

Implementasi Process Mining pada Proses Praktik Kerja Lapangan (PKL) (Studi Kasus Informatika UPN “Veteran” Jawa Timur)

Process Mining Implementation in Internship Program (Case Study: Informatika UPN “Veteran” Jatim)

Afina Lina Nurlaili¹, Muhsin², Eristya Maya Safitri³

¹Informatika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

²Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Surabaya

³Sistem Informasi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

E-mail: ¹afina.lina.if@upnjatim.ac.id, ²muhsin@ittelkom-sby.ac.id, ³maya.si@upnjatim.ac.id,

Abstrak

Proses yang tidak terdokumentasi dapat menjadi masalah apabila tidak ada suatu prosedur yang mendasarinya, khususnya pada proses yang melibatkan banyak aktivitas. Prosedur dibutuhkan untuk mengatur kegiatan dalam mencapai tujuan tertentu. Dalam hal memenuhi tujuan tersebut, dibuatlah panduan berupa Standar Operasional Prosedur (SOP) yang dapat memberikan manfaat bagi organisasi mana pun yang menerapkannya. SOP juga menjadi dasar dalam proses evaluasi antara kenyataan di lapangan dengan prosedur yang telah dibuat ke dalam SOP sehingga diperlukan suatu teknik untuk mengevaluasi antara SOP dengan kenyataan. *Process mining* merupakan teknik evaluasi antara suatu model proses dengan data peristiwa atau *event log* yang terdapat dalam sistem informasi. Berbagai metode *process mining* telah dikenalkan yaitu algoritma *Alpha* dan *Heuristic Miner*. Algoritma *Alpha* dan *Heuristic* pada penelitian ini akan dihitung nilai *fitness* dan presisi. *Fitness* dilakukan dengan mengukur kesesuaian antara event log dan model proses. Presisi mengukur apakah suatu algoritma tepat untuk menyelesaikan kasus tertentu. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan, algoritma *Alpha* tidak mampu menggambarkan proses sesuai dengan event log PKL. Hal ini disebabkan karena varian kasus mengandung proses *loop*/perulangan. Hal ini juga menunjukkan *event log* yang ada pada proses PKL belum menerapkan SOP PKL. Sedangkan *Heuristic Miner* mengabaikan proses minor menyebabkan proses-proses yang tidak banyak terjadi, tidak digambarkan ke dalam model proses. Secara keseluruhan model proses yang terbentuk menggunakan algoritma *Alpha* yang paling mendekati dengan kenyataan karena memiliki *fitness* 0,96.

Kata kunci: *process mining*, algoritma *alpha*, *heuristic miner*, *fitness*, presisi

Abstract

Undocumented processes can be problematic if there is no underlying procedure, especially for large scale process which there are a lot of activities involved. Procedures are needed to organize activities to achieve certain goals. Therefore, a guide in the form of a Standard Operating Procedure (SOP) has been developed that can benefit any organization that implements it. The SOP is also the basis for the evaluation process between the reality in the field and the procedures that have been made into the SOP, so a technique was needed to evaluate the SOP with reality. Process mining is an evaluation technique between an SOP model proses and event data, or event logs contained in information systems. The Alpha algorithm can automatically describe the model proses based on the recorded event log and measure the fitness of a model proses with the event log. Fitness is done by measuring the fit between the event log and the model proses. Based on the obtained evaluation, Alpha algorithm can't describe the process based on PKL event log well. It is because loop processes exist. It is also shown that the PKL process is not implementing the SOP well yet. On the other hand, Heuristic Miner neglects minor processes which do not

frequently happen and does not describe it in the model proses. Overall, the model proses that is formed uses the Alpha algorithm which is closest to reality because it has a fitness of 0.96.

Keywords: process mining, alpha algorithm, heuristic miner, fitness, precision

1. PENDAHULUAN

Praktik Kerja Lapangan (PKL) adalah cara perguruan tinggi dalam menyiapkan mahasiswa agar mampu menghadapi dunia kerja. Pada era globalisasi, persaingan dalam dunia kerja tidak hanya mengandalkan kemampuan akademis tetapi juga mengandalkan kemampuan *softskill* [1]. Dengan adanya PKL, mahasiswa disiapkan menjadi manusia yang unggul, tangguh, dan dapat beradaptasi dengan mudah dengan berbagai lingkungan kerja. Setelah mahasiswa lulus, mereka telah melihat gambaran tentang sistem kerja termasuk dengan segala situasinya. PKL dilakukan saat mahasiswa telah mampu menyelesaikan setidaknya lebih dari separuh keseluruhan Satuan Kredit Semester (SKS) untuk menjamin kemampuan minimum mahasiswa dalam melaksanakan PKL.

