

Process Discovery pada Event Log Akademik Mahasiswa ITTelkom Surabaya Menggunakan Algoritma Inductive Miner

Widayatullah Ra'yan Gunung Jati ^{*1)}, Hawwin Mardhiana ²⁾, Mochamad Nizar Palefi ³⁾

¹⁾Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Bisnis, Institut Teknologi Telkom Surabaya, Jl. Ketintang No. 156, Surabaya, 60231, Indonesia
dhio35@student.ittelkom-sby.ac.id

Abstrak

Institut Teknologi Telkom Surabaya (ITTelkom Surabaya) merupakan perguruan tinggi swasta di Surabaya yang sebagian besar proses pembelajarannya menerapkan teknologi informasi, salah satunya dengan adanya Learning Management System (LMS) berbasis E-Learning sebagai media pembelajaran. Untuk menganalisis pola pembelajaran mahasiswa diperlukan process mining. Process mining merupakan teknik yang menghubungkan analisis data dengan manajemen proses. Salah satu kegiatan utama pada process mining adalah process discovery, yaitu tahap pembuatan proses model menggunakan tools Disco yang bertujuan untuk menganalisis data Event Log sebelum diproses dengan menggunakan algoritma Inductive Miner. Dimensi fitness merupakan salah satu indikator pengukuran performa dari model proses. Semakin tinggi nilai fitness, maka semakin baik model proses pembelajaran yang diperoleh. Hasil dari algoritma Inductive Miner dapat memodelkan Event Log ke dalam model proses dengan baik, dilihat dari perhitungan nilai fitness dari mata kuliah ALPRO IS-03-04 menunjukkan nilai 0.94. Sedangkan, nilai fitness mata kuliah PSI IS-05-01 menunjukkan nilai 0.99. Dengan nilai fitness yang mendekati angka 1, dapat disimpulkan bahwa pola pembelajaran mahasiswa terhadap penggunaan e-learning sudah sangat baik.

Kata kunci: *Process Mining, Process Discovery, Event Log, Inductive Miner, Fitness.*

1. Pendahuluan (Introduction)

Kemajuan teknologi informasi memberikan dampak terhadap sebagian masyarakat. Teknologi informasi saat ini berkembang sangat pesat, mengingat saat ini kita berada pada Revolusi Industri 4.0 yang mana perkembangan tersebut membawa banyak perubahan di berbagai sektor seperti pemerintahan, sosial, budaya dan pendidikan. Teknologi informasi banyak digunakan pada institusi pendidikan untuk membantu para dosen dan mahasiswa dalam hal pembelajaran.

Dengan adanya sebuah teknologi informasi berbasis online diharapkan dapat membantu suatu institusi pendidikan dalam proses pembelajaran, serta membantu para mahasiswa mendapatkan informasi terbaru mengenai pembelajaran seperti materi yang diberikan, pengumpulan tugas, jadwal perkuliahan, nilai, absensi dan lain sebagainya. Perkembangan teknologi informasi ini tidak hanya untuk mahasiswa, melainkan untuk memudahkan para dosen terhubung dengan mahasiswanya. Salah satu Institut Pendidikan yang telah menerapkan sistem pembelajaran online tersebut adalah Institut Teknologi Telkom Surabaya (ITTelkom Surabaya).

Institut Teknologi Telkom Surabaya merupakan perguruan tinggi swasta di Surabaya yang sebagian besar proses pembelajarannya menerapkan teknologi informasi, salah satunya dengan adanya E-Learning sebagai media pembelajaran atau disebut dengan Sistem Manajemen Pembelajaran (*Learning Management System/LMS*) adalah sistem berbasis komputer untuk mengelola pembelajaran dalam sebuah institusi (Bogarín, Cerezo and Romero, 2018)

Keunggulan LMS dibanding sistem pembelajaran konvensional adalah kemampuannya dalam mengelola materi pembelajaran yang dapat diakses melalui berbagai perangkat, memudahkan pengajar mengelola materi pengajaran, merekam progress dan performansi pelajar, menekan biaya pengembangan materi, mempersingkat waktu belajar, serta integrasi pengalaman antar para pengajar.

