|a > \omega a|}{|a > \omega a| + 1} & \text{if } a = b \end{cases} \quad (1)$$

$a$  : aktivitas yang didefinisikan sebagai *predesesor*

$b$  : aktivitas yang didefinisikan sebagai *suksesor*

$|a \rightarrow \omega b|$  : nilai *dependency measure* antara aktivitas a dan b

$|a > \omega b|$  : jumlah aktivitas a yang diikuti aktivitas b

$|b > \omega a|$  : jumlah aktivitas b yang diikuti aktivitas a

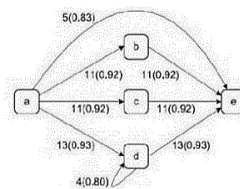
$|a > \omega a|$  : jumlah aktivitas a yang diikuti aktivitas a

Tabel 2. *Dependency measure table* (Mangunsong dkk., 2015)

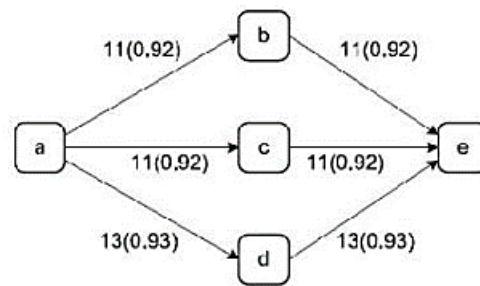
$ \>_L $	A	B	C	D	E
A	0	0.92	0.92	0.93	0.83
B	-0.92	0	0	0	0.92
C	-0.92	0	0	0	0.92
D	-0.93	0	0	0.80	0.92
E	-0.83	-0.92	-0.92	-0.93	0

Nilai  $|a \rightarrow \omega b|$  akan selalu berada diantara -1 dan 1. Jika nilai  $|a \rightarrow \omega b|$  semakin mendekati 1, maka semakin tinggi keterhubungan antara dua aktivitas tersebut dan semakin sering menyebabkan aktivitas terjadi (Hakim dkk., 2019). Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan *dependency relation*, kita dapat membuat *dependency graph* berdasarkan dari frekuensi dan nilai *dependency relation* yang sudah didapatkan. Untuk membuat *dependency graph*, sebelumnya tentukan dulu *threshold* sehingga *graph* hanya akan memperlihatkan *arcs* yang sesuai dengan *threshold* yang sudah ditentukan sebagai contoh, dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8 di bawah.

Pada Gambar 7, telah ditentukan *threshold* sebesar 2 untuk  $|\>_L|$  dan 0.7 untuk  $|\rightarrow_L|$ . Ada perbedaan yang terjadi pada gambar 8, yang mana *arc* antara d ke d dan a ke e hilang. Hal tersebut terjadi karena kita menentukan *threshold* sebesar 5 untuk  $|\>_L|$  dan 0.9 untuk  $|\rightarrow_L|$ . Nantinya, besarnya *threshold* dapat kita gunakan untuk mengetahui *backbone* sebenarnya dari *process model* yang berjalan (Mangunsong dkk., 2015).



Gambar 7. *Dependency graph* dengan *threshold* sebesar 2 untuk  $|\>_L|$  dan 0.7 untuk  $|\rightarrow_L|$  (Mangunsong dkk., 2015).



Gambar 8. *Dependency graph* dengan *threshold* sebesar 5 untuk  $| >_L |$  dan 0.9 untuk  $| \rightarrow_L |$  (Mangunsong dkk., 2015).

### 2.5.2 Parameter Algoritma *Heuristic mining*

Dalam upaya mengatasi *noise* dan menghasilkan model proses dengan batasan yang diinginkan, *Heuristic Miner* menawarkan sejumlah parameter. Parameter-parameter ini, sebagaimana dijelaskan oleh Kurniati dkk. (2015), memberikan fleksibilitas dalam mengatur algoritma sesuai dengan kebutuhan analisis, antara lain yaitu:

- a. *Dependency Threshold* merupakan hasil perhitungan dari pengukuran ketergantungan antara aktivitas-aktivitas yang akan digunakan sebagai parameter. Jika nilai pengukuran ketergantungan lebih tinggi dari *dependency threshold*, maka hubungan ketergantungan antara aktivitas-aktivitas tersebut akan dimasukkan dalam model proses. Dalam konteks ini, *Dependency Threshold* berfungsi sebagai batasan nilai yang menentukan apakah hubungan ketergantungan antara aktivitas akan dimasukkan dalam model proses atau tidak.
- b. *Positive Observation Threshold* merupakan hasil dari perhitungan frekuensi aktivitas tertentu. Jika frekuensi aktivitas tersebut melebihi angka 16 sebagai *positive observation threshold*, maka aktivitas tersebut memiliki potensi untuk dimasukkan dalam model proses. Penting untuk

dicatat bahwa *Positive Observation Threshold* berperan sebagai ambang batas yang menentukan apakah suatu aktivitas layak dimasukkan ke dalam model proses, berdasarkan frekuensi kemunculannya.