PKL menjadi salah satu indikator penting kelulusan mahasiswa. Maka dari itu, perlu panduan khusus dari perguruan tinggi agar mahasiswa dapat melakukan PKL dengan baik. Panduan khusus terkait PKL didokumentasikan dalam sebuah dokumen Standar Operasional Prosedur (SOP). SOP digunakan sebagai acuan pelaksanaan PKL dan dievaluasi setiap semester untuk memastikan relevansinya dengan kondisi pada saat tersebut.

Segala bentuk proses atau kegiatan terurut untuk mencapai tujuan tertentu memerlukan suatu panduan. SOP merupakan panduan suatu proses tertentu yang didokumentasikan dalam bentuk teks maupun model proses agar lebih mudah dipahami [2]. Berbagai cara menggambarkan model proses dilakukan, salah satunya dengan menggambarkan dengan Petri net. Petri net dapat menampilkan proses atau aktivitas yang didahului input dan diakhiri dengan output [3]. Input dan output dalam Petri net disebut dengan *place*. Petri net terdiri dari tiga bagian penting, yaitu *place*, *transition*, dan garis penghubung *place* dan *transition*. *Place* merupakan suatu input atau output dari *transition*. *Transition* merupakan setiap aktivitas yang ada pada SOP.

Model proses dari SOP dan model proses dari event log biasanya memiliki beberapa ketidaksesuaian. Ketidaksesuaian ini menyebabkan penipuan, termasuk korupsi dan kerugian finansial. Hal ini bisa menjadi parah bagi organisasi atau efisiensi proses.

Process mining adalah metode yang ampuh untuk mengevaluasi proses bisnis berdasarkan event log [4]. Proses mining dimulai dengan *process discovery* yang memvisualisasikan model proses [5]. Setelah itu dilakukan pengecekan kesesuaian antara model proses dan event log untuk mengevaluasi kinerjanya. Tahap akhir evaluasi digunakan untuk meningkatkan .

Process discovery menjadi bagian penting dari process mining karena menyediakan data untuk bagian selanjutnya. Visualisasi yang salah dari process discovery menyebabkan interpretasi SOP dan event log yang salah. Selain itu, pemeriksaan kesesuaian dapat menjadi tidak akurat dan model proses tidak dapat ditingkatkan secara efektif.

Process mining bersifat unik untuk setiap karakteristik model proses [6]. Algoritma Alpha dan Heuristic Miner digunakan untuk menguji SOP sistem informasi jurnal daring di [7]. Algoritma Alpha++ dan Heuristic Miner digunakan untuk mengidentifikasi fraud dan *bottleneck* dan fraud pada proses di perusahaan [8]. Process mining juga diaplikasikan pada pelayanan kesehatan [9] [10].

Proses bisnis PKL memiliki perbedaan dengan proses bisnis yang sebelumnya diteliti. Proses bisnis PKL dapat berubah dengan cepat tergantung dengan kondisi. Hal ini disebabkan oleh keterlibatan pihak lain, yaitu pihak yang menerima mahasiswa PKL. Selain itu, dalam pelaksanaan PKL, dapat juga terjadi kelonggaran tertentu yang diberikan oleh program studi kepada mahasiswa karena berbagai hal. Pada kondisi implementasi medeka belajar, proses bisnis PKL dapat semakin dinamis. Hal-hal khusus ini sering tidak dapat digambarkan pada SOP.

Perubahan-perubahan pada pelaksanaan proses bisnis PKL sangat dinamis sehingga perlu ditangani secara agile. Keunikan karakteristik proses bisnis PKL, khususnya pada saat implementasi kebijakan merdeka belajar belum dilakukan. Penggunaan process mining pada PKL dapat menjadi masukan evaluasi yang sangat bermanfaat bagi optimasi proses bisnis.