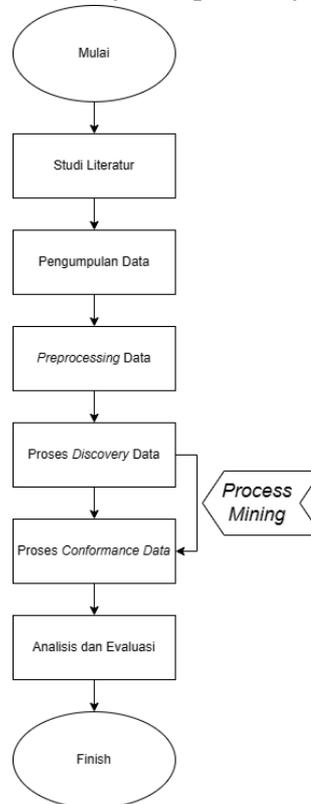
Penelitian ini menganalisis LMS yang digunakan pada IT Telkom Surabaya untuk mendukung proses pembelajaran yang melibatkan dosen dan mahasiswa pada perguruan tinggi tersebut (Kurniati, Agung and Wisudiawan, 2021)

Sebagai sebuah sistem informasi berbasis komputer, LMS mencatat dan mengelola akses pengguna secara otomatis setiap saat. Pada saat dosen dan mahasiswa mengakses LMS, secara otomatis sistem merekam aktivitas pengguna yang disimpan dalam bentuk *Event Log*. Data yang direkam menghasilkan data untuk menjelaskan waktu (*when*) dosen atau mahasiswa (*who*) melakukan aksi tertentu (*what*) pada bidang materi tertentu (*where*). *Event Log* tersebut dapat dianalisis lebih dalam untuk mengetahui bagaimana (*how*) dan mengapa (*why*) dosen dan mahasiswa berinteraksi dalam pembelajaran yang didukung oleh LMS.

Dalam penelitian ini, analisis tersebut dilakukan dengan pendekatan *Process Mining* menggunakan algoritma *Inductive Miner*, algoritma ini dipilih karena mampu mengatasi *event log* yang besar dan dapat mengatasi aktivitas yang jarang terjadi (Wibisono, Kurniati and Wisudiawan, 2022). *Process Mining* merupakan teknik yang menghubungkan analisis data dengan manajemen proses. Salah satu kegiatan utama *Process Mining* adalah *Process Discovery*, yang mana sekumpulan proses diekstrak dari *Event Log* untuk menemukan model proses bisnis yang nyata. *Process Mining* telah diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk bidang pendidikan atau pengajaran (Kurniati, Agung and Wisudiawan, 2021) Agar *Process Mining* dapat menganalisis proses secara efektif, dibutuhkan sebuah *Event Log* yang harus memiliki komponen-komponen data yang sesuai dengan kebutuhan analisis *Process Mining*. Sebagai studi kasus, penelitian ini juga dilengkapi dengan contoh implementasi analisis proses pembelajaran mahasiswa pada dua mata kuliah selama satu semester.

2. Metode Penelitian (Methods)

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian terdahulu yang mengadaptasi *Process Mining* dalam sistem manajemen pembelajaran (*Learning Management System*).



Gambar 2.1 Alur Metodologi

Pada penelitian ini penulis menggunakan rangkaian metode penelitian sebagai berikut:

2.1 Studi Literatur

Penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur berupa pendalaman teori dari beberapa jurnal dan referensi buku terdahulu guna mengenal dan memahami konsep, metode dan teknologi yang berkaitan dengan *Process Mining*.

