

**ANALISIS DAN PENERAPAN *PROCESS MINING* PADA DATA
PERKULIAHAN *ONLINE* STUDI KASUS *VIRTUAL CLASS*
UNIVERSITAS LAMPUNG**

(SKRIPSI)

Oleh

SUCI HASANAH BERTHA

1817051003



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

2023

**ANALISIS DAN PENERAPAN *PROCESS MINING* PADA DATA
PERKULIAHAN *ONLINE* STUDI KASUS *VIRTUAL CLASS*
UNIVERSITAS LAMPUNG**

Oleh :

Suci Hasanah Bertha

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

SARJANA ILMU KOMPUTER

Pada

Jurusan Ilmu Komputer

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung



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

2023

ABSTRAK

ANALISIS DAN PENERAPAN *PROCESS MINING* PADA DATA PERKULIAHAN *ONLINE* STUDI KASUS *VIRTUAL CLASS* UNIVERSITAS LAMPUNG

Oleh

SUCI HASANAH BERTHA

Perkembangan teknologi informasi memberikan pengaruh yang cukup signifikan untuk seluruh bidang organisasi. Munculnya wabah Covid-19 pada awal tahun 2020 membuat seluruh kegiatan yang seharusnya dapat dilakukan secara langsung menjadi harus dilakukan secara tidak langsung. Dengan adanya kebijakan baru, para tenaga pengajar diharuskan untuk tetap dapat memberikan pengajaran kepada seluruh mahasiswa tanpa terkecuali. Seluruh kegiatan pembelajaran dialihkan menggunakan sebuah sistem berbasis online bernama *Virtual Class* Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan metode *Process Mining*. *Process Mining* merupakan salah satu pendekatan untuk mendapatkan pengetahuan dari proses transaksi yang terjadi. *Event log* dapat dengan mudah dimasukkan ke dalam model proses menggunakan algoritma *heuristic miner*. Proses model terbaik diperoleh dengan memanfaatkan tiga parameter yaitu *Relative-to-best Threshold* (RT), *Positive Observations Threshold* (PT), dan *Dependency Threshold* (DT). Parameter ini digunakan untuk mencari nilai *fitness* terbaik. Nilai *fitness* digunakan untuk membuktikan proses model dengan *event log* sesuai atau tidak sesuai. Apabila sesuai, maka *bottleneck* yang telah berhasil ditemukan bernilai valid atau benar terjadi. Selain itu, untuk studi kasus ini, nilai *fitness* yang diperoleh menunjukkan kesesuaian sehingga kendala yang ada benar terjadi. Setiap mata kuliah memiliki frekuensi aktivitas yang berbeda pada *Virtual Class*. Studi kasus yang digunakan pada penelitian ini adalah *event log* dari *Virtual Class* Universitas Lampung dan *process mining* dapat membantu mengidentifikasi *bottleneck* yang terjadi pada mata kuliah yang dipilih.

Kata kunci: *Event Log*, *Process mining*, *Virtual Class*.

ABSTRACT

ANALISIS DAN PENERAPAN *PROCESS MINING* PADA DATA PERKULIAHAN *ONLINE* STUDI KASUS *VIRTUAL CLASS* UNIVERSITAS LAMPUNG

By

SUCI HASANAH BERTHA

The development of information technology has had a significant influence on all areas of the organization. The emergence of the Covid-19 outbreak at the beginning of 2020 meant that all activities that should have been carried out directly had to be carried out indirectly. With the new policy, teaching staff are required to continue to provide teaching to all students without exception. All learning activities are transferred using an online-based system called Virtual Class, Lampung University. This research uses the Process Mining method. Process Mining is an approach to gaining knowledge from the transaction processes that occur. Event logs can be easily incorporated into process models using heuristic miner algorithms. The best model process is obtained by utilizing three parameters, namely Relative-to-best Threshold (RT), Positive Observations Threshold (PT), and Dependency Threshold (DT). This parameter is used to find the best fitness value. The fitness value is used to prove that the model process with the event log is true or not false events. If they match, then the bottleneck that has been found is valid or has actually occurred. Apart from that, for this case study, the fitness values obtained show suitability so that the existing constraints actually occur. Each course has a different frequency of activities in the Virtual Class. The case study used in this research is the event log from the Virtual Class at the University of Lampung and process mining can help identify bottlenecks that occur in the selected courses.

Keywords: Event Log, Process Mining, Virtual Class.

Judul Skripsi : ANALISIS DAN PENERAPAN PROCESS MINING PADA DATA PERKULIAHAN ONLINE STUDI KASUS VIRTUAL CLASS UNIVERSITAS LAMPUNG

Nama Mahasiswa : Suci Hasanah Bertha

Nomor Pokok Mahasiswa : 1817051003

Program Studi : Ilmu Komputer

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Yunda Heningtyas, M.Kom.
NIP. 198901082019032014

Astria Hijriani, S.Kom., M.Kom.
NIP. 198103082008122002

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.



Sekretaris : Astria Hijriani, S.Kom., M.Kom.



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



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Meri Satria, S.Si., M.Si.

197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 Juli 2023

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Suci Hasanah Bertha

NPM : 1817051003

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**Analisis dan Penerapan *Process Mining* pada Data Perkuliahan *Online Studi Kasus Virtual Class Universitas Lampung*”** 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, 5 Agustus 2023



Suci Hasanah Bertha
NPM. 1817051003

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Suci Hasanah Bertha bertempat lahir di Kota Liwa pada tanggal 15 Desember 2000, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SDN 01 Sebarus dan selesai pada tahun 2006-2012. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Liwa yang diselesaikan pada tahun 2015, lalu melanjutkan ke pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Liwa 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 anggota Danus pada acara Pekan Raya Jurusan Ilmu Komputer pada tahun 2019

4. Menjadi kepala divisi Danus 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

Alhamdulillahirobbilalamin

Puji dan syukur tercurahkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam.

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

“Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya.”

(QS. Al-Zalzalah : 7)

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al Insyirah ayat 5)

“Sesungguhnya pertolongan akan datang bersama kesabaran”

(HR. Ahmad)

“Embrace Diversity, Expand your Horizons”

(Anonim)

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, serta petunjuk dan pedoman dari Rasulullah Nabi Muhammad *Shollallahu Alaihi Wasallam* penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis dan Penerapan *Process Mining* pada Data Perkuliahan *Online Studi Kasus Virtual Class Universitas Lampung*”** dengan baik dan lancar.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih ditujukan kepada:

1. Bak, Mak, Do Imam, dan Dek Aban 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 Dwiendah Wulansari, S.Si, M.T., selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembahas yang telah memberikan arahan dan bimbingan setiap semester hingga penelitian ini selesai.
5. Bapak Didik Kurniawan, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung.
6. Ibu Anie Rose Irawati, ST., M.Cs. selaku Sekretaris Jurusan Ilmu Komputer, Universitas Lampung.
7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Jurusan Ilmu Komputer yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
8. Teman seperjuangan di kala suka dan duka selama perkuliahan Jonathan Michael, Hana Afriliza, Windy Desty Ariany, Agnes Pramudani, Anisa Raden yang selalu memberi semangat dan membantu mencari jalan keluar setiap ada masalah.