Dalam paper ini, process mining pada proses bisnis PKL dilakukan berfokus pada *process discovery* dan *conformance checking* berdasarkan event log yang didapatkan dari beberapa mahasiswa yang telah melakukan PKL. Model proses yang terbentuk kemudian dievaluasi menggunakan parameter fitness dan presisi untuk mengukur kualitas model proses berdasarkan event log yang terekam.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahapan seperti ditampilkan pada Gambar 1, yaitu pengumpulan data, transformasi data, dan pengolahan data. Pengumpulan data dilakukan sebagai tahapan memperoleh input. Data tersebut kemudian ditransformasi untuk diolah menggunakan perangkat lunak simulasi yang dikhususkan untuk menguji performa data proses bisnis yang dimaksud.



Gambar 1 Tahapan penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan berupa event log [11]. Event log merupakan kumpulan data peristiwa. Setiap peristiwa di event log mengacu pada: (1) proses tertentu (disebut kasus), (2) aktivitas, dan (3) stempel waktu. Dalam beberapa kasus, terdapat atribut tambahan yang memuat informasi yang mengacu pada sumber daya, orang, biaya, dll., tetapi atribut tersebut bersifat opsional. Atribut opsional dapat memberikan keterangan lebih lanjut atas aktivitas yang berada pada event log, tetapi tidak wajib dan bukan termasuk informasi primer. Event log didapatkan berdasarkan catatan alur setiap proses oleh setiap mahasiswa dari proses pendaftaran PKL hingga proses pengujian system PKL. Contoh potongan event log yang didapatkan pada proses PKL terlihat pada Gambar 2.

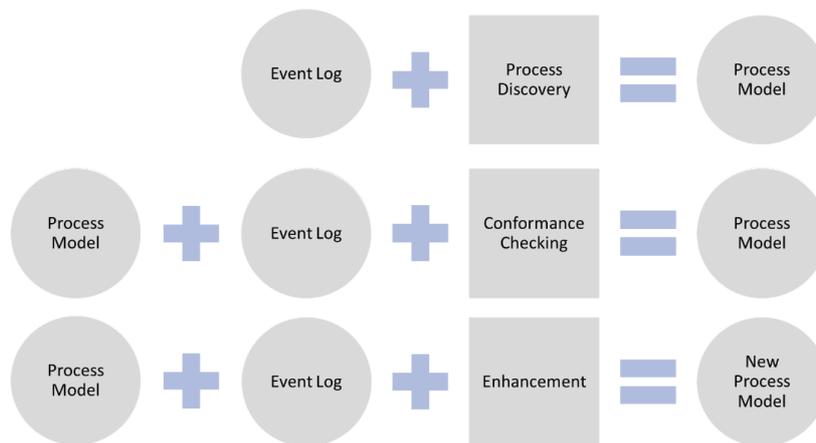
Trace ID	Case ID	Activity
1	1	Survei lokasi PKL yang akan dituju
1	1	Mengajukan proposal PKL ke lokasi PKL
1	1	Proposal PKL disetujui lokasi PKL
1	1	Menyiapkan berkas administrasi ajuan PKL ke prodi
1	1	Registrasi PKL ke prodi
1	1	Memeriksa kelengkapan administrasi ajuan PKL
1	1	PKL disetujui prodi
1	1	Menentukan dosen pembimbing
1	1	Menghubungi dosen pembimbing
1	1	Bimbingan kepada pembimbing lapangan
1	1	Bimbingan kepada dosen pembimbing
1	1	Mengisi form laporan kemajuan PKL
1	1	Memeriksa laporan kemajuan PKL
1	1	Menyelesaikan PKL
1	1	Daftar ujian PKL
1	1	Memeriksa syarat kelengkapan dokumen ujian PKL
1	1	Dokumen ujian PKL diterima
1	1	Menentukan dosen penguji
1	1	Ujian PKL

Gambar 2 Potongan event log proses PKL

2.2 Transformasi Data

Event log yang diperoleh menggunakan format file excel, sehingga tidak dapat diproses secara langsung oleh perangkat lunak. Pertama, event log diambil dari sistem informasi dalam bentuk log. File yang didapatkan dapat berupa .csv untuk kemudian ditransformasikan ke dalam format yang dapat diolah dalam aplikasi ProM [12]. Format yang digunakan yaitu .mxml untuk ProM versi 5.2 dan .xes untuk Prom versi 6.0 ke atas. Pada beberapa kasus, konversi file dari format csv menjadi mxml diperlukan. Tool yang paling umum digunakan adalah aplikasi Disco dari Fluxicon. Setelah tahap preprocessing selesai dapat dilakukan proses pengolahan data menggunakan metode- metode yang ada pada aplikasi ProM..