2.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini penulis mengumpulkan data guna memenuhi informasi yang dibutuhkan dalam proses penelitian. Pada penelitian ini penulis mengumpulkan data dengan penyebaran kuesioner menggunakan sistem online yang disebar pada Mahasiswa ITTelkom Surabaya angkatan 2021/2022 untuk mendapatkan daftar mata kuliah apa saja yang sering menggunakan *e-learning* dalam proses perkuliahan. Data yang diperoleh dari penyebaran kuesioner tersebut didapatkan 2 mata kuliah yang sering menggunakan *e-learning* yaitu Algoritma & Pemrograman (ALPRO) dan Pengantar Sistem Informasi (PSI). Berdasarkan hasil kuesioner didapatkan total 37 responden, yang terdiri dari mata kuliah Algoritma dan Pemrograman didapatkan 25 responden, Pengantar Sistem Informasi didapatkan 12 responden. Hasil kuesioner dapat dilihat pada Lampiran 2. Hasil Responden Kuesioner. Selanjutnya penulis memperoleh data event log 2 mata kuliah tersebut yang dikirim oleh pihak Pusat Teknologi Informasi (PuTI) ITTelkom Surabaya guna mengidentifikasi proses pembelajaran menggunakan metode *process mining*.

2.3 Preprocessing Data

Pada tahap ini yang dilakukan adalah membersihkan data dengan menghapus kolom dan baris yang dianggap tidak relevan untuk penelitian ini. Setelah melakukan pembersihan data, langkah selanjutnya adalah mengurutkan data berdasarkan *timestamp*, dan selanjutnya menentukan *CaseID* berdasarkan *timestamp*

2.4 Proses Discovery Data

Pada tahap *Discovery*, setelah peneliti mengolah *event log*, dataset yang telah melalui tahap *preprocessing* akan digunakan sebagai input pada *Disco tools*. *Tools* ini bertujuan untuk memvisualisasikan model proses. Parameter utama dari proses ini adalah *Timestamp*, *Actor*, *CaseID*, *Activity*. Pada tahap ini algoritma belum diterapkan, melainkan hanya dilakukan visualisasi terhadap dataset. Implementasi algoritma akan dilakukan setelah dilakukan proses ekspor file dalam format *.mxml*. Setelah menyelesaikan tahap *Discovery* menggunakan *Disco tools* dan mendapatkan model proses, langkah selanjutnya adalah menerapkan Algoritma *Inductive Miner* pada model proses tersebut dengan menggunakan *ProM tools*. Hasil dari proses ini adalah model proses *Inductive Miner* yang telah dibuat.

2.5 Proses Conformance Data

Pada tahap *Conformance Data*, tujuannya adalah untuk memeriksa kesesuaian antara model proses yang dihasilkan oleh *Inductive Miner* dengan *event log*. Dalam tahap ini, beberapa nilai *fitness* dari beberapa model proses akan dibandingkan. Model proses yang dihasilkan oleh *Inductive Miner* akan diimplementasikan dalam bentuk Petri Net untuk mendapatkan nilai *fitness*.

2.6 Analisis dan Evaluasi

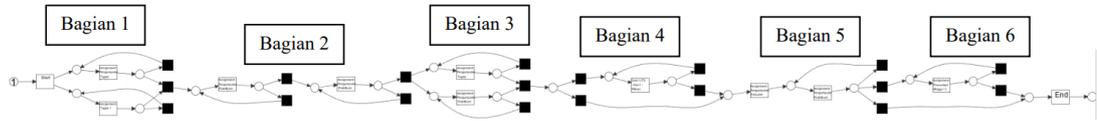
Tujuan dari proses ini adalah untuk memaparkan kesimpulan dari proses analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Penggunaan algoritma *Inductive Miner* dapat memberikan solusi untuk meningkatkan efisiensi dari proses pembelajaran pada *e-learning* ITTelkom Surabaya. Hal tersebut dapat diamati dari hasil nilai *fitness*. Jika nilai *fitness* mendekati angka 1, dapat disimpulkan bahwa model proses menggambarkan *event log* dengan semakin akurat.

3. Hasil dan Pembahasan (Results and Discussions)

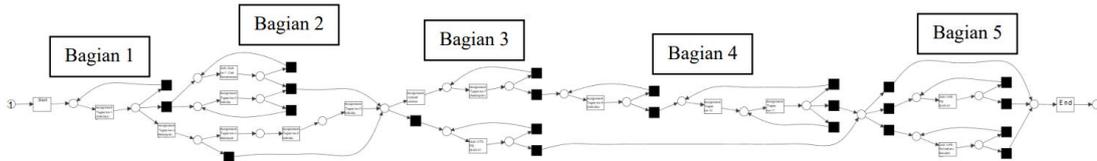
Pada bab ini akan dijelaskan tentang hasil yang didapatkan dari *process mining* yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Akan dijelaskan juga analisis berdasarkan hasil *process mining*.