- c. *Relative to Best Threshold* adalah ukuran yang membandingkan nilai *dependency measure* suatu aktivitas dengan nilai *dependency measure* terbaik yang pernah dicapai sebelumnya. Apabila selisih nilai tersebut lebih rendah dari *relative to the best threshold*, maka aktivitas tersebut berpotensi dimasukkan dalam model proses. Dalam hal ini, *Relative to Best Threshold* berperan sebagai kriteria untuk menentukan apakah suatu aktivitas layak dimasukkan ke dalam model proses, dengan mempertimbangkan perbedaan nilai *dependency measure* dibandingkan dengan pencapaian terbaik sebelumnya.

## 2.6. *ProM 6.9*

*ProM (Process mining framework)* adalah merupakan *open source framework* yang digunakan sebagai salah satu *tools* dalam melakukan *Process mining* (Aalst, 2016). *ProM* juga mempunyai *platform* yang mudah dimengerti bagi *user* dan juga mudah untuk dikembangkan lagi oleh para *developer Process mining*. *ProM* menyediakan *free online course* bagi *user* yang baru belajar di berbagai *platform course online* seperti *coursera* dan *future learn*. *ProM* menggunakan data berupa *event log* dalam format XES. Data tersebut lalu diproses oleh beberapa *plugins* untuk melakukan *Process mining* sesuai dengan kebutuhan, *ProM* menyediakan ratusan *plugins* untuk melakukan *Event log Filtering*, *Process Discovery*, *Conformance Checking*, dan *Model Enhancement*. *ProM* juga mendukung konversi dan *import* dari berbagai jenis bahasa pemodelan proses, seperti *Petri Net*, *Heuristic Net*, *EPCs*, *YAWLS*, dan sebagainya.

## 2.7. Conformance Checking

*Conformance checking* adalah salah satu dari metode pada *Process mining* yang digunakan untuk memeriksa dan membandingkan *process model* yang telah dihasilkan oleh *Process mining* dengan *event log* yang digunakan dalam menghasilkan *process model* tersebut. Tujuan untuk melakukan pemeriksaan apakah *process model* yang dihasilkan sesuai dengan yang tersimpan pada *log* yang digunakan. Selain itu, *conformance checking* juga dapat di gunakan untuk memeriksa, mendeteksi, menemukan dan menjelaskan terjadinya penyimpangan yang terlihat pada *event log* yang direkam. Analisis *conformance checking* dapat menghasilkan beberapa hal sebagai berikut (Mangunsong dkk., 2015).

### 2.7.1. Fitness

Analisis *fitness* memiliki tujuan untuk memeriksa apakah *process model* yang telah dibuat mampu mereproduksi urutan eksekusi dari *event log* dan sebaliknya, guna menilai kesesuaian antara *event log* dengan *process model*. Nilai *fitness* yang mendekati 1 atau 100% menunjukkan kesesuaian yang tinggi, setiap jejak pada *log* cocok dengan *process model*, semakin mendekati 1 maka hasilnya akan semakin baik. Dengan demikian, analisis *fitness* digunakan untuk mengidentifikasi ketidaksesuaian antara *process model* dan proses yang tercermin dalam *event log* (Mangunsong dkk., 2015).

$$fitness(L - M) = 1 - \frac{fcost(L, M)}{Move_L(L) + |L| + Move_M(M)}$$

Keterangan:

$fcost(L, M)$  = jumlah *cost alignment event log* dan model.

$Move_L(L)$  = total *cost* dari perpindahan *event log* yang tidak bersamaan dengan model.

$Move_M(M)$  = total *cost* dari perpindahan model.

$|L|$  = total kejadian pada *event log*.

### 2.7.2. *Precision*

Analisis *Precision* Evaluasi menyatakan bahwa suatu model proses tidak seharusnya menunjukkan proses yang cenderung berbeda dengan proses yang terlihat pada *event log* (Aalst, 2016). Rentang nilai *precision* adalah antara 0-1, Yang mana apabila nilai *precision* mendekati nilai 0 maka memiliki kecenderungan model yang dihasilkan *underfitting*. *Underfitting* pada model proses terjadi saat model yang dibuat terlalu umum dalam menggeneralisasi perilaku dari *event log*, sehingga dapat menampilkan perilaku yang jauh berbeda dari yang ada dalam *event log* itu sendiri. Sebaliknya, model dikatakan presisi jika mampu membatasi jumlah perilaku yang tercermin dalam model proses. Rumus untuk menghitung presisi didefinisikan sebagai berikut: (Mangunsong dkk., 2015).

$$precision(L, M) = \frac{1}{|1\varepsilon|} \sum_{e \in \varepsilon} \frac{|en_L(e)|}{|en_M(e)|}$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = total titik dari semua kunjungan