9. Vani, Azzah, Yuan, Afifah, Gema, Vira, Ridho yang tidak pernah lelah menjadi tempat untuk bertanya mengenai informasi yang diperlukan.
10. Arielle Mileni Gamayola, Shifa Amalia, Anisa Yusri Eliyanti, Hudanti Haning Dhalia, Aisyah Fitri Ningtyas Adrianto, Achmad Rizky WPP, Ari Saputra yang selalu memberi dukungan serta mengapresiasi setiap langkah dari SMP sampai menyelesaikan skripsi ini.
11. Dila Saphira, Asyiva Octaria, Okta Piyani, Widia Putri, dan Dita Pratama Putri yang selalu mendukung dari jarak jauh sampai skripsi ini selesai.
12. 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

Suci Hasanah Bertha
NPM. 1817051003

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR TABEL	iii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Business Process Management</i>	7
2.2 <i>Process Mining</i>	8
2.3 <i>Preprocessing</i>	9
2.4 <i>Event Log</i>	10
2.5 <i>ProM</i>	11
2.6 <i>Conformance Checking</i>	11
2.7 <i>Heuristic Miner</i>	12
2.8 <i>Virtual Class Unila</i>	17
2.9 <i>Disco</i>	18
2.10 Penelitian Terdahulu	19
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	20
3.2 Data dan Alat Pendukung	21
3.3 Tahapan Penelitian	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil	26
4.2 Pembahasan	26
4.3 Implementasi.....	41

V. SIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Simpulan.....	63
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tahapan <i>Process Mining</i>	8
2. Contoh <i>Event Log</i>	10
3. <i>Dependency graph</i>	15
4. <i>Dependency graph</i>	16
5. Tahapan Penelitian	23
6. <i>Flowchart Preprocessing</i>	30
7. <i>Flowchart process discovery</i>	31
8. Contoh data <i>input</i> ke aplikasi Disco.....	34
9. Hasil <i>process discovery</i> pada mata kuliah pemrograman terstruktur.....	35
10. Hasil <i>process discovery</i> pada mata kuliah aplikasi android dengan <i>flutter</i>	35
11. Hasil proses model mata kuliah pemrograman terstruktur menggunakan algoritma <i>heuristic miner</i> (parameter <i>default</i>)	37
12. Hasil proses model mata kuliah aplikasi android dengan <i>flutter</i> menggunakan algoritma <i>heuristic miner</i> (parameter <i>default</i>).....	37
13. Hasil proses model mata kuliah pemrograman terstruktur dengan menerapkan <i>petri net</i>	40
14. Hasil proses model mata kuliah aplikasi android dengan <i>flutter</i> dengan menerapkan <i>petri net</i>	40
15. Perbandingan hasil proses model mata kuliah pemrograman terstruktur menggunakan nilai parameter terbaik	44
16. Hasil <i>Conformance Checking</i> pada mata kuliah pemrograman terstruktur	45
17. Aktivitas mahasiswa pada mata kuliah pemrograman terstruktur	46
18. Durasi gabung mahasiswa pada mata kuliah pemrograman terstruktur....	51
19. Durasi waktu pengerjaan UTS pemrograman terstruktur.....	51
20. Perbandingan hasil proses model mata kuliah aplikasi android dengan <i>flutter</i> menggunakan nilai parameter terbaik	56
21. Hasil <i>Conformance Checking</i> pada mata kuliah aplikasi android dengan <i>flutter</i>	57
22. Aktivitas mahasiswa pada mata kuliah aplikasi android dengan <i>flutter</i> ...	58
23. Durasi gabung mahasiswa pada mata kuliah aplikasi android dengan <i>flutter</i>	61
24. Durasi waktu pengerjaan UTS pemrograman terstruktur.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. <i>Dependency Measures Table</i>	14
2. Waktu Penelitian	20
3. <i>Log</i> mata kuliah.....	27
4. <i>Log</i> Atribut <i>Event</i>	28
5. Contoh data mentah.....	29
6. <i>Log final</i> mata kuliah pemrograman terstruktur	32
7. <i>Log final</i> mata kuliah Aplikasi Android Dengan <i>Flutter</i>	33
8. Parameter dataset	34
9. Parameter <i>Relative to-best Threshold</i> mata kuliah pemrograman terstruktur	41
10. Parameter <i>Positive Observations Threshold</i> pada mata kuliah pemrograman terstruktur	42
11. Parameter <i>Dependency Threshold</i> pada mata kuliah pemrograman terstruktur.....	42
12. Hasil <i>conformance checking</i> pada mata kuliah pemrograman terstruktur	45
13. Hasil analisis aktivitas mahasiswa pada mata kuliah pemrograman terstruktur.....	49
14. Frekuensi akses <i>Quiz</i> dan <i>Assignment</i> mata kuliah pemrograman terstruktur.....	50
15. Tabel frekuensi seluruh aktivitas pada mata kuliah pemrograman terstruktur.....	52
16. Parameter <i>Relative to-best Threshold</i> pada mata kuliah Aplikasi Android Dengan <i>Flutter</i>	53
17. Parameter <i>Positive Observations Threshold</i> pada mata kuliah Aplikasi Android Dengan <i>Flutter</i>	54
18. Parameter <i>Dependency Threshold</i> pada mata kuliah Aplikasi Android Dengan <i>Flutter</i>	54
19. Hasil <i>conformance checking</i> mata kuliah Aplikasi Android Dengan <i>Flutter</i>	57
20. Hasil analisis aktivitas mahasiswa pada mata kuliah Aplikasi Android Dengan <i>Flutter</i>	59
21. Tabel frekuensi akses <i>Quiz</i> dan <i>Assignment</i> pada mata kuliah Aplikasi Android Dengan <i>Flutter</i>	60
22. Frekuensi seluruh aktivitas pada mata kuliah Aplikasi Android Dengan <i>Flutter</i>	62

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi memberikan pengaruh yang cukup signifikan untuk seluruh bidang organisasi. Munculnya wabah Covid-19 pada awal tahun 2020 membuat seluruh kegiatan yang seharusnya dapat dilakukan secara langsung menjadi harus dilakukan secara tidak langsung. Salah satu organisasi atau institusi yang merasakan dampak dari wabah covid-19 ini adalah Universitas Lampung. Munculnya wabah penyakit ini mengharuskan seluruh civitas akademika Universitas Lampung untuk melakukan pembelajaran secara daring (*online*) sampai keadaan kembali normal.

Dengan adanya kebijakan baru, para tenaga pengajar diharuskan untuk tetap dapat memberikan pengajaran kepada seluruh mahasiswa tanpa terkecuali. Hal ini membuat seluruh civitas akademika baik tenaga pengajar maupun mahasiswa untuk menggunakan sistem yang dapat membantu proses pembelajaran dari jarak jauh. Seluruh kegiatan pembelajaran dialihkan menggunakan sebuah sistem berbasis *online* bernama *Virtual Class* Universitas Lampung. *VClass* merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk mendukung kegiatan pembelajaran dengan metode *e-learning* seperti menyediakan materi pembelajaran, menyediakan soal berbasis *online*, dan menyediakan presensi secara *online*. *VClass* sudah digunakan sebagai sistem pendukung pembelajaran jauh sebelum adanya wabah covid-19. Namun semenjak adanya pandemi, *VClass* lebih sering digunakan karena dapat sangat membantu proses pembelajaran di situasi seperti saat ini.

Data adalah fakta mengenai objek. Data juga dapat diartikan sebagai dasar fakta yang dirumuskan dalam sebuah kelompok atau lembaga tertentu untuk

menunjukkan aktivitas, tindakan, kejadian, dan transaksi yang tidak memiliki makna dan tidak berpengaruh apabila digunakan (Abdurahman, 2018). Data yang belum memiliki makna tersebut selanjutnya dapat diolah menjadi informasi yang bermakna.

Seperti sistem pembelajaran pada umumnya, *VClass* menyimpan rekaman data dalam jumlah yang besar dan akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah mahasiswa tiap tahun. Rekaman data tersebut akan mencatat berbagai aktivitas mahasiswa setiap harinya dalam bentuk *event log*. *Event log* adalah catatan aktivitas atau transaksi yang dilakukan seorang pengguna pada sebuah sistem yang berisikan informasi tentang kegiatan yang sedang terjadi (Adhim *et al.*, 2019). Salah satu informasi yang dapat didapatkan dari aktivitas *event log* adalah proses bisnis (*business process*) suatu organisasi atau institusi.