3.1 Hasil Process Mining

Hasil yang diperoleh dari *process mining* ini adalah 2 model Petri Net yaitu model Petri Net mata kuliah ALPRO IS-03-04 dan mata kuliah PSI IS-05-01. Kedua model Petri Net yang dihasilkan adalah seperti pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



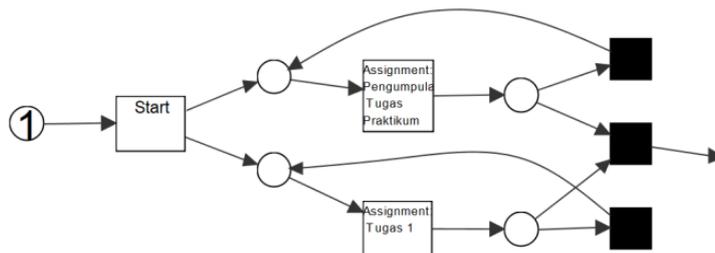
Gambar 3.1 Model Petri Net ALPRO IS-03-04



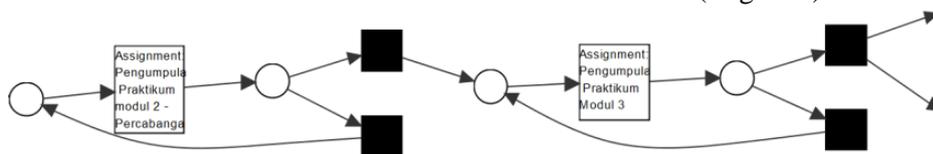
Gambar 3.2 Model Petri Net PSI IS-05-01

- **Petri Net ALPRO IS-03-04**

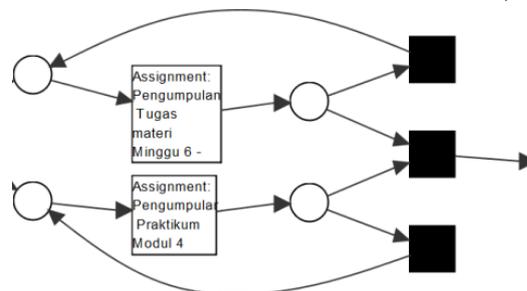
Hasil pemodelan dari *process mining* untuk *event log* mata kuliah ALPRO IS-03-04 yang berisi seluruh aktivitas termasuk *Assignment* dan *Quiz* ditunjukkan pada Gambar 3.3, Gambar 3.4, Gambar 3.5, Gambar 3.6, Gambar 3.7, Gambar 3.8 berikut ini:



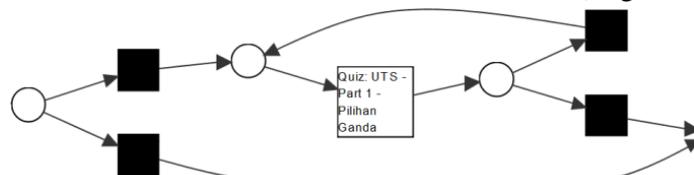
Gambar 3.3 Model Petri Net ALPRO IS-03-04 (Bagian 1)



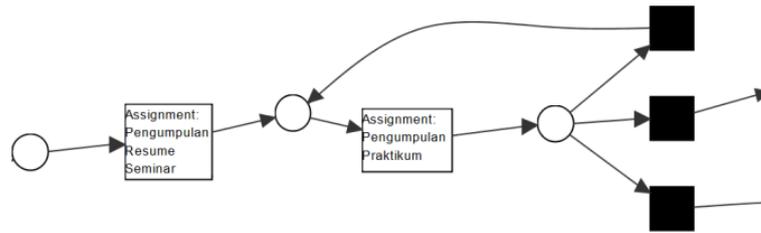
Gambar 3.4 Model Petri Net ALPRO IS-03-04 (Bagian 2)



