



TUGAS AKHIR - SM 141501

**PEMODELAN DAN SIMULASI PROSES BISNIS
PRODUKSI PADA INDUSTRI BAJA DENGAN
*COLOURED PETRI NETS***

WIDYA NILAM RUMANA
NRP 1211 100 112

Dosen Pembimbing
Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT

JURUSAN MATEMATIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SM 141501

***MODELING AND SIMULATION PRODUCTION
BUSINESS PROCESS OF STEEL INDUSTRY THROUGH
COLOURED PETRI NETS***

WIDYA NILAM RUMANA
NRP 1211 100 112

Supervisor
Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT

DEPARTMENT OF MATHEMATICS
Faculty of Mathematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMODELAN DAN SIMULASI PROSES BISNIS PRODUKSI
PADA INDUSTRI BAJA DENGAN COLOURED PETRI NETS**

**MODELING AND SIMULATION PRODUCTION BUSINESS
PROCESS OF STEEL INDUSTRY THROUGH COLOURED
PETRI NETS**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Bidang Studi Ilmu Komputer
Program Studi S-1 Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

WIDYA NILAM RUMANA
NRP. 1211 100 112

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT
NIP. 19700831 199403 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
FMIPA ITS



Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si
NIP. 19660414 199102 2 001

Surabaya, Januari 2015

PEMODELAN DAN SIMULASI PROSES BISNIS PRODUKSI PADA INDUSTRI BAJA DENGAN *COLOURED PETRI NETS*

Nama : Widya Nilam Rumana
NRP : 1211 100 112
Jurusan : Matematika
Dosen Pembimbing : Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT.

ABSTRAK

Kualitas sistem informasi mempengaruhi kinerja bisnis perusahaan. Karena itu, perlu dilakukan analisis terhadap proses bisnis untuk mengetahui adanya ketidaksesuaian proses bisnis yang direncanakan dengan proses bisnis aktual. Pada umumnya, perusahaan manufaktur memiliki proses bisnis utama produksi. Dalam realitanya sering terjadi ketidaksesuaian antara proses bisnis aktual dengan yang telah direncanakan sebelumnya, sehingga perlu dilakukan analisis terhadap proses bisnis tersebut. Analisis dapat dilakukan dengan cara memodelkan proses bisnis. Penelitian ini menggunakan model *Coloured Petri Nets* (CPN) untuk melakukan simulasi proses bisnis. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *conformance checking* untuk mengetahui tingkat kesesuaian proses bisnis, *reachability graph* untuk mendapatkan kemungkinan *state space*, dan analisis *bottleneck*. Dari analisis yang dilakukan, diketahui bahwa tingkat kesesuaian proses bisnis dengan kondisi aktual rendah yaitu dengan nilai *fitness* 0,441, presisi 0,175, dan struktur 0,889. Selain itu didapatkan informasi mengenai proses yang mengalami *bottleneck*. Selanjutnya diberikan rumusan rekomendasi untuk memperbaiki proses bisnis.

Kata Kunci: proses bisnis, *Coloured Petri Nets*, pemodelan proses bisnis, *conformance checking*, *bottleneck*, *reachability graph*



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

**MODELING AND SIMULATION PRODUCTION BUSINESS
PROCESS OF STEEL INDUSTRY THROUGH COLOURED PETRI
NETS**

Name of Student : *Widya Nilam Rumana*
NRP : *1211 100 112*
Department : *Matematika*
Supervisor : *Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT.*

ABSTRACT

Quality of information system affect the company's business performance. Therefore, there should be an analysis of business processes to determine the existence of a planned business process mismatch with the actual business process. In general, manufacturing companies has major business processes of production. In such, often there is a mismatch between actual business processes with a planned business process, so need to do an analysis of business processes. Analysis can be done in a way to model a business process. This research uses the model return Coloured Petri Nets(CPN) to perform business process simulation. The analysis undertaken in this research is the conformance checking to find out the level of conformance of business processes, reachability graph to get the possibility of state space, and analysis of the bottleneck. From the analysis, the level of business processes with actual conditions of low i.e fitness value 0,441, presition value 0,175 and structure value 0,889. In addition, information obtained about the process of experiencing a bottleneck. Furthermore, given the formulation of recommendations to improve business processes.

Keyword: *business process, Coloured Petri Nets, modeling business process, conformance checking, bottleneck, reachability graph*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah SWT Tuhan semesta alam yang telah memberikan sedikit ilmu Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul: **“Pemodelan dan Simulasi Proses Bisnis Produksi pada Industri Baja dengan Coloured Petri Nets”** yang merupakan salah satu persyaratan akademis dalam menyelesaikan Program Studi S-1 pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan berkat kerja sama, bantuan, dan dukungan dari banyak pihak. Sehubungan dengan hal itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT selaku dosen pembimbing.
2. Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si selaku Ketua Jurusan Matematika.
3. Drs. Suharmadi, Dipl. Sc, M.Phil selaku Dosen Wali sekaligus Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir.
4. Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si. dan Drs. Soetrisno, MI.Komp. selaku Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir.
5. Dr. Chairul Imron, MI.Komp. selaku Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir sekaligus Koordinator Tugas Akhir.
6. Keluarga besar PT. XYZ yang tidak dapat disebutkan namanya yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan studi dan memberikan waktunya untuk membimbing penulis.
7. Seluruh jajaran dosen dan staf jurusan Matematika ITS.
8. Teman-teman mahasiswa jurusan Matematika ITS