2.3 Pengolahan Data



Gambar 3 Tahapan process mining

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan teknik process mining. Melalui process mining dapat dilihat pada Gambar 3, event log diolah untuk dianalisis menggunakan metode- metode yang ada pada process mining. Process mining dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu *process discovery*, *conformance checking*, dan *enhancement* [13]. Salah satu metode yang pertama kali dikenalkan pada tahap process discovery adalah algoritma Alpha. Algoritma Alpha menjadi cikal bakal pembuatan metode- metode baru atau bahkan perbaikan dari metode Alpha

[14]. Metode Alpha dapat menggambarkan secara otomatis model proses yang terbentuk berdasarkan event log yang didapatkan. Algoritma Alpha memakai log alur kerja $W \subseteq T$ sebagai input dan menghasilkan model alur kerja yang sedang dibangun. Algoritma ini memeriksa hubungan sebab akibat yang diamati antar aktivitas. Alpha memiliki ciri menghubungkan satu aktivitas dengan aktivitas lainnya, yaitu hubungan sebab akibat. Ada beberapa kriteria untuk mengaitkan satu aktivitas dengan aktivitas lainnya: Mengikuti ($>$), jika (X, Y) aktivitas tersebut terkait, Kausal (\rightarrow), jika $X > Y$ dan $Y! > X$, Paralel (\parallel), jika $X > Y$ dan $Y > X$, Tidak Berhubungan ($\#$), jika $X! > Y$ dan $Y! > X$.

Heuristic Miner adalah algoritma penemuan proses yang dirancang khusus untuk proses spaghetti [15]. Proses spaghetti tidak mudah untuk diolah karena tingginya jumlah relasi aktivitas yang terlibat. Menjadi sangat sulit untuk memahami kompleksitas model proses yang tinggi. Heuristic miner dapat menyederhanakan model proses berdasarkan log peristiwa dengan menghapus beberapa hubungan aktivitas yang jarang muncul. Heuristic Miner menggunakan prinsip pengelompokan. Heuristic Miner bekerja dengan mengidentifikasi kelompok aktivitas yang paling identik dan menyimpannya di dalam cluster. Dan kemudian, semua cluster dibentuk menjadi model proses secara keseluruhan. Aktivitas menjadi lebih mudah untuk membangun model proses karena jumlah aktivitas dikurangi dengan membuat cluster.

Tahap kedua dari process mining adalah *conformance checking*. *Conformance checking* dapat mengukur kualitas model proses, dengan menghitung fitness dan presisi [16]. Fitness dilakukan dengan mengukur kesesuaian antara event log dan model proses. Nilai fitness memiliki rentang antara 0-1. Sebuah model proses memiliki fitness baik atau bernilai 1 apabila semua trace di event log dapat diwakili oleh model proses. Sebaliknya, jika banyak trace pada event log tidak dapat diwakili oleh model proses dari awal sampai akhir, maka model proses tersebut memiliki fitness yang buruk atau bernilai mendekati 0.

Kualitas fitness (3) dapat dihitung dengan merata-rata hasil dari perhitungan parsing measure (1) dan continuous parsing measure (2).

$$F = \frac{A + B}{2} \quad (1)$$

dengan

$$A = \frac{tm}{tt} \quad (2)$$

dan

$$B = \frac{1}{2} \frac{ta - te}{ta} + \frac{1}{2} \frac{ta - tr}{ta} \quad (3)$$

Dimana tm merupakan jumlah trace berdasarkan event log yang dapat ditampilkan pada model proses yang terbentuk, tt merupakan jumlah keseluruhan trace berdasarkan event log, ta merupakan jumlah keseluruhan aktivitas yang ada pada event log, te merupakan jumlah aktivitas pada event log yang tidak dapat ditampilkan di model proses, tr merupakan jumlah aktivitas yang ada pada trace di event log setelah aktivitas akhir yang dibentuk di model proses.