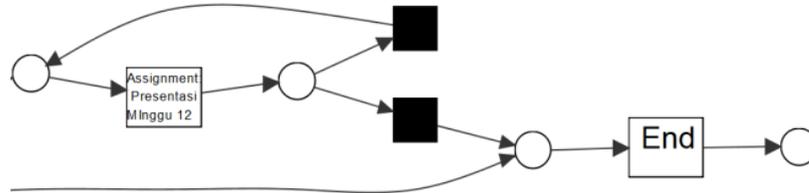
Gambar 3.5 Model Petri Net ALPRO IS-03-04 (Bagian 3)



Gambar 3.6 Model Petri Net ALPRO IS-03-04 (Bagian 4)



Gambar 3.7 Model Petri Net ALPRO IS-03-04 (Bagian 5)



Gambar 3.8 Model Petri Net ALPRO IS-03-04 (Bagian 6)

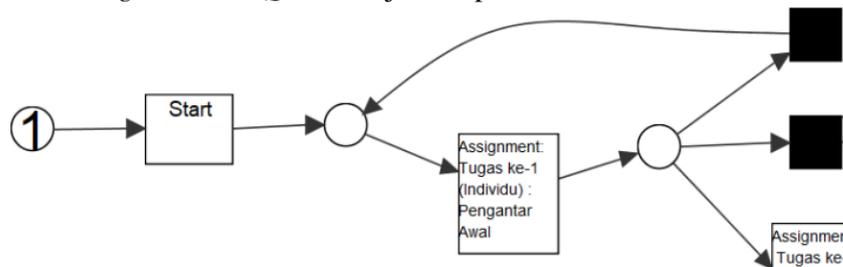
Hasil Petri Net yang menggunakan data *event log* mata kuliah ALPRO IS-03-04 yaitu yang merepresentasikan keseluruhan proses pembelajaran tanpa melakukan filtrasi. Berikut adalah penjelasan mengenai model Petri Net:

- Terdapat notasi transisi yang kembali lagi setelah *Assignment: Pengumpulan Tugas Praktikum* dan *Assignment: Tugas 1* menandakan bahwa pada *event log* tersebut ada beberapa mahasiswa yang melakukan perulangan pada aktivitas tersebut.
- Adanya percabangan setelah *Assignment: Pengumpulan Praktikum Modul 3* yaitu *Assignment: Pengumpulan Praktikum Modul 4* dan *Assignment: Pengumpulan Tugas materi Minggu 6* menandakan mahasiswa harus melewati *Assignment: Modul 3* untuk lanjut pada aktivitas selanjutnya.
- Terdapat percabangan aktivitas yang dijalankan secara paralel, yang digambarkan oleh Petri Net dengan notasi *transition*. Hal tersebut menandakan bahwa aktivitas *Assignment: Pengumpulan Praktikum Modul 4* dan *Assignment: Pengumpulan Tugas materi Minggu 6* dijalankan secara bersamaan. Seharusnya aktivitas dijalankan dari *Assignment: Pengumpulan Praktikum Modul 4* lalu *Assignment: Pengumpulan Tugas materi Minggu 6* agar menjadi aktivitas pembelajaran yang sesuai.

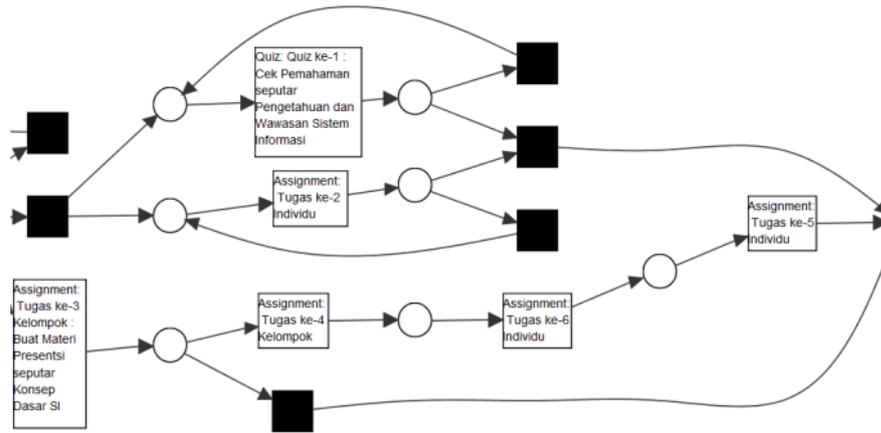
Model Petri Net yang dihasilkan dari *process mining* diatas merepresentasikan proses pembelajaran mahasiswa pada mata kuliah ALPRO IS-03-04. Dari hasil model *process mining* tersebut, notasi pada model Petri Net menunjukkan aktivitas serta percabangan aktivitas. Notasi kotak berwarna hitam menandakan bahwa pada *event log* terdapat perbedaan urutan pada pelaksanaan aktivitas tersebut.