Business process management (BPM) merupakan salah satu metode proses bisnis yang digunakan untuk menganalisis, mengidentifikasi, dan memonitor proses untuk mengoptimalkan performa (Dumas *et al.*, 2018). Metode ini digunakan oleh organisasi untuk terus mengoptimalkan kinerja seiring dengan berjalannya waktu. BPM akan membantu mengatur seluruh alur kegiatan untuk pengambilan keputusan yang tepat sehingga dapat mengurangi resiko kesalahan dan kerugian pada organisasi atau institusi tersebut. Untuk mendapatkan informasi dan pengetahuan dari *event log*, diperlukan pengolahan data. Salah satu cara untuk mengolah data tersebut adalah dengan menggunakan *process mining*. *Process mining* merupakan salah satu pendekatan untuk mendapatkan pengetahuan dari proses transaksi yang terjadi. *Process mining* terdiri dari tiga tahapan yaitu *Process Discovery*, *Process Conformance Checking*, dan *Process Enhancement* (Huda, 2018). *Event log* yang ada akan diproses dan melewati tiga tahapan tersebut untuk dijadikan informasi yang dapat ditarik kesimpulannya. Kesimpulan tersebut akan dijadikan pertimbangan untuk pengambilan keputusan yang akan membantu pengoptimalan kinerja suatu institusi.

Aktivitas belajar yang dilakukan oleh mahasiswa cenderung berbeda-beda, sehingga menghasilkan nilai akhir yang bervariasi. Aktivitas inilah yang dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi yang mempengaruhi mahasiswa tersebut sehingga mendapatkan nilai yang berbeda satu dengan yang lainnya. Akibat dari aktivitas belajar yang variatif ini, beberapa mahasiswa mendapatkan nilai akhir yang buruk dan tidak lulus pada suatu mata kuliah. Apabila mahasiswa tidak lulus pada suatu mata kuliah, maka mahasiswa harus mengulang kembali mata kuliah tersebut yang menyebabkan terhambatnya kelulusan secara tepat waktu. Aktivitas mahasiswa pada suatu sistem pembelajaran dapat berpengaruh untuk jangka panjang. Salah satu solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan menganalisis aktivitas belajar mahasiswa Universitas Lampung pada VClass dengan menggunakan process mining. Analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk dapat tetap mengoptimalkan proses bisnis di Universitas Lampung dan untuk mengetahui kendala (*bottleneck*) apa saja yang terjadi pada saat proses pembelajaran berlangsung.

Penelitian ini didasari oleh belum adanya penelitian mengenai aktivitas pada sistem pembelajaran di jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung. Penelitian terdahulu telah dilakukan di Telkom *University* dengan studi kasus yang sama, yaitu pada *Learning Management System*. Penelitian tersebut menjadi referensi pada penelitian ini. Data yang digunakan adalah *event log* dari mata kuliah Pemrograman Terstruktur serta mata kuliah Aplikasi Android Dengan *Flutter* tahun ajaran 2021/2022. Kedua mata kuliah tersebut dipilih setelah dilakukan *screening* dari beberapa mata kuliah yang ada. Kedua mata kuliah tersebut memiliki kriteria VClass yang paling ideal. Data *event log* mata kuliah ini akan digunakan untuk melihat aktivitas apa saja yang terjadi terhadap penggunaan VClass untuk membandingkan aktivitas berdasarkan nilai akhir mahasiswa dengan metode *process mining*. Metode ini akan mengolah *event log* yang merupakan representasi dari proses bisnis. *Event log* kemudian akan dimodelkan menjadi model proses untuk dievaluasi dan dipelajari.

Process mining dilakukan menggunakan algoritma *heuristic miner* karena algoritma ini dapat menampilkan aktivitas utama yang terekam dalam *event log* dengan baik. Untuk dapat memodelkan algoritma tersebut, dibutuhkan sebuah *tools* atau aplikasi yaitu ProM. ProM merupakan sebuah aplikasi yang dapat digunakan untuk melakukan *process mining* dimulai dari data awal yang di proses menjadi *event log* yang sesuai, dan kemudian dimodelkan berdasarkan algoritma yang dipilih. Aplikasi ini akan memudahkan analisis proses bisnis melalui model proses yang sudah dihasilkan. Dari penelitian ini, diharapkan bahwa aktivitas belajar mahasiswa pada *VClass* Unila dapat dijadikan tolak ukur dasar pengembangan dalam metode pembelajaran selanjutnya agar mahasiswa dapat mendapatkan nilai yang baik secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, dapat dirumuskan bahwa masalah yang harus diselesaikan adalah bagaimana proses aktivitas belajar mahasiswa pada mata kuliah Pemrograman Terstruktur serta mata kuliah Aplikasi Android Dengan *Flutter* yang digambarkan dengan proses model pada *VClass* Universitas Lampung

1.3 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini hanya dilakukan pada ruang lingkup *VClass* Universitas Lampung di mata kuliah Pemrograman Terstruktur serta mata kuliah Aplikasi Android Dengan *Flutter* tahun ajaran 2021/2022.
- b. Penelitian ini dilakukan hanya sampai pada tahap *Conformance Checking*.
- c. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi ProM dan Disco.
- d. Penelitian ini menggunakan sembilan kolom yakni kolom *time*, *user fullname*, *event context*, *event name*, *case ID*, nilai akhir, dan kategori.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

- 1.4.1 Mengetahui pengaruh aktivitas belajar mahasiswa dari pengolahan data *event log* pada mata kuliah Pemrograman Terstruktur serta mata kuliah Aplikasi Android Dengan *Flutter* di *VClass* Universitas Lampung dengan melakukan *preprocessing* dan menerapkan model proses terhadap nilai akhir.
- 1.4.2 Melakukan *conformance checking* untuk menentukan nilai *fitness*, untuk membandingkan hasil proses model dengan *event log* pada mata kuliah yang telah dipilih.
- 1.4.3 Menemukan *bottleneck* atau penghambat pada aktivitas belajar pada mata kuliah Pemrograman Terstruktur dan mata kuliah Aplikasi Android Dengan *Flutter*.
- 1.4.4 Menemukan frekuensi dan perbedaan aktivitas pada mahasiswa yang mengambil mata kuliah Pemrograman Terstruktur dan Aplikasi Android dengan *Flutter*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.5.1 Bagi Institusi
 - a. Mengetahui proses aktivitas belajar mahasiswa jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung khususnya pada mata kuliah Pemrograman Terstruktur serta mata kuliah Aplikasi Android Dengan *Flutter* selama melakukan pembelajaran dengan menerapkan *process mining* dan algoritma *heuristic miner*.
 - b. Mengoptimalkan proses bisnis yang ada pada jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung.

1.5.2 Bagi Peneliti

- a. Menambah wawasan baru tentang pemanfaatan *event log* terutama pada bidang pendidikan.
- b. Mengetahui visualisasi pola yang terjadi pada proses pembelajaran yang sedang berlangsung di *VClass*.

1.5.3 Bagi Masyarakat Umum

- a. Menjadi sumber informasi, rujukan, dan referensi untuk penelitian selanjutnya agar dapat terus dikembangkan.
- b. Menambah ilmu pengetahuan pada bidang *process mining* untuk meningkatkan kualitas penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Business Process Management*

Proses bisnis merupakan aktivitas yang saling berkaitan untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan. Aktivitas tersebut bertujuan untuk mencapai strategi bisnis yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam suatu organisasi, proses bisnis tidak hanya digunakan untuk organisasi tersebut, proses bisnis memungkinkan interaksi antara satu organisasi ke organisasi lainnya. Dalam suatu proses bisnis, dibutuhkan konsep abstraksi untuk memodelkan proses yang bertujuan untuk mengatasi kompleksitas pada proses bisnis tersebut. Konsep tersebut terbagi menjadi dua, yaitu konsep abstraksi horizontal dan konsep abstraksi vertikal (Weske, 2012).