Presisi mengukur apakah suatu algoritma tepat untuk menyelesaikan kasus tertentu. Nilai presisi dihitung

$$P = \frac{jtp}{j} \quad (4)$$

Dimana jtp adalah jumlah positif benar dan j adalah total positif benar dan negatif palsu. Nilai-nilai ini dirujuk ke kumpulan kasus dengan jejak yang sama di log peristiwa yang dapat ditangkap dalam model proses.

Presisi sempurna ($P=1$) menyebabkan overfitting. Ini berarti model proses sangat spesifik. Karakteristik yang sangat spesifik ini membuat model proses tidak dapat digunakan dalam kasus

lain, bahkan dengan perbedaan yang sangat kecil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

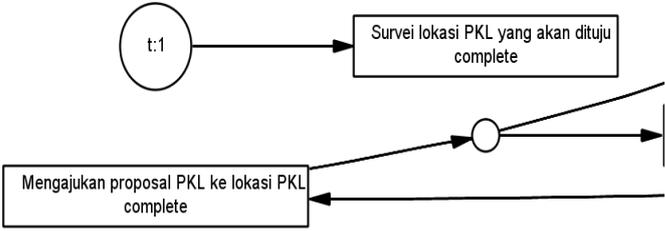
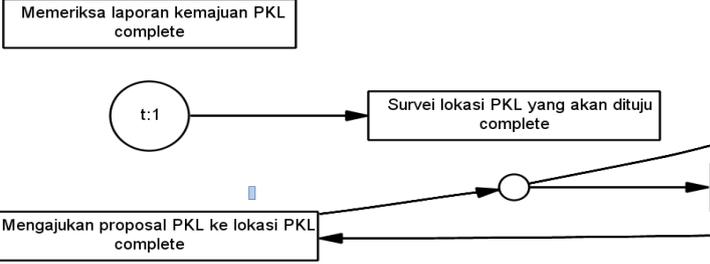
Hasil dari pengolahan event log menggunakan algoritma Alpha dan Heuristic Miner, dapat dibagi menjadi dua hasil, yaitu model proses yang terbentuk dan evaluasi model proses dengan event log.

3.1 Model proses dengan Alpha

Model proses yang terbentuk menggunakan algoritma Alpha memiliki beberapa relasi, diantaranya relasi sequence, choice, dan parallel [17]. Relasi sequence pada model proses yang terbentuk adalah aktivitas memeriksa laporan kemajuan PKL diikuti dengan aktivitas menyelesaikan PKL. Kemudian relasi choice terbentuk pada aktivitas PKL tidak disetujui prodi karena administrasi belum lengkap dan PKL disetujui prodi. Relasi choice berarti hanya memperbolehkan memilih satu aktivitas di antara banyak pilihan. Relasi parallel terjadi pada aktivitas bimbingan kepada pembimbing lapangan dan bimbingan kepada dosen pembimbing. Relasi parallel berarti seluruh aktivitas dapat dikerjakan secara bersama-sama dalam satu waktu.

Model proses yang terbentuk menggunakan algoritma Alpha memiliki beberapa kelemahan [18]. Alpha tidak mampu menangani kasus length-one-loop, double-length loop, duplicate task, dan non free choice. Kelemahan ini disebabkan karena belum ada aturan dalam prosedur alpha dalam menanganis kasus-kasus tersebut. Kelemahan Alpha pada event log yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kelemahan Algoritma Alpha dalam studi kasus proses PKL

Kelemahan Alpha	Hasil
Length-one-loop	
Length-two-loop	

3.2 Model proses dengan Heuristic Miner

Model proses yang terbentuk menggunakan algoritma Heuristic Miner berfokus menunjukkan proses yang sering terjadi [19]. Sehingga proses yang jarang terjadi tidak akan terbentuk menggunakan algoritma ini. Hal ini dapat menjadi kelebihan untuk jumlah trace dan kasus yang banyak. Algoritma ini cocok digunakan untuk mendeteksi rangkaian aktivitas yang berulang dan sering terjadi.

Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa proses-proses perulangan tidak digambarkan ke dalam model proses. Hal ini disebabkan karena event log yang mengandung perulangan length-one-loop dan length-two-loop tidak banyak terjadi. Hasil penggambaran model proses menggunakan

Heuristic Miner lebih mendekati SOP PKL karena di SOP PKL memang tidak ada kasus perulangan baik length-one-loop dan length-two-loop.

Tabel 2 Penerapan Heuristic Miner dalam studi kasus proses PKL

Heuristic Miner	Hasil
Proses yang mengandung length-one-loop tidak digambarkan	
Proses yang mengandung length-two-loop tidak digambarkan	

3.3 Evaluasi Kualitas Model proses

Kualitas model proses diuji dengan parameter fitness dan presisi. Dengan menggunakan parameter fitness, didapatkan fitness model proses alpha adalah 0.96 sedangkan heuristic miner 0.92. Hal ini menjadikan antara algoritma alpha dan heuristic miner antara model proses dan event log yang diujikan mendekati sempurna. Sebuah model proses memiliki fitness baik atau bernilai 1 apabila semua trace di event log dapat diwakili oleh model proses. Sebaliknya, jika banyak trace pada event log tidak dapat diwakili oleh model proses dari awal sampai akhir, maka model proses tersebut memiliki fitness yang buruk atau bernilai mendekati 0.

Presisi yang didapatkan menggunakan algoritma alpha sebesar 0.37 sedangkan algoritma Heuristic Miner 0.62. Presisi sempurna (P=1) menyebabkan overfitting. Ini berarti model proses sangat spesifik. Karakteristik yang sangat spesifik ini membuat model proses tidak dapat digunakan dalam kasus lain, bahkan dengan perbedaan yang sangat kecil.

Tabel 3 Perbandingan fitness dan presisi algoritma Alpha dan Heuristic Miner

	Fitness	Presisi
Alpha	0.96	0.37
Heuristic Miner	0.92	0.62

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Process mining merupakan teknik yang digunakan untuk penggalian informasi antara suatu model proses dengan data peristiwa atau event log yang terdapat dalam sistem informasi. Berbagai metode process mining telah dikenalkan salah satunya adalah algoritma Alpha. Algoritma Alpha dapat secara otomatis menggambarkan model proses berdasarkan event log yang telah terekam serta mengukur fitness suatu model proses dengan event log. Fitness dilakukan dengan mengukur kesesuaian antara event log dan model proses. Presisi mengukur ketepatan