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

special thanks to

Selama proses pembuatan Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan untuk penulis. Penulis sungguh ingin mengucapkan terima kasih dan apresiasi secara khusus kepada:

1. Ibu Sulis Widjayanti dan Ayah Nanang Dwiyono tersayang yang senantiasa dengan ikhlas memberikan semangat, doa, motivasi dan nasihat yang sangat berarti bagi penulis.
2. Aprisa Djati Pratiwi dan Prasas Oktavi Noranggita yang menjadi salah satu motivasi bagi penulis untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Marmel, Chacha, Mbak Nadhia, Zam, Ade, Andika, Mas Lulu, Mas Omi, Mas Andi, Risa dan teman-teman pejuang 111 lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah bersama-sama penulis berjuang dalam suka dan duka.
4. Mas Zaky Nur Husni yang selalu menjadi tempat *curhat* dan pendengar yang baik bagi penulis serta tidak bosan dalam memberi semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Eni, Hesty, Toni, Veda, dan teman-teman angkatan 2011 yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terimakasih atas segala bentuk semangat dan dukungannya kepada penulis.

Tentu saja masih banyak pihak lain yang turut andil dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah membalas dengan balasan yang lebih baik bagi semua pihak yang telah membantu penulis. *Amin ya rabbal 'alamin.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Event Log</i>	7
2.2 Proses Bisnis.....	8
2.2.1 Proses Bisnis PT. XYZ.....	9
2.3 <i>Process Mining</i>	10
2.4 Pemodelan Proses Bisnis.....	11
2.4.1 Hubungan antara Proses Bisnis, Sistem Informasi dan Model.....	12
2.5 <i>Conformance Checking</i>	13
2.5.1 Dimensi <i>Fitness</i>	13
2.5.2 Dimensi Presisi.....	14
2.5.3 Dimensi Struktural.....	14
2.6 <i>Bottleneck</i>	15
2.7 <i>Petri Nets</i>	15
2.7.1 <i>Coloured Petri Nets</i>	19

2.8	<i>Reachability Graph</i>	21
2.9	ProM	22
2.10	CPN <i>Tools</i>	23
2.11	Aplikasi <i>Coloured Petri Nets</i>	23
BAB III. METODOLOGI		
3.1	Tahapan Penelitian	25
3.2	Diagram Alur Metode Penelitian	27
BAB IV. PEMODELAN PROSES BISNIS PRODUKSI		
4.1	Studi Kasus	29
4.2	Data dan Model Proses Bisnis dalam <i>Petri Nets</i>	34
	4.2.1 Model <i>Petri Nets</i> dari Proses Bisnis	34
	4.2.2 Pengumpulan Data	36
	4.2.3 Strukturisasi dan Konversi Data	36
4.3	<i>Process Mining</i>	38
4.4	Eksport Model CPN dari ProM.....	43
	4.4.1 Pengaturan Konfigurasi Model Simulasi ...	43
	4.4.2 Pengaturan Detail Proses	45
	4.4.2.1 <i>Global Setting</i>	45
	4.4.2.2 <i>Attributes Setting</i>	46
	4.4.2.3 <i>Resources Setting</i>	46
	4.4.2.4 <i>Activities Setting</i>	47
	4.4.2.5 <i>Choices Setting</i>	48
	4.4.3 Pengaturan Tampilan	48
4.5	Model CPN dari Proses Bisnis.....	49
	4.5.1 Struktur Umum	49
	4.5.2 Struktur <i>Sub-page</i> Aktivitas	53
	4.5.2.1 <i>Sub-page</i> SO	54
	4.5.2.2 <i>Sub-page Indent WO</i>	54
	4.5.2.3 <i>Sub-page</i> MRP	55
	4.5.2.4 <i>Sub-page</i> DECE	56
	4.5.2.5 <i>Sub-page</i> PR.....	56
	4.5.2.6 <i>Sub-page</i> PCP	57
	4.5.2.7 <i>Sub-page</i> PO	58
	4.5.2.8 <i>Sub-page</i> WO Release	59
	4.5.2.9 <i>Sub-page</i> CrossCheck	60