2.2.1 Abstraksi Horizontal

Abstraksi horizontal adalah pemisahan tingkat pemodelan dari tingkat contoh ke tingkat model, lalu dari tingkat model ke tingkat metamodel (Susanto, *et al.*, 2018)

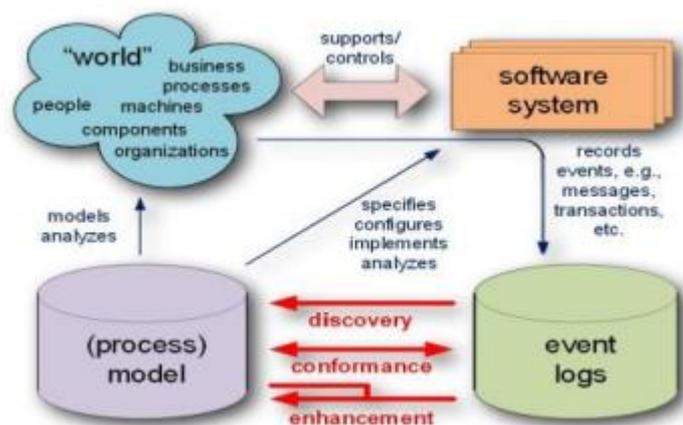
2.2.2 Abstraksi Vertikal

Abstraksi vertikal adalah suatu konsep identifikasi pemodelan proses bisnis pada suatu fungsi yang dilakukan oleh suatu organisasi . Abstraksi vertikal bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai apa saja kegiatan yang sedang dilakukan oleh suatu organisasi, teknologi apa saja yang digunakan dalam melakukan pemodelan, dan untuk mengetahui struktur organisasi tersebut (Rahmawati, *et al.*, 2017).

2.2 Process Mining

Process mining merupakan disiplin yang menggabungkan ilmu mengenai *data mining*, pemodelan proses, dan analisis. *Process mining* bekerja dengan cara melakukan analisis terhadap suatu *event log* yang tercatat, hasil analisis tersebut nantinya akan dijadikan sebuah kesimpulan untuk mengambil sebuah keputusan (Adhiguna, 2018).

Dari *process mining*, dapat dilihat proses apa saja yang terjadi, bagaimana cara mengontrol, dan cara pemanfaatan sumber daya yang ada untuk selanjutnya dijadikan suatu keputusan. Gambar 1 menunjukkan tahapan-tahapan pada *process mining*.



Gambar 1. Tahapan *Process Mining* (Aalst & Dustdar, 2012)

Tujuan dari *process mining* adalah untuk mengekstrak informasi mengenai proses berdasarkan *log* yang terjadi. Menurut Aalst & Dustdar (2012), tiga tahapan pada *process mining*, yaitu:

2.2.1 Discovery

Discovery atau penemuan merupakan tahapan pertama untuk membentuk model proses dari *event log*. Tahapan ini akan membentuk model sesuai dengan informasi awal tanpa adanya penambahan ataupun perubahan.

2.2.2 Conformance

Conformance merupakan tahapan yang dilakukan untuk membandingkan antara model proses yang telah dibuat dengan *event log* yang ada. Tahapan ini bertujuan untuk melihat apakah terdapat *bottleneck* pada proses tersebut.

2.2.3 Enhancement

Enhancement merupakan tahapan yang dilakukan untuk memberikan solusi atau perbaikan terhadap permasalahan proses bisnis yang terjadi pada model proses yang telah dibuat sebelumnya.

2.3 Preprocessing

Preprocessing merupakan tahapan yang dilakukan sebelum dilakukannya pengklasifikasian yang bertujuan untuk membersihkan, menghilangkan, mengubah dan memperbaiki data mentah yang didapat sebelum diubah menjadi *event log*. Hal ini dilakukan untuk mengoptimalkan data saat akan diinputkan dan diubah menjadi model proses (Muttaqin & Bachtiar, 2018). Menurut Muttaqin & Bachtiar (2018), tahapan *preprocessing* pada setiap kasus dapat berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan. Muttaqin & Bachtiar (2018) juga menyebutkan tahapan yang paling sering digunakan yaitu:

2.3.1 Cleansing

Cleansing merupakan proses membersihkan data yang akan digunakan dari karakter atau kata yang tidak diperlukan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi *noise* atau *error* yang dapat menyebabkan proses pada langkah selanjutnya terhambat atau tidak optimal.

2.3.2 Case Folding

Case folding merupakan proses perubahan data menjadi format yang sesuai. Hal ini dilakukan untuk mengurangi redundansi data yang akan digunakan saat melakukan klasifikasi data sehingga proses dapat menjadi lebih optimal. Contohnya mengubah format data yang semula *lowercase* menjadi *uppercase* sesuai dengan kebutuhan proses yang dilakukan.

2.3.3 Tokenizing

Tokenizing merupakan proses pemisahan data atau pemotongan data berupa frasa, klausa, atau kalimat menjadi kata perkata berdasarkan delimiter yang digunakan yaitu spasi (*space*).

2.4 Event Log

Event log merupakan pencatatan transaksi yang terjadi yang berisi informasi mengenai kegiatan yang sedang berlangsung. *Event log* terdiri dari beberapa atribut yaitu *case id*, *task*, *event* atau *activity name*, *user*, dan *timestamp* (Wahyuni, *et al.*, 2018). Gambar 2 menunjukkan contoh *event log* pada suatu perusahaan yaitu PT. Kutai Timber Indonesia Kota Probolinggo.

EVENT ID	dd-mm-yyyy:hh.mm	ACTIVITIES	RESOURCE
1	06-10-2017:09.00.15	Items	sobirin
2	06-10-2017:09.00.20	ZFM_GS03_ProductionControlHome	sobirin
3	06-10-2017:09.00.25	JobOrders	sobirin
4	06-10-2017:09.00.45	ZFM_GS03_ProductionHome	eli
5	06-10-2017:13.03.55	ZFM_PR02_UnpostedJobTransactions	eli
6	06-10-2017:13.38.59	PostJobTransactions	eli
7	06-10-2017:13.44.40	ZFM_PR01_JobReceipt	sobirin
8	07-10-2017:09.30.09	JobOrders	sobirin
9	07-10-2017:09.34.09	ZFM_PR02_UnpostedJobTransactions	sobirin
10	07-10-2017:09.34.15	JobMaterialTransactions	sobirin

Gambar 2. Contoh *Event Log* (Wahyuni, *et al.*, 2018)

2.5 ProM

ProM merupakan salah satu *open source framework* yang banyak digunakan sebagai *tools* dalam *process mining*. ProM menghadirkan berbagai fitur yang dapat membantu pengguna untuk mengubah sebuah *log* menjadi suatu model proses. Tujuan utama dibuatnya aplikasi ini adalah untuk meningkatkan efisiensi bisnis dan meningkatkan tingkat kerja serta memudahkan pengguna saat melakukan *process mining*. ProM bekerja dengan cara mengubah data berbentuk XES menjadi model proses sesuai yang diinginkan. ProM memiliki berbagai macam pilihan plugins yang bisa digunakan untuk melakukan *Log Filtering*, *Process Discovery*, *Conformance Checking*, dan *Model Enhancement* (Adhim, *et al.*, 2019).