$enL(e)$  = serangkaian aktivitas yang dieksekusi

$enM(e)$  = aktivitas yang sedang berjalan

### 2.7.3. *Generalization*

Evaluasi *generalization* menyatakan bahwa suatu model proses seharusnya menunjukkan generalisasi dari contoh proses yang terlihat pada *event log*. *Generalization* berkaitan dengan menghindari *overfitting*. Yang mana *generalization* dapat dikatakan baik apabila model yang dihasilkan tidak *overfitting*. Model yang *overfitting* memiliki arti bahwa model tidak cukup

menggeneralisasi suatu proses, karena model proses terlalu spesifik dan terlalu mengikuti contoh pada *event log*. Model dikatakan *underfitting* karena pada model proses tersebut memungkinkan banyak *behavior* yang sama sekali tidak terkait dengan yang terlihat dari *event log*. Rumus untuk generalisasi menggunakan *alignment-based replay* adalah sebagai berikut: (Mangunsong dkk., 2015)

$$generalization = 1 - \frac{\sum nodes(\sqrt{\#executions}^{-1})}{\#nodes\ in\ tree}$$

Keterangan:

$\sum nodes$  = jumlah operator *node* pada *process tree*

$\#nodes\ in\ tree$  = operator *node* yang diimplementasikan di *event log*

$\#execution$  = jumlah operator *node* yang diimplementasikan di *trace* pada *event log*

## 2.8. Sistem Informasi Akademik

Sistem informasi akademik sendiri adalah sistem yang dirancang dan digunakan untuk penyampaian informasi dan dapat mendukung kinerja para *staff*, dosen, mahasiswa dan pengguna lainnya dalam mengolah data akademik yang bermanfaat untuk manajemen perguruan tinggi dan pengambilan keputusan oleh eksekutif (Homaidi, 2016). Sistem ini juga dapat membantu pelaksanaan pendidikan, sehingga perguruan tinggi dapat memberikan layanan informasi yang baik dan efektif, melalui jaringan internet. Sistem informasi akademik biasanya memiliki berbagai fitur dasar seperti jatah SKS & SKS toleransi, syarat predikat kelulusan hingga gelar kelulusan. Sistem informasi akademik juga mendukung pengelolaan kurikulum, mata kuliah, pengelolaan rencana studi mahasiswa, KRS paket, pengelolaan nilai, pengelolaan hasil studi, transkrip nilai, tugas akhir, mahasiswa magang/PKL dan wisuda (Homaidi, 2016).

### 2.9. *Pentaho Data Integration*

*Pentaho* merupakan *software opensource business intelligence* yang juga menyediakan *platform* untuk membangun suatu aplikasi *business intelligence*. *Pentaho* terdiri dari berbagai aplikasi salah satunya adalah *pentaho data integration* yang dapat digunakan untuk mengelola data (dalam hal ini migrasi dan pemetaan basis data) dan mampu untuk melakukan proses *extract, transform, dan load* (ETL) data. Aplikasi *Pentaho Data Integration* dapat digunakan untuk melakukan migrasi data, membersihkan data, memuat data dari file ke basis data atau sebaliknya hingga volume yang besar (Pratama & Widhiasih, 2020).

Aplikasi ini memiliki beberapa elemen yaitu *Transformation* dan *Job*. *Transformation* yang merupakan sekumpulan instruksi untuk mengubah *input* yang di masukan menjadi *output* sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Sementara *job* adalah kumpulan instruksi untuk menjalankan *transformation* yang telah dibuat sebelumnya. *Pentaho data Integration* memiliki 3 komponen utama yaitu *spoon, pan, dan kitchen*. *Spoon* merupakan *user interface* (UI) untuk membuat *job* dan *transformation*. *Pan* merupakan *tools* yang memiliki tugas untuk membaca, mengubah, dan menulis data. Sedangkan *kitchen* adalah *tools* untuk menjalankan *job* (Wibisono, 2015).

### 2.10. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini tidak terlepas dari penelitian terdahulu yang relevan dengan topik yang sedang diteliti. Dalam konteks ini, penelitian terdahulu digunakan sebagai landasan untuk memahami perkembangan dan temuan yang telah ada sebelumnya terkait dengan subjek penelitian ini. Dengan merujuk pada penelitian-penelitian terdahulu, penelitian ini dapat memperkaya analisis serta membandingkan hasil yang diharapkan. Adapun penelitian terdahulu yang digunakan adalah sebagai berikut.



### **2.10.1. *E-learning Process Analysis to Determining Student Learning Patterns using Process mining Approach***

Penelitian ini memiliki fokus utama untuk mengidentifikasi pola perilaku mahasiswa dalam menggunakan platform *E-Learning* di Universitas Telkom. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *heuristic mining*, yang memungkinkan peneliti untuk menemukan pola tersembunyi dari *data log* aktivitas mahasiswa. Dalam proses analisis data, peneliti menggunakan alat bantu bernama *disco*, sebuah perangkat lunak yang efisien dalam melakukan *process mining data log*. Hasil dari penelitian ini akan berupa pemodelan perilaku belajar mahasiswa yang memberikan wawasan tentang kebiasaan dan pola akses mahasiswa pada platform *E-Learning*. Selain itu, penelitian ini juga akan menghasilkan nilai kecocokan (*fitness value*) dari model proses *E-Learning* yang ditemukan, sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi dan efektivitas proses pembelajaran di platform tersebut. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran melalui platform *E-Learning* di Universitas Telkom. (Hakim dkk., 2019).