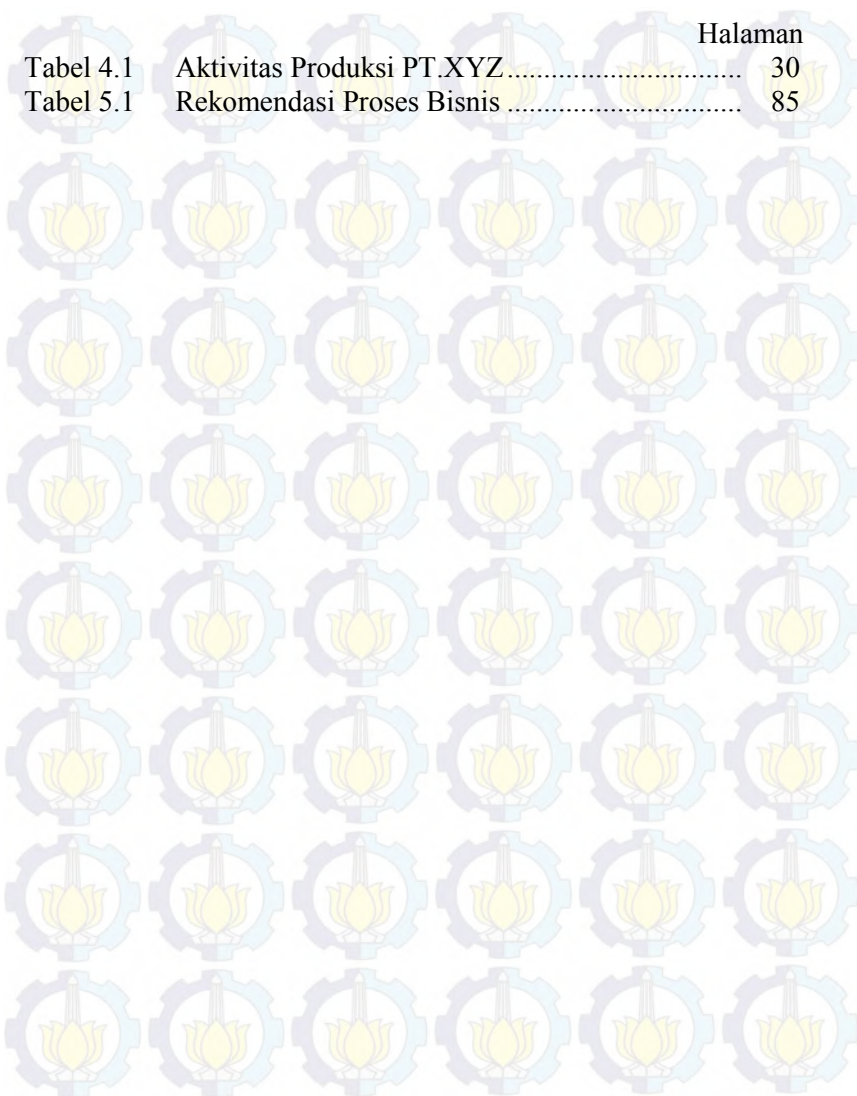
4.5.2.10 <i>Sub-page</i> WIS	60
4.5.2.11 <i>Sub-page</i> Re	61
4.5.2.12 <i>Sub-page</i> RM Datang	62
4.5.2.13 <i>Sub-page</i> BOM	63
4.5.2.14 <i>Sub-page</i> Receiving	64
4.5.2.15 <i>Sub-page</i> CPR/ <i>Fabrication</i>	65
4.5.2.16 <i>Sub-page</i> FGI	65
4.5.2.17 <i>Sub-page</i> SPPB	66
4.5.2.18 <i>Sub-page</i> Loading Delivery	67
BAB V. ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
5.1 <i>Conformance Checkiing</i>	69
5.1.1 Dimensi <i>Fitness</i>	69
5.1.2 Dimensi Presisi	69
5.1.3 Dimensi Struktural	70
5.2 <i>Reachability Graph</i>	79
5.3 Analisis <i>Bottleneck</i>	79
5.4 Simulasi Model	82
5.5 Rekomendasi	85
BAB VI. PENUTUP	
6.1 Kesimpulan	87
6.2 Saran	88
6.2.1 Rekomendasi untuk PT. XYZ	88
6.2.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya	88
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	93



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Aktivitas Produksi PT.XYZ.....	30
Tabel 5.1 Rekomendasi Proses Bisnis	85

The page features a decorative background pattern consisting of a grid of light blue gears. Inside each gear is a yellow lotus flower. This pattern is repeated across the entire page, with the table of contents text overlaid on the top portion.



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Contoh Potongan <i>Event Log</i>	8
Gambar 2.2 Struktur Proses Bisnis	9
Gambar 2.3 Tipe <i>Process Mining</i>	11
Gambar 2.4 Hubungan Proses Bisnis, Sistem Informasi dan Model	13
Gambar 2.5 Contoh <i>Petri Nets</i>	16
Gambar 2.6 Proses Berjalan Lurus	16
Gambar 2.7 Proses Paralel	17
Gambar 2.8 Proses Berjalan XOR	17
Gambar 2.9 Proses Bersyarat, z terpenuhi y dan x	18
Gambar 2.10 Proses Bersyarat, z terpenuhi x atau y.....	18
Gambar 2.11 Contoh <i>Coloured Petri Nets</i>	20
Gambar 2.12 Himpunan <i>Color</i> dan Variabel dari Model CPN dari Model CPN pada Gambar 2.11	21
Gambar 2.13 <i>Reachability Graph</i> dari <i>Petri Nets</i> pada Gambar 2.5	21
Gambar 2.14 Diagram dari <i>Framework ProM</i>	22
Gambar 2.15 <i>Screenshot</i> dari <i>CPN Tools</i>	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1 Proses Bisnis PT. XYZ	33
Gambar 4.2 <i>Graph Petri Nets</i> Proses Bisnis.....	35
Gambar 4.3 Potongan <i>Event Log</i> dalam *.csv	36
Gambar 4.4 Tampilan <i>Event Log</i> pada Nitro	37
Gambar 4.5 Potongan <i>Event Log</i> dalam *.mxml	38
Gambar 4.6 Informasi <i>Event Log</i> pada ProM	38
Gambar 4.7 Informasi <i>Process</i> pada <i>Event Log</i>	39
Gambar 4.8 Tampilan ProM Open PNML File	40
Gambar 4.9 Pengaturan <i>Mapping</i>	41
Gambar 4.10 <i>Graph Pteri Nets</i> pada ProM.....	42
Gambar 4.11 Tampilan Pengaturan Konfigurasi CPN Ekspor	43
Gambar 4.12 Tampilan <i>Global Setting</i>	45
Gambar 4.13 Tampilan <i>Attribute Setting</i>	46