2.6 Conformance Checking

Conformance checking merupakan salah satu metode pada *process mining* yang menghubungkan peristiwa dalam *event log* dalam model proses untuk kemudian dibandingkan keduanya. Tujuan dari *conformance checking* ini adalah untuk menemukan perbedaan serta persamaan dari model proses yang sedang terjadi (Carmona *et al.*, 2018).

Conformance checking juga dapat digunakan untuk memeriksa dan menjelaskan penyimpangan pada *event log* dan model proses yang sedang terjadi. Perbedaan yang terjadi pada model proses dapat digunakan sebagai tolak ukur permasalahan yang terjadi, sedangkan persamaan yang terjadi dapat digunakan untuk mengukur kinerja dari proses tersebut (Aalst, 2016). Menurut Aalst (2016), analisis *conformance checking* terdiri dari 3 metode seperti berikut:

2.6.1 Fitness

Analisis *fitness* dilakukan untuk melakukan memeriksa apakah model proses yang telah dibuat mampu mereproduksi kembali seluruh urutan pada *event log* awal dan untuk memeriksa apakah *event log* mampu

mereproduksi model proses yang telah dibuat. Analisis ini dilakukan untuk pengecekan kesesuaian antara *event log* dan model proses. Berdasarkan *trace* pada *event log*, jika nilai mendekati 1, maka nilai akan semakin baik (Rozinat & Aalst, 2016).

2.6.2 Structural Appropriateness

Analisis ini dilakukan untuk melakukan pemeriksaan *duplicate task* dan *invisible task*. Jika *duplicate task* dan *invisible task* dapat dihapus, maka hal tersebut dapat mempengaruhi model proses yang telah dibuat. Jika terdapat *duplicate task* dan *task* tersebut bersifat tidak *redundant*, maka nilai akan menunjukkan angka 0. Sebaliknya, jika tidak terdapat *duplicate task* dan *task* tersebut *redundant*, maka nilai akan menunjukkan angka 1 (Rozinat & Aalst, 2016).

2.6.3 Behavioral Appropriateness

Analisis ini dilakukan dengan cara mengasumsikan bahwa *event log* cocok dengan model proses yang telah dibuat. Berbeda dengan *fitness*, *event log* atau model proses dalam analisis ini belum diperiksa kesesuaiannya. Jika dilihat dari model proses sudah terdapat beberapa kecocokan, maka diasumsikan nilai keduanya sudah 1 atau sudah cocok sehingga proses dapat dilanjutkan (Rozinat & Aalst, 2016).

2.7 Heuristic Miner

Heuristic miner merupakan salah satu algoritma yang digunakan untuk memodelkan proses pada *process mining* dengan cara mengidentifikasi keterhubungan suatu aktivitas dengan aktivitas yang lain. Aktivitas pada *event log* akan diubah menjadi proses model menggunakan algoritma ini. *Heuristic miner* dirancang untuk melakukan *mining* pada *log* yang mengandung *noise*. Itu sebabnya algoritma ini banyak digunakan pada beberapa jenis *process mining* di berbagai bidang. Algoritma ini dapat membantu menemukan serta mengatasi *noise* yang mengganggu serta dapat

membantu menentukan hubungan sebab akibat, *split*, dan *join* (Maharani, *et al.*, 2018).

Terdapat beberapa langkah pada algoritma *heuristic miner*. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut.

2.7.1 Menghitung *Dependency Measures*

Konsep dasar dari algoritma ini adalah membuang atau menghilangkan *path* yang memiliki frekuensi lebih sedikit (*infrequent*) ke dalam proses model yang dibuat. *Path* yang terhubung akan dihitung keterkaitan atau hubungannya menggunakan rumus *dependency measures*. *Dependency* yang memenuhi *threshold* akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya (Maharani, *et al.*, 2018)

Nilai *dependency measures* dihitung dari dua aktivitas. Jika T adalah set aktivitas pada event log W, maka *dependency matrix* yang akan dibangun adalah $|T| \times |T|$. Menurut Mangunsong, *et al.* (2015), rumus untuk menghitung tiap elemen dari *dependency matrix* tersebut adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

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

Nilai $|a \rightarrow \omega b|$ akan selalu berada di angka -1 dan 1. Jika nilai $|a \rightarrow \omega b|$ semakin mendekati angka 1, maka semakin tinggi

keterhubungan antara dua aktivitas tersebut, a sering menyebabkan aktivitas b terjadi. Begitupun sebaliknya, jika nilai $|a \rightarrow \omega b|$ mendekati angka -1 , maka semakin rendah keterhubungan dua aktivitas tersebut. Artinya dua aktivitas tersebut belum memenuhi kriteria dan harus dilakukan perhitungan kembali.

2.7.2 Menghitung *Dependency Matrix*

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai *dependency matrix*. Elemen pada *dependency matrix* merupakan hasil perhitungan yang sebelumnya didapatkan dari rumus hitung dua aktivitas pada *dependency measures* (Mangunsong, *et al.*, 2015). Tabel 1 akan menunjukkan contoh perhitungan *dependency measures*.

Tabel 1. *Dependency Measures Table* (Mangunsong, *et al.*, 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	0.8	0.92
E	-0.83	-0.92	-0.92	-0.93	0

Nilai pada Tabel 1 menunjukkan bahwa aktivitas yang paling sering terjadi pada dua aktivitas tersebut berada pada baris a. Sedangkan aktivitas yang tidak mendekati nilai 1 berada pada kolom a yang menunjukkan aktivitas tidak sering terjadi pada kolom tersebut (Mangunsong, *et al.*, 2015).

2.7.3 Menghitung *Dependency Graph*

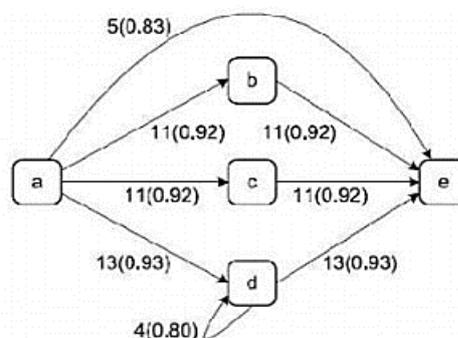
Pada saat menentukan *dependency graph*, aktivitas yang dapat dihubungkan hanyalah aktivitas yang memiliki hubungan sebab akibat. Harus terdapat *threshold* untuk menentukan apakah aktivitas saling terhubung untuk menghindari terdapatnya *noise* pada dua aktivitas tersebut (Weijters, *et al.*, 2006).

Terdapat tiga aspek *threshold* untuk membangun *dependency graph* menggunakan algoritma *heuristic miner*. Menurut Mangunsong, *et al.* (2015) aspek tersebut adalah sebagai berikut:

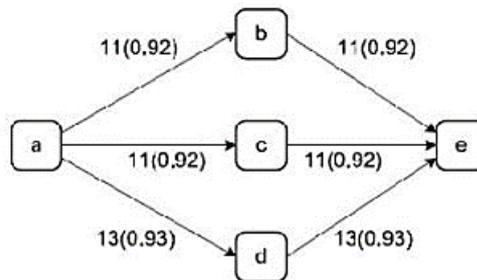
- Nilai *dependency measure* harus lebih besar atau sama dengan nilai *dependency threshold* yang telah ditentukan sebelumnya.
- Nilai $|ab|$ harus lebih besar atau sama dengan nilai *positive observations threshold* yang telah ditentukan sebelumnya.
- Nilai $|DM_{ab} - DM_{ax}|$ harus lebih kecil dari nilai RTB (*relative to best*) yang telah ditentukan sebelumnya. Atau Nilai $|DM_{ab} - DM_{yb}|$ harus lebih kecil dari nilai RTB.

DM_{ax} adalah nilai *dependency measure* terbesar pada baris *a*, sedangkan adalah nilai *dependency measure* terbesar pada kolom *b*.