• **Petri Net PSI IS-05-01**

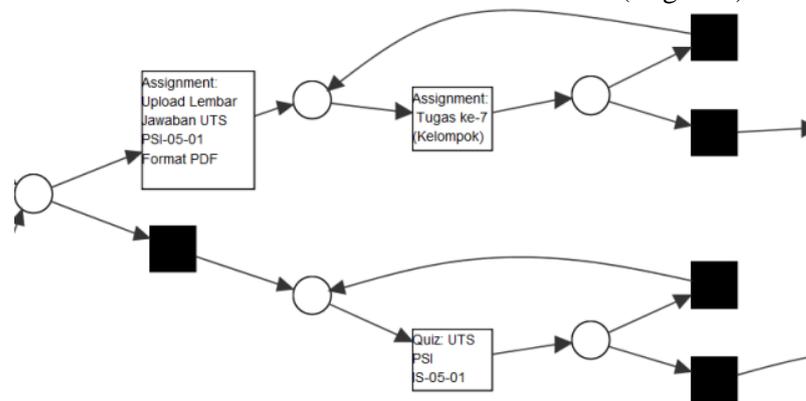
Hasil pemodelan dari *process mining* untuk *event log* mata kuliah PSI IS-05-01 yang berisi seluruh aktivitas termasuk *Assignment* dan *Quiz* ditunjukkan pada Gambar 3.9-Gambar 3.13



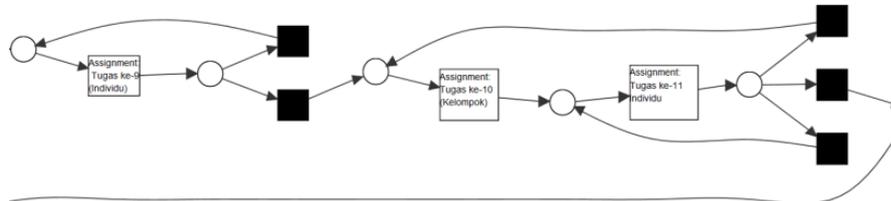
Gambar 3.9 Model Petri Net PSI IS-05-01 (Bagian 1)



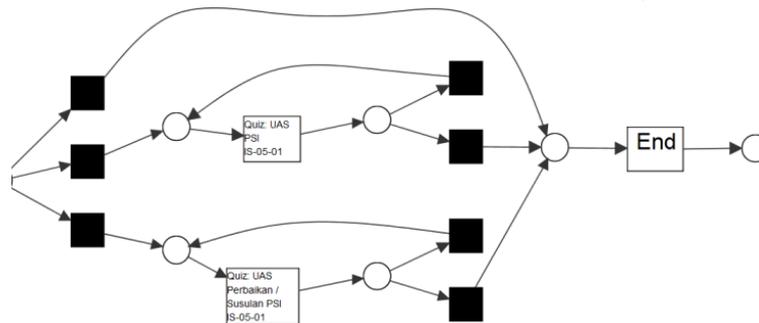
Gambar 6.10 Model Petri Net PSI IS-05-01 (Bagian 2)



Gambar 6.11 Model Petri Net PSI IS-05-01 (Bagian 3)



Gambar 6.12 Model Petri Net PSI IS-05-01 (Bagian 4)



Gambar 6.13 Model Petri Net PSI IS-05-01 (Bagian 5)