Gambar 4.14	Tampilan <i>Resource Setting</i>	47
Gambar 4.15	Tampilan <i>Adjust Layout</i>	49
Gambar 4.16	<i>Overview Page Model CPN</i>	50
Gambar 4.17	<i>Subpage Environment Model CPN</i>	51
Gambar 4.18	<i>Subpage Process Model CPN</i>	52
Gambar 4.19	<i>Subpage SO</i>	54
Gambar 4.20	<i>Subpage Indent WO</i>	55
Gambar 4.21	<i>Subpage MRP</i>	55
Gambar 4.22	<i>Subpage DECE</i>	56
Gambar 4.23	<i>Subpage PR</i>	57
Gambar 4.24	<i>Subpage PCP</i>	58
Gambar 4.25	<i>Subpage PO</i>	59
Gambar 4.26	<i>Subpage WO Release</i>	59
Gambar 4.27	<i>Subpage CrossCheck</i>	60
Gambar 4.28	<i>Subpage WIS</i>	61
Gambar 4.29	<i>Subpage Re</i>	62
Gambar 4.30	<i>Subpage RM Datang</i>	63
Gambar 4.31	<i>Subpage BOM</i>	64
Gambar 4.32	<i>Subpage Receiving</i>	64
Gambar 4.33	<i>Subpage CPR/Fabrication</i>	65
Gambar 4.34	<i>Subpage FGI</i>	66
Gambar 4.35	<i>Subpage SPPB</i>	66
Gambar 4.36	<i>Subpage Loading Delivery</i>	67
Gambar 5.1	<i>Graph Dimensi Fitness Model Proses Bisnis</i> ...	71
Gambar 5.2	<i>Graph Dimensi Presisi Model Proses Bisnis</i>	73
Gambar 5.3	<i>Graph Dimensi Struktural Model Proses Bisnis</i>	75
Gambar 5.4	<i>Reachability Graph</i>	77
Gambar 5.5	Tampilan <i>Setting Performance Analysis</i>	79
Gambar 5.6	Hasil Analisis <i>Bottleneck</i>	80
Gambar 5.7	<i>Bottleneck Indent WO-MRP</i>	81
Gambar 5.8	<i>Bottleneck PCP-WO Release</i>	82
Gambar 5.9	Simulasi Otomatis dengan CPN' Replications.nreplications n ..	83
Gambar 5.10	Pengaturan <i>Report Simulasi</i>	84
Gambar 5.11	<i>Replication Report</i>	85

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aalst, W.M.P.v.d., dan Stahl, C., 2011. *Modelling Business Process*. London : The MIT Press.
- [2] Robles, F.S., Marin, J.M., Arango, O.M dan Tuoh Mora, JCS. 2012. *Modelling and Simulation of Textile Supply Chain through Coloured Petri Nets*. Scientific Research : Inthellihent Information Management, 2012, 4, 261-268.
- [3] Davenport, Thomas. 1993. *Process Innovation: Reengineering Work Through Information Technology*. Boston : Harvard Business School Press.
- [4] Weske, Mathias. 2007. *Business Process Management : Concepts, Languages, Architectures*. Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [5] Jensen, K., Kristensen, L.M. 2009. *Coloured Petri Netss : Modelling and Validation of Concurrent Systems*. Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [6] Architect, Enteprise. 2004. *The Business Process Model*. Sparx System.
- [7] Westergaard, M., Verbeek, H.M.W., <URL:<http://cpntools.org>>. Netherlands
- [8] Melinda, M., Rumana, W.N., 2014. *Project Management Information System* untuk Proses Produksi Menggunakan Barcode Berbasis *Web Mobile* pada Industri Baja. Surabaya
- [9] Andric, B., Nolic, D.M., Stevanovic, B., Vujosevic, M., 2005. *Modelling Invontory Control Proses Using Coloured Petri Nets*. Romania : The 7th Balkan Conference on Operational Research “BACOR 05”
- [10] Dongen, B.F.v,et al., 2005. *The ProM Framework: A New Era in Process Mining Tool Support*. Departement of Technology Management, Eindhoven University of Technology.
- [11] Aalst, W.M.P.v.d., *Workflow Mining: Discovering Process Models from Event Logs*. IEEE: *Transaction on Knowledge and Data Engineering*, 2004, 4, 1128-1142.

- [12] Sarno, R., Sanjoyo, B.A., Mukhlash, I., Astuti, H.M. *Petri Nets Model of ERP Business Process Variation for Small and Medium Enterprises. Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2013, Vol. 54 No.1.
- [13] Rozinat, A. Mans, M.S. Song, M. Aalst, W.M.P.v.d. *Discovering Colored Petri Nets From Event Log. Int J Softw Tools Technol Transfer*, 2008, 10, 57-74.
- [14] Anne. *A Process Mining Elevator Pitch*. 18 Januari 2015. <http://fluxicon.com/blog/2010/05/process-mining-elevator-pitch/>.
- [15] Gunther, C.W., Aalst, W.M.P.v.d. *A generic Import Framework for Process Event Logs. Industrial Paper: Departement of Technology Management, Eindhoven University of Technology*.
- [16] Rozinat, A., Aalst, W.M.P.v.d. *Conformance Testing: Measuring the Fit and Appropriateness of Event Logs and Process Models*. Bussler, C. et al. (eds.) *Business Process Management 2005 Workshops. Computer Science*, vol. 3812, pp. 163–176. Springer, Berlin (2006)
- [17] Rozinat, A., Aalst, W.M.P.v.d. *Conformance Checking of Processes Based on Monitoring Relat Behavior. Information Systems*, 2007, Vol. 33 No. 1, 64-95
- [18] Muscoll, A. *Petri Nets*. 18 januari 2015. <http://www.labri.fr/perso/anca/FDS/Pn-ESTII.pdf>
- [19] Mardhatillah, L., Er, M., Kusumawardani, R.P. Identifikasi *Bottleneck* pada Hasil Ekstraksi Proses Bisnis ERP dengan membandingkan Algoritma Alpha++ dan Heuristics Miner. *Jurnal Teknik ITS*, 2012, Vol. 1, Hal A-322 – A-327
- [20] Chowdhury, J. 2006. *Application of Information Technology and Business Process Management (BPM) to Enhance Organizational Process*. Ittoolbox