### **2.10.2. *Discovering Bottlenecks in a Computer Science Degree through Process mining techniques***

Penelitian ini difokuskan pada upaya mendeteksi penyebab peningkatan waktu lulus mahasiswa dari tahun sebelumnya, yang diduga terjadi akibat adanya *Bottleneck* pada mata kuliah tertentu yang menyebabkan banyak mahasiswa gagal dalam mata kuliah wajib. Dalam penelitian ini, digunakan dua *tools Process mining*, yaitu *disco* untuk melakukan analisis model proses, dan *ProM* untuk menerapkan algoritma *heuristic Miner*. Dengan menggunakan alat-alat tersebut, peneliti berharap dapat mengidentifikasi faktor penyebab *Bottleneck* pada mata kuliah dan

mengevaluasi dampaknya terhadap tingkat kelulusan mahasiswa, sehingga dapat diambil langkah-langkah perbaikan yang tepat guna meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pembelajaran di perguruan tinggi tersebut. (Caballero dkk., 2018).

### **2.10.3. Analysis And Implementation of Process mining with Heuristic Miner Algorithm Case study: Event logs of Rabobank Group ICT Netherlands**

Penelitian ini memiliki fokus utama pada *Process mining* yang dilakukan terhadap *event log* dari Rabobank Group ICT, sebuah bank yang tengah meningkatkan pelayanannya dengan melakukan penelusuran terhadap aktivitas yang telah berlangsung. Tujuannya adalah untuk memberikan rekomendasi berdasarkan hasil analisis dari penelusuran tersebut. Dalam penelitian ini, *Process mining* diimplementasikan menggunakan *framework PROM 5.2* dan *plugin Heuristic Miner*. Pemilihan algoritma *heuristic Miner* dikarenakan kemampuannya dalam mengatasi *event log* dengan *noise* (ketidakterediaan data) dan kemampuannya untuk menampilkan perilaku utama (*main behavior*) dari proses bisnis yang sedang dipelajari. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat membantu Rabobank Group ICT dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas layanan mereka dengan memberikan wawasan yang lebih mendalam dari analisis *event log* tersebut. (Mangunsong dkk., 2015).

### **2.10.4. Analisis Pola Aktivitas Mahasiswa Lulus Tepat Waktu berbasis Data Mining dan Process mining (Studi Kasus Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya)**

Penelitian ini memiliki fokus pada permasalahan di program studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya, yang mana beberapa mahasiswa belum lulus walaupun telah melewati semester 8.

Solusi yang diajukan dalam penelitian ini adalah dengan membuat klaster berdasarkan atribut akademik mahasiswa. Setelah melakukan klasterisasi, dilakukan *process mining* pada setiap klaster untuk mendapatkan informasi dan hubungan yang tidak terlihat pada data pengerjaan skripsi. Metode klasterisasi menggunakan algoritma *K-Means++*, sementara *process mining* menggunakan algoritma *Fuzzy Miner*. Hasil dari klasterisasi menghasilkan empat klaster dengan karakteristik unik masing-masing. Pada tiap klaster, dianalisis informasi statistik dan model proses pengerjaan skripsi mahasiswa yang memberikan wawasan lebih dalam untuk mengatasi permasalahan lulusan terhambat pada program studi ini. (Fauzan dkk., 2020).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini merupakan rangkaian kegiatan yang dilaksanakan di Jurusan Ilmu Komputer, FMIPA, Universitas Lampung, yang berlokasi di Jalan Soemantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng, Bandar Lampung. Penelitian ini berlangsung sepanjang periode semester tujuh, dimulai pada bulan Oktober 2022 dan berakhir pada bulan Juli 2023.

#### 3.2 Alat Pendukung

Penelitian ini menggunakan peralatan pendukung yaitu perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*).

##### a. Data

Data yang digunakan meliputi rekaman kartu rencana studi dari tahun 2016 sampai tahun 2020, serta tahapan pelaksanaan skripsi mahasiswa yang mengambil jurusan Ilmu Komputer di Universitas Lampung. Informasi ini diperoleh dari pengelola server SIAKADU dan sekretaris jurusan Ilmu Komputer. Data tersebut diekspor dalam format CSV untuk kemudahan pengolahan dan analisis data lebih lanjut. Data awal terdiri dari 8 kolom pada data KRS yaitu Periode, NPM, IdJadwal, Kode MK, Nilai Angka, Nilai Huruf, Nilai Index, Tanggal *Update*. Data skripsi memiliki 14 kolom yaitu No, Kode Skripsi, NPM, Pengambilan ke, NAMA, Judul Skripsi, Pembimbing 1, Pembimbing 2, Pembahas 1, Pembahas 2, Tanggal Penetapan, Catatan, TGL\_FORMAT, STATUS.

**b. Perangkat Lunak (*Software*)**

Perangkat lunak yang digunakan untuk pengembangan sebagai berikut.