suatu algoritma dipakai untuk suatu kasus. Dalam penelitian ini, algoritma Alpha memiliki fitness lebih tinggi yaitu 0.96 yang menunjukkan bahwa model proses yang terbentuk mendekati kenyataan. Namun yang menjadi poin pada penelitian ini adalah algoritma Alpha dan Heuristic Miner masing-masing memiliki karakteristik yang terlihat pada kasus proses PKL. Algoritma Alpha lebih cenderung cocok untuk digunakan pada kasus yang tidak terlalu banyak varian kasus dan tidak terdapat proses loop/perulangan. Sedangkan algoritma Heuristic Miner lebih cocok untuk kasus yang banyak memiliki varian sehingga proses-proses minor dapat diabaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Prasetyo, "Perancangan Sistem Informasi Tugas Akhir dan Kerja Praktek di Jurusan Teknik Industri UNS," 2010.
- [2] S. Huda, R. Sarno, and T. Ahmad, "Increasing accuracy of process-based fraud detection using a behavior model," *Int. J. Softw. Eng. its Appl.*, vol. 10, no. 5, pp. 175–188, 2016, doi: 10.14257/ijseia.2016.10.5.16.
- [3] W. M. P. van der Aalst, H. T. de Beer, and B. F. van Dongen, "Process Mining and Verification of Properties: An Approach Based on Temporal Logic," *OTM Confed. Int. Conf. CoopIS, DOA, ODBASE 2005*, vol. 3760, pp. 130–147, 2005, doi: 10.1007/11575771.
- [4] R. Sarno, Kartini, W. A. Wibowo, and A. Solichaha, "Time based Discovery of parallel business processes," *Proceeding - 2015 Int. Conf. Comput. Control. Informatics Its Appl. Emerg. Trends Era Internet Things, IC3INA 2015*, pp. 28–33, 2016, doi: 10.1109/IC3INA.2015.7377741.
- [5] A. Rozinat, R. S. Mans, M. Song, and W. M. P. van der Aalst, "Discovering colored Petri nets from event logs," *Int. J. Softw. Tools Technol. Transf.*, vol. 10, no. 1, 2008, doi: 10.1007/s10009-007-0051-0.
- [6] A. P. Kurniati, G. P. Kusuma, and G. A. A. Wisudiawan, "Implementing Heuristic Miner for Different Types of Event Logs," 2016.
- [7] P. Porouhan, N. Jongsawat, and W. Premchaiswadi, "Process and deviation exploration through Alpha-algorithm and Heuristic miner techniques," in *2014 Twelfth International Conference on ICT and Knowledge Engineering*, 2014, pp. 83–89, doi: 10.1109/ICTKE.2014.7001540.
- [8] Y. Caesarita, R. Sarno, and K. R. Sungkono, "Identifying bottlenecks and fraud of business process using alpha ++ and heuristic miner algorithms (Case study: CV. Wicaksana Artha)," in *2017 11th International Conference on Information Communication Technology and System (ICTS)*, 2017, pp. 143–148, doi: 10.1109/ICTS.2017.8265660.
- [9] R. S. Mans, M. H. Schonenberg, M. Song, W. M. P. van der Aalst, and P. J. M. Bakker, "Application of Process Mining in Healthcare -- A Case Study in a Dutch Hospital," in *Biomedical Engineering Systems and Technologies*, 2009, pp. 425–438.
- [10] E. Rojas, J. Munoz-Gama, M. Sepúlveda, and D. Capurro, "Process mining in healthcare: A literature review," *J. Biomed. Inform.*, vol. 61, pp. 224–236, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.04.007>.
- [11] A. Burattin, F. M. Maggi, and A. Sperduti, "Conformance checking based on multi-perspective declarative process models," *Expert Syst. Appl.*, vol. 65, pp. 194–211, 2016, doi: 10.1016/j.eswa.2016.08.040.
- [12] A. Adriansyah, B. F. Van Dongen, and W. M. P. Van Der Aalst, "Conformance checking using cost-based fitness analysis," *Proc. - IEEE Int. Enterp. Distrib. Object Comput. Work. EDOC*, pp. 55–64, 2011, doi: 10.1109/EDOC.2011.12.
- [13] W. M. P. Van Der Aalst, *Process Mining Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Germany: Springer, 2011.
- [14] Y. Amelia Effendi and R. Sarno, "Conformance Checking Evaluation of Process Discovery Using Modified Alpha++ Miner Algorithm," *Proc. - 2018 Int. Semin. Appl.*

- Technol. Inf. Commun. Creat. Technol. Hum. Life, iSemantic 2018*, pp. 435–440, 2018, doi: 10.1109/ISEMANTIC.2018.8549770.
- [15] A. J. M. M. Weijters, W. M. P. van der Aalst, and A. K. A. De Medeiros, “Process Mining with the Heuristics Miner Algorithm,” *Tech. Univ. Eindhoven, Tech. Rep. WP*, vol. 166, no. July 2017, pp. 1–34, 2006, doi: 10.1.1.118.8288.
- [16] S. J. J. Leemans, D. Fahland, and W. M. P. van der Aalst, “Discovering block-structured process models from event logs containing infrequent behaviour,” *Lect. Notes Bus. Inf. Process.*, vol. 171, pp. 66–78, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-06257-0_6.
- [17] D. Rahmawati, M. A. Yaqin, and R. Sarno, “Fraud detection on event logs of goods and services procurement business process using Heuristics Miner algorithm,” in *2016 International Conference on Information Communication Technology and Systems (ICTS)*, 2016, pp. 249–254, doi: 10.1109/ICTS.2016.7910307.
- [18] D. Informatika, F. Teknik, U. T. Madura, and D. Informatika, “a More Efficient Deterministic Algorithm in Process,” vol. 14, no. 3, pp. 971–995, 2018.
- [19] Y. A. Effendi and R. Sarno, “Discovering process model from event logs by considering overlapping rules,” *Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. Informatics*, vol. 2017-Decem, no. September, pp. 19–21, 2017, doi: 10.1109/EECSI.2017.8239193.