Apabila tiga *threshold* tersebut terpenuhi, maka aktivitas dan dapat dipasangkan pada *dependency graph* (Saravanan & Sre, 2011). Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan contoh hasil *dependency graph*.



Gambar 3. *Dependency graph* dengan *threshold* sebesar 2 untuk $|>_L|$ dan 0.7 untuk $|\rightarrow_L|$ (Mangunsong, *et al.*, 2015)



Gambar 4. *Dependency graph* dengan *threshold* sebesar 5 untuk $|\gt_L|$ dan 0.9 untuk $|\rightarrow_L|$ (Mangunsong, *et al.*, 2015)

Pada Gambar 4, telah ditentukan *threshold* sebesar 2 untuk $|\gt_L|$ dan 0.7 untuk $|\rightarrow_L|$. Terdapat perbedaan yang terjadi pada kedua gambar tersebut, dimana *arc* antara d ke d dan a ke e hilang. Hal ini terjadi telah ditentukannya *threshold* dengan nilai 5 untuk $|\gt_L|$ dan 0.9 untuk $|\rightarrow_L|$. Besarnya *threshold* ini dapat kita gunakan untuk mengetahui *backbone* sebenarnya dari proses model yang berjalan (Mangunsong, *et al.*, 2015).

2.7.4 Parameter Algoritma *Heuristic Miner*

Untuk menangani *noise* pada sebuah proses model, algoritma *heuristic miner* memiliki beberapa parameter atau batasan sebagai berikut:

a. *Relative to Best Threshold* (RBT)

Parameter *threshold* ini menunjukkan bahwa suatu *edge* atau hubungan akan digunakan untuk memasukkan *edge* antar aktivitas ke dalam *control-flow network* jika terdapat perbedaan antara nilai *dependency measure* yang telah dihitung untuk *edge*. Parameter ini juga digunakan apabila nilai terbesar dari *dependency measure* yang ada pada matriks *dependency graph* lebih rendah dari nilai parameter itu tersendiri (Effendi, 2015).

b. *Positive Observation Threshold* (POT)

Threshold ini membatasi jumlah minimum suatu aktivitas memiliki ketergantungan hubungan dengan aktivitas lain. Relasi dikatakan ada jika terdapat banyak frekuensi hubungan yang berada di atas nilai atau sama dengan parameter ini (Effendi, 2015).

c. *Dependency Threshold* (DT)

Parameter ini mengacu pada nilai *dependency measure* antar aktivitas yang terjadi. Jika nilai *dependency measure* memiliki nilai lebih besar dibanding dengan nilai *dependency threshold*, maka *dependency relation* antar aktivitas tersebut dapat dimasukkan ke dalam proses model (Hakim, 2018).

2.8 *Virtual Class* Unila

Virtual Class merupakan kegiatan belajar mengajar menggunakan ruangan dengan menerapkan proses *e-learning* atau tempat terjadinya kegiatan *virtual learning*. Dalam *virtual class* dapat dilihat kemajuan proses belajar dan dapat dipantau proses kegiatannya baik oleh pengajar maupun peserta didik dari jarak jauh. Selain digunakan sebagai media proses pembelajaran jarak jauh, sistem ini juga dapat digunakan untuk penunjang tambahan pada kelas offline (Budi, 2017).

Dalam penelitian ini, *Virtual Class* yang dimaksud adalah *Virtual Class* Universitas Lampung yang digunakan oleh para mahasiswa dan civitas akademika Unila untuk membantu mengakses pembelajaran secara *online*. Menurut Budi (2017), beberapa aktivitas pembelajaran yang didukung oleh *Virtual Class* Unila adalah sebagai berikut:

- a) *Assignment*, fasilitas ini biasanya digunakan untuk memberikan penugasan kepada mahasiswa baik secara *online* maupun *offline*. Mahasiswa dapat mengakses materi serta mengumpulkan tugas dengan cara mengunggah file atau mengisi langsung pada *VClass*.

- b) Absensi, fasilitas ini digunakan oleh mahasiswa untuk menandakan kehadiran pada pertemuan yang sedang dilakukan.
- c) Forum, merupakan fasilitas untuk berdiskusi antara mahasiswa maupun tenaga pendidik untuk membahas topik-topik yang berhubungan dengan materi pembelajaran.
- d) *Quiz*, fasilitas ini digunakan tenaga pendidik untuk memberikan ujian atau tes untuk menguji kemampuan para mahasiswa.

2.9 Disco

Disco adalah perangkat lunak atau *tools* untuk membantu *process mining* yang didirikan dan dikembangkan oleh perusahaan teknologi informasi dari Belanda yang bernama Fluxicon. Disco merupakan *tools* yang digunakan untuk *process mining* dari data set suatu proses. Disco memiliki fungsi *import* yang dapat digunakan untuk memasukan data set atau *event log* dengan mudah, jenis *file* yang dapat digunakan diantaranya adalah CSV. Disco dapat mendefinisikan data aktivitas, *timestamp* dan *case id* secara otomatis dari data set yang telah di-*import*. Pengguna juga dapat mendefinisikan kolom secara manual untuk proses analisis (Rewanda *et al.*, 2020).

Hasil dari proses *import* adalah peta proses yang dapat dilihat alur jalannya. Alur tersebut merupakan simulasi aktivitas yang telah terjadi pada *event log*. Dari alur tersebut, pengguna akan lebih mudah memahami dan dapat melakukan analisis dengan jelas. Disco juga menyediakan fungsi *filter*, yang berguna untuk melihat secara detail masing-masing aktivitas yang terjadi sehingga dapat membantu memudahkan proses analisis (Pratama & Widhiasih, 2020).

2.10 Penelitian Terdahulu

2.10.1 *Process Mining Akademik Sekolah Menggunakan RapidMiner*

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan *process mining* suatu proses akademik sekolah dengan menggunakan dua algoritma yaitu algoritma *alpha miner* dan algoritma *fuzzy miner*. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa hasil visualisasi *process mining* dari algoritma *fuzzy miner* lebih sederhana dan mudah dibaca dibandingkan dengan menggunakan algoritma *alpha miner*. Algoritma *fuzzy miner* dapat lebih menyederhanakan model proses bisnis yang dihasilkan sebagai output sehingga mudah dimengerti dan mudah pula untuk dianalisa. Jika dibandingkan dengan algoritma *alpha miner*, *process mining* menggunakan algoritma *alpha miner* selalu menghasilkan model proses bisnis yang sangat kompleks dan tidak terstruktur (*Spaghetty like case*) (Zaki *et al.*, 2018).

2.10.2 *On predicting academic performance with process mining in learning analytics*

Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi tingkat keberhasilan kursus pada courser Massive Open Online Courses (MOOC). Data yang diambil merupakan data mingguan yang tercatat pada log. Teknik yang digunakan pada penelitian ini adalah Logistic Regression (LR), Random Forest (RF), Naïve Bayes, dan K-Nearest Neighbor (KNN). Penggunaan teknik ini berhasil memprediksi kinerja siswa pada tahap awal (Umer, 2017).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung yang berada di Jalan Soemantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng, Bandar Lampung.

3.1.2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada periode semester delapan dimulai dari bulan Mei 2022 hingga penyelesaian pada Juli 2023. Tabel 2 menunjukkan waktu penelitian.