- a. Sistem Operasi Windows 11 *Home Single-Language 64 bit*
- b. *ProM 6.10*
- c. *Pentaho Data Integration*
- d. *Microsoft Office*

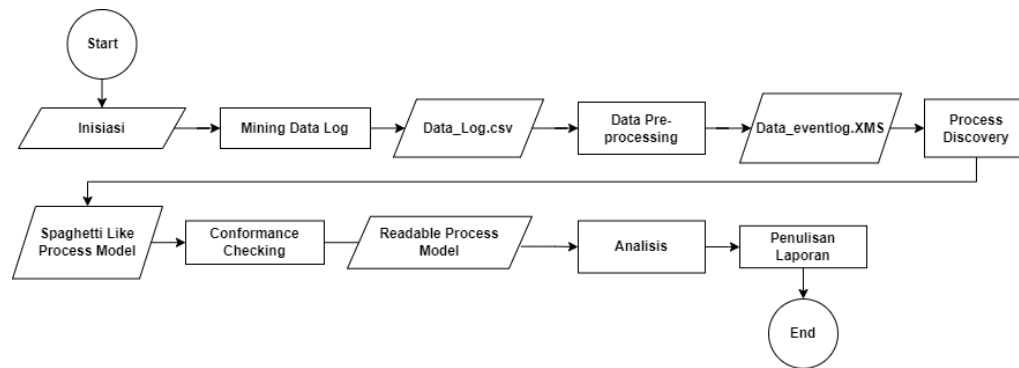
**c. Perangkat Keras (*Hardware*)**

Perangkat keras yang digunakan dalam pengembangan sistem informasi ini adalah satu unit laptop dengan spesifikasi sebagai berikut.

- a. *Processor* : *Core (TM) i7-9750H CPU @ 2.60GHz, 2592 Mhz, 6 Core(s), 12 Logical Processor(s)*
- b. *Memory* : *8.00 GB RAM*
- c. *System Type* : *64-bit Operating System, x64-based processor*
- d. *VGA* : *GeForce GTX 1650, NVIDIA compatible*
- e. *Harddisk* : *1 TB HDD dan 250 GB SSD*

### **3.3 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian merupakan pedoman sistematis yang menggambarkan langkah-langkah utama yang akan dijalankan oleh peneliti guna mencapai tujuan penelitian. Gambar 9 menggambarkan secara terperinci rangkaian tahapan yang akan diimplementasikan dalam proses penelitian ini. Setiap tahapan memiliki peran khusus dalam membentuk kerangka kerja keseluruhan serta memberikan arahan yang jelas dalam pengembangan penelitian sehingga penelitian dapat berjalan sesuai rencana dan hasil yang diharapkan.



Gambar 9. *Workflow* Tahapan Penelitian.

### 3.3.1 Tahapan Inisiasi

Tahap awal adalah melakukan pengidentifikasian dan evaluasi terhadap masalah-masalah yang muncul dalam proses pembelajaran di Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung. Langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah-masalah tersebut berdasarkan informasi yang diperoleh dari studi kasus atau tinjauan literatur yang berkaitan dengan data akademik. Setelah rumusan masalah terbentuk, langkah berikutnya adalah merancang solusi dengan menerapkan metode *Process mining*. Dalam langkah ini, model dibuat berdasarkan data yang akan digunakan sehingga memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai proses yang berlangsung.

### 3.3.2 Tahapan Mining Data Log

Langkah kedua penelitian ini yaitu *mining data log* dari Pengambilan KRS dengan bantuan admin server SIADAKU dan proses skripsi melalui bantuan sekretaris Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung. Langkah ini bertujuan menganalisis dampak pengambilan mata kuliah dan pengerjaan skripsi terhadap waktu kelulusan mahasiswa. *Data log* ini akan disesuaikan lebih lanjut dalam tahap berikutnya.

### 3.3.3 Tahapan Data *Pre-Processing*

Pada tahap ketiga, langkah-langkah yang telah dilakukan sebelumnya akan diimplementasikan. Proses *preprocessing* akan diperkuat dengan penggunaan aplikasi *Pentaho Data Integration*. Tahapan awal melibatkan pemurnian data dalam *event log*, yang mana kolom dan baris yang dianggap tidak relevan dalam konteks penelitian akan dihapus. Dalam kerangka penelitian ini, terdapat empat kolom khusus yang masing-masing memiliki peran sebagai berikut:

- a. *Case ID*, merupakan data yang mewakili identitas yang menentukan ruang lingkup sebuah proses. Pada penelitian ini, ruang lingkup prosesnya adalah aktivitas pada bagian Nomor Pokok Mahasiswa (NPM), sehingga yang digunakan sebagai *Case ID* adalah kolom "NPM". Setiap *Case ID* mewakili satu buah proses yang berbeda dari proses lainnya.
- b. *Activity*, merupakan atribut dengan nilai yang menggambarkan tahap-tahap dari proses yang berjalan. Kolom yang merepresentasikan *activity* adalah kolom.
- c. *Timestamp*, adalah atribut penting yang berfungsi sebagai penanda waktu terjadinya setiap aktivitas dalam setiap kasus. Setiap aktivitas memiliki *Timestamp* sendiri-sendiri. Subjek *Timestamp* ini sangat penting karena memungkinkan penentuan urutan aktivitas mulai dari awal hingga akhir. *Timestamp* ini diwakili oleh kolom *datestamp* yang berisi nilai waktu berupa tanggal dan jam ketika aktivitas tertentu terjadi.
- d. *Actor*, merupakan atribut yang menunjukkan pelaku atau penanggungjawab dari setiap *activity* yang berlangsung.