Hasil Petri Net yang menggunakan data event log mata kuliah PSI IS-05-01 yaitu yang merepresentasikan keseluruhan proses pembelajaran tanpa melakukan filtrasi. Berikut adalah penjelasan mengenai model Petri Net:

- Model merepresentasikan bahwa terdapat mahasiswa yang melakukan perulangan pada Assignment: Tugas ke-1 (Individu): Pengantar Awal.
- Adanya percabangan aktivitas yang tidak linear antara Assignment: Tugas ke-4 Kelompok dengan Assignment: Tugas ke-6 Individu, seharusnya aktivitas dijalankan dari Assignment:

Tugas ke-5 Individu lalu Assignment: Tugas ke-6 Individu agar menjadi aktivitas pembelajaran yang sesuai.

- Terdapat percabangan aktivitas yang tidak linear antara Assignment: Upload Lembar Jawaban UTS PSI IS-05-01 dengan Quiz: UTS PSI IS-05-01 menandakan tidak urutnya alur proses tersebut.

6.2 Analisis Kesesuaian Model

Analisis kesesuaian model dilakukan dengan menggunakan hasil pengujian model terhadap dimensi *fitness*. Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan 3 nilai *fitness* yang merepresentasikan kesesuaian model terhadap data *event log* yang telah di *process mining* dengan menggunakan algoritma *Inductive Miner*. Hasil pengujian *fitness* yang digunakan adalah mata kuliah ALPRO IS-03-04 dan PSI IS-05-01 yang bertujuan untuk mendapatkan kesimpulan mengenai ketepatan pemodelan ditinjau dari aktivitas pembelajaran yang dijalankan. Nilai hasil uji *fitness* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Nilai Uji *Fitness* pada Model Petri Net

Petri Net	<i>Move-Log Fitness</i>	<i>Move-Model Fitness</i>	<i>Trace Fitness</i>
ALPRO IS-03-04	0.79	0.94	0.78
PSI IS-05-01	0.71	0.99	0.71

Dari hasil perhitungan nilai *fitness* pada Model Petri Net menggunakan *Plug-in “Replay a Log on Petri Net for Conformance Analysis”* pada *tools* ProM Lite 1.3 didapatkan hasil seperti pada **Error! Reference source not found.** diatas. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model Petri Net pada ALPRO IS-03-04 memiliki nilai *fitness* yang lebih besar dibandingkan model Petri Net PSI IS-05-01. Ini mengindikasikan bahwa *event log* memiliki pengaruh terutama jika pada pelaksanaannya aktivitas tidak dijalankan semestinya.

3.1. Kesimpulan (Conclusion)

Berdasarkan hasil dari penelitian tugas akhir ini, dapat disimpulkan bahwa, identifikasi pola pembelajaran mahasiswa terhadap penggunaan *e-learning* dengan menerapkan algoritma *Inductive Miner* dapat memodelkan *event log* ke dalam model proses dengan baik, yang dapat dilihat dari perhitungan nilai *fitness* dari mata kuliah ALPRO IS-03-04 menunjukkan nilai 0.94. Sedangkan, nilai *fitness* mata kuliah PSI IS-05-01 menunjukkan nilai 0.99. Dengan nilai *fitness* yang mendekati angka 1, dapat disimpulkan bahwa pola pembelajaran mahasiswa terhadap penggunaan *e-learning* sudah sangat baik.

Ucapan Terima Kasih (Acknowledgement)

Penulis dedikasikan untuk berterimakasih kepada semua pihak yang telah mendukung, membantu, membimbing dan menyemangati hingga terselesaikan tugas akhir ini. Untuk itu, penulis ucapkan terimakasih sebesar-besarnya secara khusus kepada Ibu Hawwin Mardhiana, S.Kom., M.Kom. selaku Ketua Prodi Sistem Informasi dan Dosen Pembimbing 1 yang memberikan tauladan bagaimana menjadi dosen yang tidak hanya sekadar mengajar, tetapi juga mengayomi, dan mendidik mahasiswa. Lalu, Bapak Mochamad Nizar Palefi Ma’ady, S.Kom., M.Kom., M.IM. selaku Dosen Pembimbing 2 yang selalu sabar menghadapi saya dalam melakukan bimbingan. Semoga Allah SWT memberikan semua kemudahan dan pahala atas segala bentuk bantuan yang sudah dilakukan kepada penulis.