Tabel 2. Waktu Penelitian

Uraian Kegiatan	Tahun														
	2022							2023							
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
Inisiasi	■														
<i>Mining Data Log</i>		■													
<i>Preprocessing</i>			■												
<i>Process Discovery</i>				■	■	■	■	■	■						
<i>Conformance Checking</i>									■						
Analisis Proses Model										■	■				
Penulisan Laporan												■	■	■	■

3.1 Data dan Alat Pendukung

Data dan alat yang digunakan untuk mendukung jalannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1.1 Data

Data yang digunakan berupa:

- a. *Event log* mata kuliah Pemrograman Terstruktur sebanyak 193100 aktivitas.
- b. *Event log* mata kuliah Aplikasi Android Dengan *Flutter* sebanyak 37059 aktivitas
- c. Data mentah yang terdiri dari kolom *time*, *user fullname*, *affected user*, *event context*, *component*, *event name*, *description*, *origin*, dan *IP address*.
- d. Data final yang terdiri dari kolom *time*, *user fullname*, *event context*, *event name*, serta ditambahkan kolom baru yakni *case ID*, nilai akhir, dan kategori.

3.1.2 Alat Pendukung

a. Perangkat Keras

Penelitian ini dilakukan menggunakan laptop acer dengan spesifikasi sebagai berikut:

- *Sistem Model* : E5-476G-50BW
- *Processor* : Core i5-7200U 2.5GHz to 3.1GHz
- *Installed RAM* : 12,00 GB
- *System Type* : 64-bit OS, x64-based processor

b. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Sistem Operasi Windows 10 digunakan untuk menjalankan dan menghubungkan antara perangkat keras dengan aplikasi.

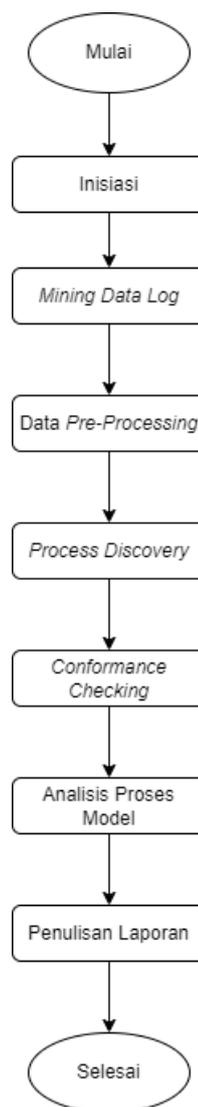
- ProM 6.9 digunakan untuk memproses data menjadi proses model.
- Disco digunakan untuk memproses data menjadi proses model untuk dapat dianalisis.
- Microsoft Office digunakan untuk menulis laporan dan memproses data menjadi *event log* yang dapat digunakan.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan oleh peneliti dalam menyelesaikan penelitian. Dalam melakukan *process mining*, diperlukan beberapa proses yang terdiri dari beberapa fase. Fase tersebut adalah fase inisiasi, fase *mining data log*, fase data *pre-processing*, fase *process discovery*, fase *conformance checking*, fase analisis hasil proses model, dan penulisan laporan. Gambar 5 menunjukkan alur tahapan-tahapan untuk menyelesaikan penelitian.

3.3.1 Fase Inisiasi

Tahapan pertama dilakukan tinjauan untuk menemukan masalah yang terjadi serta menentukan ruang lingkup untuk batasan penelitian. Permasalahan yang diangkat adalah menganalisis aktivitas pembelajaran pada *Virtual Class* Unila. Setelah rumusan masalah dibuat, mulai dilakukan studi literatur dan pendalaman materi. Materi yang digunakan adalah materi tentang analisis data untuk memahami solusi yang akan dilakukan pada masalah yang terjadi. Solusi yang dipilih untuk penelitian ini adalah dengan menggunakan *Process Mining* untuk menganalisis aktivitas mahasiswa pada *VClass* Universitas Lampung.



Gambar 5. Tahapan Penelitian

3.3.2 Fase *Mining Data Log*

Tahapan ini merupakan tahapan yang dilakukan setelah proses inisiasi selesai. Data *Event log* atau aktivitas mahasiswa pada mata kuliah yang telah dipilih akan diambil dan diolah untuk dijadikan studi kasus. Data diperoleh melalui VClass yang didapatkan dari Sekretaris Jurusan Ilmu Komputer. Data yang didapatkan masih berupa data mentah yang masih harus diolah kembali untuk mendapatkan *log* sesuai dengan kebutuhan penelitian.

3.3.3 Fase Data *Pre-Processing*

Tahapan *pre-processing* dilakukan setelah tahapan *mining data log* selesai dilakukan. Tahapan ini merupakan tahapan untuk memilah data yang diperlukan dan pembuangan data yang tidak diperlukan. Proses data *cleansing* dilakukan dengan bantuan aplikasi Pentaho Data Integration. Proses data *cleansing* dilakukan dengan cara menentukan kolom apa saja yang akan digunakan serta menghapuskan kolom yang tidak terisi atau tidak diperlukan. Pada penelitian ini, data yang dipakai adalah data waktu akses, *username*, *event name*, dan *event context*. Setelah data dibersihkan, data akan siap digunakan untuk tahapan selanjutnya.

3.3.4 Fase *Process Discovery*

Setelah data *pre-processing* dilakukan dan data sudah dibersihkan sesuai dengan kebutuhan, tahapan selanjutnya adalah proses *discovery*. Data yang sudah siap digunakan akan ditransformasi menjadi proses model menggunakan aplikasi ProM. Aplikasi proM akan membantu memvisualisasikan hasil proses model. Algoritma yang digunakan untuk mentransformasikan *event log* menjadi proses model pada penelitian ini adalah algoritma *heuristic miner*. Pada proses transformasi ini, data awal yang berupa *event log* akan diubah menjadi proses model berupa *heuristic net*. *Heuristic net* akan menggambarkan hubungan atau keterkaitan antara proses dan aktivitas yang ada pada *event log*.

3.3.5 Fase *Conformance Checking*

Tahapan selanjutnya yang dilakukan pada penelitian ini adalah tahapan *conformance checking*. Tahapan ini dilakukan setelah *heuristic net* terbentuk sesuai dengan kebutuhan. Pada proses ini, akan kembali dilakukan transformasi. *Heuristic net* akan diubah menjadi *petri net*. *Petri net* selanjutnya akan divalidasi untuk menentukan apakah hasil proses model *heuristic* sudah sesuai dengan parameter

proses model awal. Validasi ini akan dibantu dengan *tools conformance checker*. Hasil dari *conformance checking* ini berupa nilai *fitness* yang akan menunjukkan tingkat kecocokan antara proses model dan *event log* ataupun sebaliknya. Setelah proses ini selesai, hasil proses model dapat dianalisis pada tahapan selanjutnya.

3.3.6 Fase Analisis Proses Model

Tahapan selanjutnya pada penelitian ini adalah analisis proses model. Proses model yang telah dihasilkan akan dianalisis sesuai dengan rumusan masalah yang telah dibuat. Hasil analisis berupa aktivitas belajar mahasiswa yang terbentuk dari *event log* yang telah ditransformasi menjadi proses model. Analisis akan dilakukan untuk mendapatkan solusi dari rumusan masalah yang telah diajukan. Setelah proses *conformance checking* selesai dilakukan dan hasilnya sesuai dengan *event log* yang ada, akan ditarik kesimpulan berdasarkan proses model tersebut. Setelah hasil analisis didapatkan, akan dibuat laporan terkait hasil penelitian tersebut.