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Widya Nilam Rumana. Penulis lahir di Kediri pada tanggal 15 Oktober 1994. Pendidikan formal yang pernah ditempuh yaitu SD Negeri Kaliombo Kediri, SMP Negeri 1 Kediri, SMA Negeri 1 Kediri. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan studi di Matematika ITS. Pada masa perkuliahan penulis mengambil bidang ilmu komputer untuk bidang yang diminati. Selama menjadi mahasiswa ITS penulis aktif di beberapa organisasi, salah satu yang paling berkesan yaitu HIMATIKA ITS. Penulis memiliki hobi membaca artikel jika ada waktu luang. Selama penulisan Tugas Akhir ini Penulis tidak lepas dari kekurangan, untuk kritik, saran, dan pertanyaan mengenai Tugas Akhir ini dapat dikirimkan melalui *e-mail* ke nilamrumana@gmail.com.

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang yang mendasari penulisan Tugas Akhir. Di dalamnya mencakup identifikasi permasalahan pada topik Tugas Akhir. Uraian ini bersifat umum yang menjelaskan secara ringkas hal-hal yang akan dilakukan pada penyelesaian Tugas Akhir. Informasi yang telah diperoleh tersebut kemudian dirumuskan menjadi permasalahan yang akan diberikan asumsi-asumsi dan batasan-batasan pada Tugas Akhir ini.

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi dan informasi yang pesat menyebabkan ketergantungan industri bisnis terhadap sistem informasi semakin besar. Hal itu membuat kualitas sistem informasi memengaruhi bisnis suatu perusahaan. Salah satu hal yang memengaruhi kualitas sistem informasi adalah adanya perawatan. Salah satu aktivitas dalam perawatan sistem adalah melakukan evaluasi terhadap sistem informasi untuk mengetahui bagian dari sistem yang sudah tidak sesuai dengan kondisi perusahaan saat ini.

Salah satu sistem informasi yang banyak digunakan oleh perusahaan saat ini adalah *Enterprise Resource Planning* (ERP). ERP adalah sistem informasi yang mendukung proses bisnis suatu organisasi[1]. ERP terdiri dari beberapa modul misalnya *human resource, sales and marketing, management, production* dan *finance*. ERP dibangun berdasarkan kebutuhan proses bisnis pada perusahaan. Perusahaan pengimplementasi ERP mempunyai proses bisnis aktual yang seringkali berbeda dengan proses bisnis yang direncanakan sebelumnya.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri baja. PT. XYZ memiliki bisnis utama memproduksi barang dengan bahan baku baja. Baja tersebut akan dibuat menjadi berbagai produk misalnya tower, jembatan, gudang dan lain-lain.

Produksi dari bahan baku(baja) menjadi barang jadi atau produk memiliki perencanaan proses produksi yang terstruktur. Namun pada realitanya, proses produksi yang dilakukan tidak selalu lancar sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat. Salah satu kasus yang dialami oleh PT. XYZ yaitu terdapat bagian dari tower yang cacat produksi sehingga perlu dilakukan perbaikan ulang terhadap bagian tersebut. Ketidaksesuaian proses produksi tersebut menyebabkan produksi yang dilakukan mengalami permasalahan hingga berdampak pada keterlambatan produksi. Hal itu dikarenakan proses bisnis aktual mengalami perbedaan dibanding dengan perencanaan. Padahal dalam satu waktu PT. XYZ tidak hanya melakukan satu produksi atau satu permintaan dari *customer*. Keterlambatan produksi yang tidak sesuai rencana dapat memengaruhi kepercayaan *customer* terhadap PT. XYZ. Karena itu, diperlukan analisis untuk mengetahui apa yang menyebabkan proses produksi mengalami keterlambatan, dimana letaknya dan berapa lama keterlambatan terjadi untuk dijadikan bahan evaluasi proses produksi. Analisis dapat dilakukan dengan memodelkan proses bisnis aktual. Data aktual dapat diperoleh dari data *event log* atau database yang dimiliki oleh sistem pada PT. XYZ.

Event log merupakan data *history* transaksi dari suatu sistem[10]. Diperlukan *process mining* antara *event log* dan model proses bisnis untuk mendapatkan informasi mengenai kinerja perusahaan. Kemudian dari *process mining* dapat dilakukan analisis mengenai kesesuaian antara proses bisnis yang direncanakan dengan kondisi aktual yang terjadi pada proses produksi. Selain itu, dari analisis yang dilakukan dapat diperoleh informasi mengenai waktu rata-rata setiap aktivitas dilakukan. Kemudian dari analisis tersebut diperoleh informasi mengenai aktivitas apa yang mengalami keterlambatan dan berapa lama keterlambatan tersebut terjadi. Hasil analisis yang diperoleh dapat digunakan pertimbangan untuk melakukan evaluasi terhadap proses bisnis yang diterapkan.