Tahapan berikutnya adalah melakukan proses pengurutan data atau *sorting*. Tahap ini memiliki fungsi utama untuk memperjelas urutan terjadinya setiap *activity* dalam suatu kasus. Pengurutan dilakukan secara eksklusif

berdasarkan nilai *Timestamp*. Dalam hal ini, format *Timestamp* yang digunakan adalah dd-mm-yy h:mm, yang memberikan detail lengkap tentang waktu terjadinya setiap *activity*.

### 3.3.4 Tahapan Process Discovery

Pada tahap ini, data yang sebelumnya diolah akan diubah menjadi format *file XES* menggunakan *plugin* yang disediakan dalam perangkat lunak *ProM 6.9*. Proses ini melibatkan penentuan parameter utama dari proses, yaitu *Case ID*, *Timestamp*, *Actor*, dan *Activity*. Meskipun demikian, dalam langkah ini, algoritma untuk model proses belum diterapkan secara penuh. Langkah ini lebih berfokus pada visualisasi *dataset*.

Penerapan algoritma tersebut akan dijalankan setelah dilakukan filter dan ekspor *file* dalam format XES. Setelah berhasil mendapatkan *file XES*, langkah selanjutnya adalah melakukan proses *discovery* dengan metode *heuristic Miner* menggunakan *plugin* dari *software ProM 6.9*. Sebelum memproses *file XES*, akan diberikan parameter seperti *Positive Observations Threshold (PT)*, *Relative-to-best Threshold (RT)*, dan nilai *Dependency Threshold (DT)*. Hasil dari *process mining* menggunakan *heuristic Miner* akan berupa *heuristic net* yang memberikan gambaran tentang hubungan keterkaitan antar proses atau aktivitas yang terekam pada *event logs*.

*Heuristic net* adalah sebuah alat visual yang sangat berguna dalam membantu kita mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana setiap proses atau aktivitas saling berlangsung dan berinteraksi di dalam suatu sistem yang sedang diamati. Penggunaan *heuristic net* ini menjadi sangat bermanfaat dalam melakukan analisis terhadap proses yang ada, karena memungkinkan kita untuk dengan lebih jelas melihat



bagaimana alur kerja dan interaksi antara berbagai elemen dalam sistem tersebut. Dengan adanya *heuristic net*, kita dapat lebih mudah

mengidentifikasi potensi-potensi perbaikan atau peluang optimalisasi dalam pelaksanaan kegiatan operasional. Informasi visual yang diberikan oleh *heuristic net* membantu kita melihat pola-pola, hubungan, atau potensi masalah yang mungkin sulit terlihat melalui analisis konvensional. Dengan demikian, penggunaan *heuristic net* dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam dan lebih efektif dalam mengambil keputusan untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan efektivitas dalam operasional.

### **3.3.5 Tahapan *Conformance Checking***

Setelah tahap proses *discovery* dilakukan dan hasil model proses telah didapat, maka tahap selanjutnya adalah melakukan *conformance checking*. Proses ini merupakan tahap validasi terhadap *process* model yang dihasilkan sebelumnya, apakah sesuai dengan *event log* yang ada dan juga sebaliknya, apakah *event log* yang ada sudah sesuai dengan process model nya. Pada tahap ini akan dilakukan transformasi dari model proses yang berbentuk *heuristic net* menjadi Petri net dengan bantuan *ProM*. Setelah itu, model proses yang sudah berbentuk Petri net dianalisis dan dibandingkan dengan data *event log* menggunakan aplikasi *conformance checker*. Hasilnya adalah berupa nilai *fitness* menunjukkan tingkat kecocokan antara *event log* dan process model dan juga sebaliknya

### **3.3.6 Tahapan Analisis**

Pada tahap ini, analisis dilakukan untuk mendapatkan solusi dari rumusan masalah yang telah diajukan. Analisis dilakukan berdasarkan waktu terhadap proses model yang sudah didapatkan. Dengan melakukan identifikasi terhadap *event log*, waktu yang dibutuhkan dari sebuah

aktivitas menuju ke aktivitas lain dapat diketahui. Proses ini akan menghasilkan analisis performa yang melibatkan informasi tentang waktu yang diperlukan dalam skala rendah, sedang, atau tinggi. Analisis akan

membandingkan proses model awal dengan hasil dari proses model *heuristic* yang telah dilakukan. Kesimpulan dari analisis ini akan memungkinkan untuk menarik informasi mengenai pengaruh pengambilan mata kuliah terhadap waktu lulus mahasiswa, yang merupakan tahap penelitian ini yang paling akhir.