3.3.7 Fase Penulisan Laporan

Tahapan terakhir yang dilakukan adalah penulisan laporan. Hasil dari penelitian mulai dari latar belakang, landasan teori, metode, hasil dan kesimpulan ditulis sebagai proses terakhir pada penelitian ini. Penulisan laporan dilakukan untuk mendokumentasikan hasil penelitian secara bertahap sesuai dengan prosedur karya ilmiah yang ada.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa simpulan yang didapatkan penulis. Simpulan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Proses model terbaik didapatkan dengan menggunakan tiga parameter yakni *Relative-to-best Threshold* (RT), *Positive Observations Threshold* (PT), dan *Dependency Threshold* (DT). Parameter tersebut digunakan untuk mencari nilai *fitness* terbaik. Nilai *fitness* digunakan untuk membuktikan proses model dengan *event log* sesuai atau tidak sesuai. Apabila sesuai, maka *bottleneck* yang telah berhasil ditemukan bernilai valid atau benar terjadi. Dan pada studi kasus ini, nilai *fitness* yang didapatkan menunjukkan kesesuaian.
- b. Algoritma *heuristic miner* dapat memodelkan *event log* ke dalam proses model dengan baik. Dengan nilai *fitness* 0.9878 untuk mata kuliah pemrograman terstruktur, dan nilai *fitness* 0.9882 untuk mata kuliah aplikasi android dengan *flutter*. Dengan nilai mendekati angka 1, membuktikan bahwa *bottleneck* yang terjadi pada kedua mata kuliah valid.
- c. *Bottleneck* yang terjadi pada kedua mata kuliah adalah kurangnya akses mahasiswa pada aktivitas *Assignment* dan *Quiz*, yang menyebabkan perbedaan nilai yang signifikan.
- d. Frekuensi aktivitas yang didapatkan di VClass Unila bervariasi. Perbedaan intensitas aktivitas yang dilakukan oleh setiap mahasiswa menyebabkan terjadinya perbedaan nilai. Mahasiswa yang melakukan lebih banyak aktivitas cenderung mendapatkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan mahasiswa yang melakukan aktivitas rendah. Pada mata

kuliah Pemrograman Terstruktur, durasi bergabung mempengaruhi nilai akhir yang didapat para mahasiswa. Sedangkan pada mata kuliah Aplikasi Android dengan *Flutter*, durasi bergabung tidak berpengaruh pada nilai akhir yang didapatkan mahasiswa. Durasi pengerjaan *quiz*/ujian pada kedua mata kuliah tidak mempengaruhi nilai akhir yang didapatkan karena waktu pengerjaan telah ditetapkan durasinya.

5.2 Saran

Dari hasil simpulan yang telah ada, terdapat beberapa saran yang diperlukan untuk menyempurnakan penelitian. Saran tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Dibutuhkannya penelitian serupa dengan algoritma yang berbeda ataupun metode yang berbeda untuk perbandingan hasil dengan *process mining* menggunakan algoritma *heuristic miner*.
- b. Penelitian ini dilakukan pada ruang lingkup dua mata kuliah di jurusan ilmu komputer pada *virtual class* Unila, diharapkan kedepannya *process mining* dapat diterapkan pada seluruh mata kuliah untuk dapat meningkatkan kualitas pembelajaran yang ada.
- c. Penentuan parameter *Relative to-best Threshold* (RT), *Positive Observations Threshold* (PT), dan *Dependency Threshold* (DT) diharapkan dapat dilakukan secara otomatis pada *tools* ProM tanpa harus membuat parameter secara manual dengan menambahkan fitur baru.
- d. Hasil analisis diharapkan dapat digunakan dosen sebagai bahan evaluasi pembelajaran. Seperti dengan meningkatkan penggunaan VClass sebagai tempat untuk melaksanakan tugas dan *Quiz*, sehingga mahasiswa dapat lebih sering mengakses materi dan mendapatkan nilai yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aalst, V. W., & Dustdar, S. 2012. *Process mining put into context*. IEEE Internet Computing.
- Aalst, W. M. 2016. *Process Mining In Process Mining Data Science in Action Second Edition*.
- Abdurahman, M. 2018. Sistem Informasi Data Pegawai Berbasis Web Pada Kementerian Kelautan Dan Perikanan Kota Ternate . *Jurnal Ilmiah Ilkominfo*.
- Adhiguna, L. 2018. Business Process Analysis of Sales using Process Mining in PT. XYZ Indonesia.
- 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*.
- Budi, E. N. 2017. Penerapan Pembelajaran Virtual Class pada Materi Teks Eksplanasi Untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Bahasa Indonesia Siswa Kelas XI IPS 2 SMA 1 Kudus Tahun 2017. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial, Vol 27, No.2*.
- Carmona, J., Dongen, B. v., Solti, A., & Weidlich, M. 2018. *Conformance Checking : Relating Processes and Models*. Switzerland: Springer.
- Dumas, M., Rosa, M. L., Mendling, J., & Reijers, H. A. 2018. *Fundamentals of Business Process Management*. New York: Springer.
- Effendi, Y. A. 2015. Dekomposisi Proses Bisnis untuk Optimasi Process Mining.
- Hakim, A. R. 2018. Analisa dan Penerapan Process Mining untuk Menentukan Pola Belajar Mahasiswa (Studi Kasus: E-Learning Universitas Telkom).
- Haryadita, F. 2015. Performance Optimization in Cross Orgazizational Business Process Model.
- Huda, S. 2018. Springer HeidelPenentuan Attribute Value Untuk Menentukan Bobot Fraud Dalam Transaksi Online.
- Maharani, H. V., Angelina Prima Kurniati, S. M., & Imelda Atastina, S. M. 2018. Process Mining pada Proses Pengadaan Buku dengan Algoritma Heuristic Miner (Studi Kasus : Perpustakaan Universitas Telkom).

- 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 : Vol.2, No.1* .
- Muttaqin, F. A., & Bachtiar, A. M. 2018. Implementasi Teks Mining pada Aplikasi Pengawasan Penggunaan Internet Anak "Dodo Kids Browser". *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*.
- Pratama, I. P., & Widhiasih, N. P. 2020. Perancangan Data Warehouse untuk Prediksi Penjualan. *Jurnal Sains dan Sistem Informasi*.
- Rahmawati, D., Rokhmawati, R. I., & Perdanakusuma, A. R. 2017. Analisis dan Pemodelan Proses Bisnis Bidang Pelayanan Perizinan Menggunakan Bussiness Process Model and Notation (BPMN). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*.
- Rewanda, M. F., Setiawan, N. Y., & Rachmadi, A. 2020. Evaluasi Proses Bisnis Sistem Informasi Kebutuhan Pelatihan (SIBULAT) Badan Pengembangan Dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan (BPPSDMK) Dengan Menerapkan Process Mining Dan Quality Evaluation Framework (QEF). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*.
- Rozinat, A., & Aalst, W. V. 2016. Conformance Testing: Measuring the Fit and Appropriateness of Event Logs and Process Models.
- Saravanan.M.S, & Sre, R. 2011. *A Role of Heuristic Miner Algorithm in the Business Process*. ISSN:2229-6093.
- Susanto, T., Pramono, D., & Setiawan, N. Y. 2018. Analisis Dan Perbaikan Proses Bisnis Menggunakan Metode Business Process Improvement (BPI) (Studi Kasus: PT. Wonojati Wijoyo). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*.
- Umer, R. 2017. On predicting academic performance with process mining in learning analytics.
- Wahyuni, C. S., Setiawan, N. Y., & Aknuranda, I. 2018. Pemodelan dan Evaluasi Proses Bisnis Berdasarkan Hasil Ekstraksi Event Log dengan Menerapkan Process Mining pada Divisi Produksi PT. Kutai Timber Indonesia Kota Probolinggo. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*.
- Weijters, A., Aalst, W. V., & Medeiros, A. A. 2006. *Process Mining with the Heuristic Miner*. Eindhoven, The Netherlands.
- Weske, M. 2012. *Business Process Management*. Springer Berlin Heidelberg New York.
- Wibisiono, Y. 2014. *Pengantar Pentaho Data Integration (Kettle)*.

Zaki, M., Rifqi, R., Hafid, R., & Ainul, Y. M. 2018. Process Mining Akademik Sekolah Menggunakan RapidMiner. *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*.