Proses bisnis produksi PT. XYZ merupakan sistem yang kompleks sehingga diperlukan pemodelan proses bisnis yang dapat

memberikan pemahaman yang lebih jelas. *Coloured Petri Nets* (CPN) merupakan model yang dapat menggambarkan sistem yang kompleks dari proses manufaktur dan logistik yang terdiri dari : transportasi, *inventory*, proses order, *warehousing*, distribusi dan produksi[2]. Berdasar penelitian yang dilakukan oleh Robles, model CPN dapat memberi pemahaman yang lebih jelas mengenai proses bisnis industri tekstil. Dengan pemahaman yang lebih jelas terhadap proses bisnis, maka dapat dilakukan analisis kinerja dari proses bisnis yang diterapkan oleh perusahaan.

CPN adalah *Petri Nets* dengan *place* yang memiliki *type* dan token yang memiliki nilai yang disebut *color* [1]. PT. XYZ mempunyai pegawai berjumlah puluhan yang terlibat dalam *controlling* proses produksi. Pegawai-pegawai tersebut mempunyai hak akses berbeda sesuai dengan tugasnya. Selain hal itu, produk yang diproduksi memiliki beberapa bagian dengan tipe berbeda. Dengan demikian, diperlukan model proses bisnis yang dapat menggambarkan pegawai yang berbeda. Berdasarkan kasus produksi PT. XYZ, pegawai dapat digambarkan dengan *color* pada CPN. Selain itu CPN merupakan model proses bisnis yang memperhatikan *time stamp* dan *delay*. Dengan menggunakan model CPN dan data *event log* dapat dilakukan simulasi terhadap model yang diperoleh.

CPN *tools* merupakan *software* yang digunakan untuk simulasi dan analisis CPN. Dengan CPN *tools* diperoleh model proses bisnis CPN yang akan digunakan untuk simulasi dan mendapatkan analisis dari proses bisnis.

Berdasar uraian diatas, penulis akan mengangkat bahasan tentang analisis proses bisnis pada produksi PT. XYZ menggunakan model proses bisnis CPN untuk menganalisis performa proses bisnis menjadi sebuah topik tugas akhir yang berjudul "Pemodelan dan Simulasi Proses Bisnis Produksi pada Industri Baja dengan *Coloured Petri Nets*".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana model CPN dari proses bisnis produksi PT. XYZ.
2. Bagaimana simulasi terhadap model CPN yang telah diperoleh dengan menggunakan CPN tools.
3. Bagaimana hasil analisis kinerja dari proses bisnis produksi PT. XYZ
4. Bagaimana analisis *bottleneck* pada proses bisnis produksi PT. XYZ.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah pada subbab 1.2, penulis membatasi permasalahan yang ada dengan beberapa hal sebagai berikut:

1. Proses bisnis yang dimodelkan merupakan proses bisnis produksi PT. XYZ dari *sales order* hingga *loading delivery*.
2. Analisis yang dilakukan merupakan analisis *conformance checking*, *reachability graph*, dan *bottleneck*.
3. Aplikasi yang digunakan untuk membuat model dan simulasi proses bisnis adalah CPN tools *version 4.0.0*.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan model CPN dari proses bisnis produksi PT. XYZ.
2. Melakukan simulasi dengan menggunakan model CPN.
3. Mendapatkan hasil analisis kinerja proses bisnis.
4. Menemukan letak dan lama *bottleneck* pada proses bisnis.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat Tugas Akhir ini adalah mengetahui kinerja proses bisnis yang diterapkan oleh PT. XYZ dengan melakukan analisis tingkat kesesuaian antara proses bisnis yang diterapkan dengan kondisi aktual atau *conformance checking*. Selain itu dengan analisis yang dilakukan, dapat diketahui *bottleneck* yang terjadi pada PT. XYZ. Diketuahuinya letak *bottleneck* dapat menjadi bahan evaluasi perusahaan untuk menganalisis penyebab terjadinya *bottleneck* tersebut. Sehingga dengan hasil analisis yang didapatkan, proses bisnis yang ada dapat diperbarui untuk mencapai efisiensi dan efektifitas kinerja PT. XYZ.

1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Penulisan laporan Tugas Akhir ini disusun dalam enam bab. Adapun sistematika penulisan dalam laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penyusunan Tugas Akhir, rumusan masalah, batasan masalah, asumsi masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan laporan Tugas Akhir.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang proses bisnis, pemodelan proses bisnis, hubungan proses bisnis, sistem informasi dan model, konsep produksi PT. XYZ, CPN, CPN Tools dan aplikasi penerapan CPN yang digunakan pada Tugas Akhir ini.

3. BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan tentang tahap-tahap yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