Daftar Pustaka

- A. Bogarín, R. Cerezo, dan C. Romero, “A survey on educational process mining,” *Wiley Interdiscip Rev Data Min Knowl Discov*, vol. 8, no. 1, Jan 2018, doi: 10.1002/widm.1230.
- A. P. Kurniati, G. Agung, dan A. Wisudiawan, “ANALISIS KESIAPAN PENERAPAN PROCESS MINING PADA SISTEM MANAJEMEN PEMBELAJARAN UNIVERSITAS TELKOM,” vol. 8, no. 6, hlm. 1227–1236, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202183637.
- M. W. Wibisono, A. P. Kurniati, dan G. A. A. Wisudiawan, “Process Mining using Inductive Miner Algorithm to Determine the actual Business Process Model,” *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 9, no. 4, hlm. 1128, Agu 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i4.4769.
- Herliani Ahab Melinsye, “Analisis dan Penerapan Proses Mining untuk Mengidentifikasi Perilaku Belajar Siswa Terhadap Penggunaan E-Learning di Saat Masa Pandemi Covid-19 (Studi Kasus : SMK Telkom Malang) Analysis and Application of the Mining Process to Identify Student Learning Behavior on the Use of E-Learning During the Covid-19 Pandemic (Case Study: SMK Telkom Malang).”
- R. Adhim, M. A. Shiddiq, F. Ghizbunaza, dan M. A. Yaqin, “Process Discovery pada Event Log Permainan Hay Day menggunakan Algoritma Inductive Miner,” 2019.
- L. Suciati Putri dan G. Ramantoko, “IMPLEMENTASI PROCESS MINING DENGAN METODE PROCESS DISCOVERY STUDI KASUS PADA APLIKASI INTEGRATED FLEXIBLE LEARNING EXPERIENCE (IFLEX),” vol. 11, hlm. 122, 2020.
- N. F. Fahrudin, “PROSES MINING UNTUK OPTIMASI PROSES BISNIS,” 2020.
- I. Dobre, “Learning Management Systems for Higher Education - An Overview of Available Options for Higher Education Organizations,” *Procedia Soc Behav Sci*, vol. 180, hlm. 313–320, Mei 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.02.122.
- H. K. Al-Omari dan M. A. Jabr, “e-Learning Management System Using Service Oriented Architecture,” *Journal of Computer Science*, vol. 6, no. 3, hlm. 285–295, 2010.
- Azka Sabila, “Process Mining Pada Proses Pengadaan Barang dan Jasa Dengan Menggunakan Algoritma Heuristic Miner,” 2015. Diakses: 20 Januari 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/100671/process-mining-pada-proses-pengadaan-barang-dan-jasa-dengan-menggunakan-algoritma-heuristic-miner-studi-kasus-unit-logistik-telkom-engineering-school-.html>
- W. Aalst, *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*, vol. 136. 2011. doi: 10.1007/978-3-642-19345-3.
- S. J. J. Leemans, D. Fahland, dan W. M. P. van der Aalst, “Discovering block-structured process models from event logs containing infrequent behaviour,” dalam *Lecture Notes in Business Information Processing*, Springer Verlag, 2014, hlm. 66–78. doi: 10.1007/978-3-319-06257-0_6.
- I. Nuritha dan E. R. Mahendrawathi, “Behavioural similarity measurement of business process model to compare process discovery algorithms performance in dealing with noisy event log,” dalam *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2019, hlm. 984–993. doi: 10.1016/j.procs.2019.11.208.
- T. Murata, “Petri nets: Properties, analysis and applications,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 77, no. 4, hlm. 541–580, 1989, doi: 10.1109/5.24143.
- W. van der Aalst, “Disco by Fluxicon,” 3 Februari 2023. <https://fluxicon.com/disco/> (diakses 18 Agustus 2023).
- “Process Mining Workbench,” 18 Agustus 2023. <https://promtools.org/> (diakses 18 Agustus 2023).