### **3.3.7 Tahapan Penulisan Laporan**

Tahapan penulisan laporan merupakan langkah penting dalam mendokumentasikan hasil analisis yang telah diperoleh melalui metode yang diterapkan. Laporan ini mencakup *process mining* data dari awal hingga akhir, serta hasil analisis dari model proses yang telah berhasil dibentuk. Dengan menulis laporan ini, informasi lengkap tentang langkah-langkah dalam *process mining* dan temuan dari model proses akan tersaji secara sistematis, memberikan pemahaman yang jelas mengenai keseluruhan proses analisis yang telah dilakukan.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan menerapkan *Process mining* untuk menentukan *Bottleneck* mata kuliah dan proses skripsi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sesuai dengan rumusan masalah berikut:

a. Pengolahan Data untuk *Process mining*.

Pada bagian ini, penelitian menggarisbawahi signifikansi dari langkah awal dalam pengolahan data. Proses ini melibatkan analisis mendalam terhadap data Kartu Rencana Studi (KRS) dari sistem informasi akademik dan data proses skripsi. Langkah pertama adalah proses *preprocessing* pada *event log*, yang melibatkan serangkaian tindakan seperti pembersihan data dari entri duplikasi, penghapusan data yang tidak lengkap, serta restrukturisasi data agar sesuai dengan format yang diharapkan oleh teknik *Process mining*. Proses ini bukan sekadar mempersiapkan data, tetapi juga menyusunnya menjadi kerangka yang dapat membantu dalam mengungkap wawasan penting tentang jalannya proses akademik. Hasil dari tahap ini adalah data yang tidak hanya terstruktur dengan baik, tetapi juga telah siap digunakan sebagai *input* dalam analisis mendalam pada tahap berikutnya.

b. Analisis Performansi dengan *Heuristic mining*.

Dalam bagian ini, penelitian menjelaskan pentingnya analisis performansi proses akademik dengan menggunakan algoritma *Heuristic mining*. Melalui pendekatan ini, penelitian berhasil menggali lebih dalam tentang langkah-langkah yang krusial dalam proses tersebut. Algoritma *Heuristic mining* memungkinkan identifikasi titik-titik kritis dalam jalannya proses,

yang dapat menjadi fokus perbaikan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas proses akademik. Penggunaan algoritma ini menjadi semacam "pencari potensi hambatan", mengungkap bagian-bagian proses yang perlu dieksplorasi lebih lanjut. Dalam proses ini, penelitian memberikan gambaran yang lebih terperinci tentang bagaimana proses-proses tersebut berlangsung dalam praktiknya, dengan tujuan untuk mengidentifikasi area-area potensial yang dapat dioptimalkan.

- c. Rekomendasi untuk Peningkatan hasil *Process mining* dengan algoritma *Heuristic Miner* terhadap *event logs* KRS sistem informasi akademik dan proses skripsi mahasiswa jurusan Ilmu Komputer.

Bagian terakhir penelitian ini memberikan rekomendasi yang cermat berdasarkan hasil *Process mining* dengan algoritma *Heuristic Miner* pada *event logs* KRS sistem informasi akademik dan proses skripsi. Rekomendasi yang diajukan menjadi arah bagi perbaikan proses akademik. Pertama, dalam kasus mata kuliah dengan tingkat kelulusan tinggi namun minat mahasiswa rendah, seperti Operasi Riset, penelitian menyoroti kebutuhan untuk mengembangkan strategi yang dapat menarik minat mahasiswa. Kedua, pentingnya kesesuaian antara mata kuliah yang diambil dan topik skripsi diangkat sebagai elemen krusial dalam meningkatkan efisiensi penyelesaian skripsi. Ketiga, mata kuliah dengan tingkat kegagalan yang menonjol, misalnya Matematika dan Aljabar Linear, menunjukkan perlunya pendekatan spesifik untuk mengatasi tantangan tersebut guna meningkatkan tingkat kelulusan mahasiswa. Dalam keseluruhan, penelitian ini memberikan rekomendasi konkret yang mungkin menjadi langkah awal dalam merancang strategi perbaikan proses akademik.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi masalah dan solusi dalam pengambilan mata kuliah dan proses skripsi, tetapi juga memberikan pandangan mendalam tentang langkah-langkah konkrit yang

dapat ditempuh dalam rangka meningkatkan efisiensi dan efektivitas manajemen akademik di jurusan Ilmu Komputer.