4. BAB IV DESAIN DAN IMPLEMENTASI

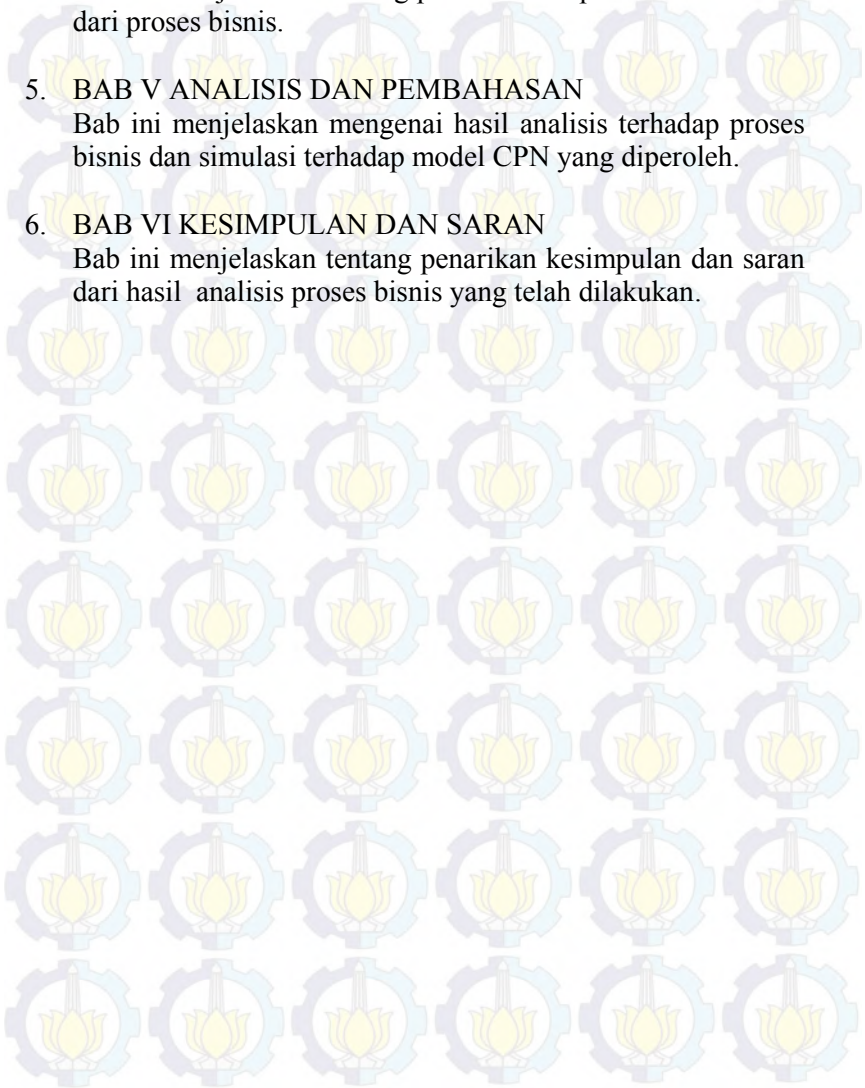
Bab ini menjelaskan tentang proses mendapatkan model CPN dari proses bisnis.

5. BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil analisis terhadap proses bisnis dan simulasi terhadap model CPN yang diperoleh.

6. BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang penarikan kesimpulan dan saran dari hasil analisis proses bisnis yang telah dilakukan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar teori yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Dasar teori yang akan dijelaskan dibagi menjadi beberapa subbab yaitu *event log*, proses bisnis, pemodelan proses bisnis, *process mining*, *bottleneck*, *Petri Nets*, ProM, CPN Tools dan aplikasi *Coloured Petri Nets* (CPN).

2.1 *Event Log*

Umumnya setiap sistem informasi melakukan pencatatan setiap kejadian pada sebuah *log* untuk memonitor jalannya suatu proses. Catatan tersebut berupa data transaksi atau *audit trails*[11]. Seiring berjalannya waktu dan bertambahnya kegiatan yang menggunakan sistem informasi tersebut maka semakin bertambah pula *event log* yang ada. *Event log* merupakan catatan *history* yang berisi data urutan aktivitas. *Event log* berisi data mengenai suatu peristiwa yang mengacu pada setiap kasus dan aktivitas. Dalam kebanyakan sistem, *event log* berisi *timestamp*, eksekutor dan beberapa data tambahan[11,13]. Informasi mengenai proses bisnis dapat diperoleh melalui *event log* sistem informasi suatu perusahaan. Untuk melakukan analisis, terlebih dahulu dilakukan *process mining* terhadap *event log*[15].

Contoh potongan *event log* yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 berisi informasi tentang empat kasus proses yang ditunjukkan pada kolom *Case ID* yaitu kasus 1-4. Setiap aktivitas yang dilakukan ditunjukkan dengan kolom *Task Name* yaitu aktivitas *File Fine*, *Send Bill*, *Process Payment*, *Close Case*, *Send Reminder* dan *Process Payment*. Kolom *Originator* memberikan informasi mengenai eksekutor yang mengerjakan setiap aktivitas. Sedangkan kolom *Timestamp* memberikan informasi mengenai kapan suatu aktivitas dilakukan.