## 5.2. Saran

Kesempurnaan sebuah penelitian selalu bersifat relatif berdasarkan cara pandang dan konsep dari setiap pemikiran yang berbeda-beda serta memiliki alur yang variatif. Maka untuk hasil yang lebih baik dan maksimal diperlukan saran dan kritik sebagai berikut:

1. Usulan untuk menggunakan metode lain seperti *fuzzy Miner* atau *Alpha algorithm* untuk melihat hasil akhir penelitian dan membandingkan apakah metode satu dan yang lain ada yang menghasilkan model proses yang lebih baik.
2. Diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan dan dilanjutkan dengan melakukan tahap yang berikutnya setelah *conformance* yaitu *enhancement* yang mana model proses yang ada diperbaiki menjadi lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aalst, W. 2016. *Process mining: Data science in action*. In *Process mining: Data Science in Action*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4>
- Aalst, W. M.P., Verbeek, H. M. W. 2014. *Process discovery and conformance checking using passages*. *Fundamenta Informaticae*. <https://doi.org/10.3233/FI-2014-1006>
- Aalst, Wil M.P. 2004. *Business Process Management demystified: A tutorial on models, systems and standards for workflow management*. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-27755-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-27755-2_1)
- Adhim, R., Shiddiq, M. A., Ghizbunaza, F. F., & Yaqin, M. A. 2019. *Process Discovery pada Event log Permainan Hay Day menggunakan Algoritma Inductive Miner*. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri 2019, February*, 66–73.
- Alasadi, S. A., Bhaya, W. S. 2017. *Review of data preprocessing techniques in data mining*. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2017.4102.4107>
- Atrinawati, L. H., Pratikta, W. P. 2019. *MANAJEMEN PROSES BISNIS UNTUK INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN*. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*. <https://doi.org/10.36499/jinrpl.v1i1.2767>
- Caballero, J. A. B., Rivera, F. B., & Robles, C. C. 2018. *Business Process Bottleneck Detection Using Throughput Time Analysis and Monte Carlo Simulation*. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 168–173.
- Caballero, J. A., Doderó, J. M., Ruiz-Rube, I., Palomo-Duarte, M., Argudo, J. F., & Dominguez-Jimenez, J. J. 2018. *Discovering Bottlenecks in a computer science degree through Process mining techniques*. *SIIE 2018 - 2018 International Symposium on Computers in Education, Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/SIIE.2018.8586680>
- Fauzan, H. Y., Setiawan, N. Y., & Supianto, A. A. 2020. *Analisis Pola Aktivitas Mahasiswa Lulus Tepat Waktu berbasis Data Mining dan Process mining ( Studi Kasus Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya )*. 4(11), 3864–3873.

- Hakim, A. R., Hasibuan, M. A., & Andreswari, R. 2019. E-learning process analysis to determining student learning patterns using *Process mining* approach. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1193/1/012020>
- Homaidi, A. 2016. SISTEM INFORMASI AKADEMIK AMIK IBRAHIMY BERBASIS WEB. *Jurnal Ilmiah Informatika*. <https://doi.org/10.35316/jimi.v1i1.438>
- Januanti, A. D., Purwati, N. 2021. Prediksi Tingkat Kelulusan Mahasiswa dengan Algoritma Naive Bayes. *Jurnal Pepadun*, 2(1), 126–137.
- Ko, R. K. L., Lee, S. S. G., Lee, E. W. 2009. *Business Process Management (BPM) standards: A survey*. *Business Process Management Journal*. <https://doi.org/10.1108/14637150910987937>
- Kurniati, H. V., Angelina Prima, M., Atastina, I. 2015. *Process mining* pada Proses Pengadaan Buku dengan Algoritma *Heuristic Miner* (Studi Kasus: Perpustakaan Universitas Telkom). *E-Proceeding of Engineering*, 2(1), 1551–1561.
- Mangunsong, R. S., Kurniati, A. P., Sabariah, M. K. 2015. Analisis dan Implementasi *Process mining* dengan Algoritma *Heuristic Miner* studi kasus: *event logs* Rabobank Group ICT Netherlands. *E-Proceeding of Engineering*, 2(1), 1681–1687.
- Mannhardt, A., Kling, C., Heinzl, A. 2017. Plugin *iDHM* memungkinkan eksplorasi interaktif dari parameter *heuristic* secara cepat dan dapat memvisualisasikan model menggunakan Causal Net (C-Net). *Jurnal Penelitian Optimisasi Heuristik*, 5(2), 112–127.
- Pratama, I. P. A. E., Widhiasih, N. P. N. D. 2020. Perancangan Data Warehouse Untuk Prediksi Penjualan Pada Orba Express Menggunakan Pentaho. *JUSS (Jurnal Sains Dan Sistem Informasi)*. <https://doi.org/10.22437/juss.v3i2.8147>
- Rizqifaluthi, H., Yaqin, M. A. 2019. *Process mining* Akademik Sekolah menggunakan *RapidMiner*. *MATICS*. <https://doi.org/10.18860/mat.v10i2.5158>
- Wen, L., Aalst, W. M. P., Wang, J., & Sun, J. 2007. Mining process models with non-free-choice constructs. *Data Mining and Knowledge Discovery*. <https://doi.org/10.1007/s10618-007-0065-y>
- Wibisono, Y. 2015. *Pengantar Pentaho Data Integration (Kettle)*. Ilmuk Komputer UPI.
- Yayan, A., Anggraeni, S. W., Wiharti, U., Soleha, N. M., 2019. PENTINGNYA PENDIDIKAN BAGI MANUSIA. *JURNAL BUANA PENGABDIAN*. <https://doi.org/10.36805/jurnalbuanapengabdian.v1i1.581>