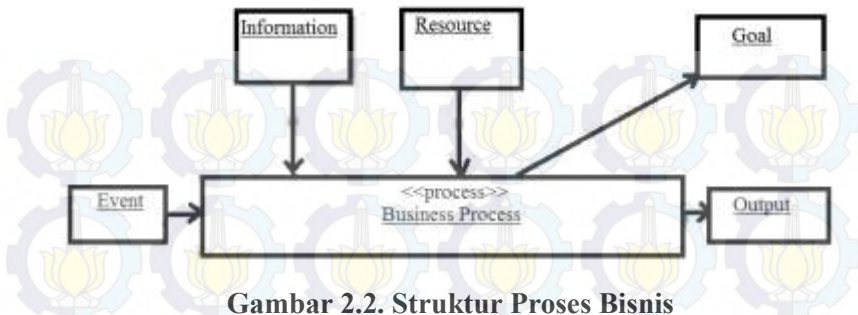
Case ID	Task Name	Event Type	Originator	Timestamp	Extra Data
1	File Fine	Completed	Anne	20-07-2004 14:00:00	...
2	File Fine	Completed	Anne	20-07-2004 15:00:00	...
1	Send Bill	Completed	system	20-07-2004 15:05:00	...
2	Send Bill	Completed	system	20-07-2004 15:07:00	...
3	File Fine	Completed	Anne	21-07-2004 10:00:00	...
3	Send Bill	Completed	system	21-07-2004 14:00:00	...
4	File Fine	Completed	Anne	22-07-2004 11:00:00	...
4	Send Bill	Completed	system	22-07-2004 11:10:00	...
1	Process Payment	Completed	system	24-07-2004 15:05:00	...
1	Close Case	Completed	system	24-07-2004 15:06:00	...
2	Send Reminder	Completed	Mary	20-08-2004 10:00:00	...
3	Send Reminder	Completed	John	21-08-2004 10:00:00	...
2	Process Payment	Completed	system	22-08-2004 09:05:00	...
2	Close case	Completed	system	22-08-2004 09:06:00	...
4	Send Reminder	Completed	John	22-08-2004 15:10:00	...
4	Send Reminder	Completed	Mary	22-08-2004 17:10:00	...
4	Process Payment	Completed	system	29-08-2004 14:01:00	...
4	Close Case	Completed	system	29-08-2004 17:30:00	...
3	Send Reminder	Completed	John	21-09-2004 10:00:00	...
3	Send Reminder	Completed	John	21-10-2004 10:00:00	...
3	Process Payment	Completed	system	25-10-2004 14:00:00	...
3	Close Case	Completed	system	25-10-2004 14:01:00	...

Gambar 2.1 Contoh Potongan *Event Log*[14]

Event log harus dirubah terlebih dahulu ke dalam format *.xml agar dapat dilakukan *process mining* dengan menggunakan ProM.

2.2 Proses Bisnis

Proses Bisnis adalah aktivitas yang terukur dan terstruktur untuk memproduksi *output* tertentu untuk kalangan pelanggan tertentu. Davenport dalam bukunya menjelaskan bahwa suatu proses merupakan urutan spesifik dari aktivitas kerja lintas waktu dan ruang, dengan suatu awalan dan akhiran, dan secara jelas mendefinisikan *input* dan *output* [3]. Menurut Weske, setiap proses bisnis dibentuk oleh satu organisasi, tetapi proses bisnis tersebut dapat berinteraksi dengan proses bisnis pada organisasi lainnya[4]. Proses bisnis memiliki *input* dan *output* yang spesifik, sumber daya dan mempunyai aktivitas dengan urutan tertentu. Proses bisnis mempunyai tujuan untuk mewujudkan *business goal*. Gambar 2.2 menunjukkan struktur dari proses bisnis.



Gambar 2.2. Struktur Proses Bisnis

Kasus konkret dalam bisnis operasional perusahaan yang di dalamnya terdiri dari kegiatan-kegiatan merupakan contoh dari proses bisnis. Kegiatan-kegiatan bisnis operasional perusahaan tersebut memiliki tujuan bisnis yang jelas. Kegiatan yang dimaksud bisa berupa kegiatan interaksi pengguna, kegiatan manual dan kegiatan sistem informasi yang digunakan. Namun kegiatan manual berbeda dengan kegiatan yang lainnya karena tidak didukung oleh sistem informasi.

Pada proses bisnis yang didukung oleh sistem informasi, peran sistem informasi sangat penting. Sistem informasi selalu mengontrol dan mendukung jalannya proses bisnis, sehingga keduanya saling berkaitan.

2.2.1 Proses Bisnis PT. XYZ

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri baja. PT. XYZ melakukan 2 macam produksi yaitu *mass product* dan bergantung *order* atau bisa dikatakan *discrete product*. Masing-masing *project* yang dilakukan memiliki penjadwalan yang berbeda tergantung besar *project*.

Dalam melakukan produksinya, PT. XYZ memiliki proses bisnis yang dijalankan oleh 8 departemen yaitu *Marketing Sales*, *Design Engineering*, *Manufactur Operation*, *PPIC*, *Procurement*, *Logistik*, *Produksi* dan *Shipping*. Masing-masing departemen memiliki tugas yang spesifik dalam menjalankan proses bisnis

perusahaan. Berikut adalah masing-masing tugas dari setiap departemen:

1. *Marketing Sales*, mencari *customer* dan menerima pesanan
2. *Design Engineering*, melakukan perencanaan material pada *project* yang akan dikerjakan dan membuat estimasi harga
3. *Manufactur Operation*, membuat *work order*, rencana harga *project* secara rinci dan membandingkannya dengan harga material dari *supplier* dan membuat surat pengiriman *product*
4. PPIC, melakukan list terhadap ketersediaan material dan membuat penjadwalan kerja
5. *Procurement*, melakukan pemesanan material kepada *supplier*
6. Logistik, sebagai *warehouse* material produksi dan menerima kedatangan material dari *supplier*
7. Produksi, melakukan proses fabrikasi hingga *finish good*
8. *Shipping*, mengatur proses pengiriman barang yang telah jadi kepada *customer*.

Pada pelaksanaan setiap *projectnya*, PT. XYZ memiliki alur dokumentasi yang telah terstruktur dalam proses bisnis dan penjadwalan produksi yang jelas. Penjadwalan yang dilakukan berdasarkan perjanjian di awal dengan *customer*. Selain itu, *project* yang dikerjakan memerlukan material yang didapatkan dari *supplier* dari dalam maupun luar negeri. Sehingga *customer* dan *supplier* berpengaruh terhadap produksi.

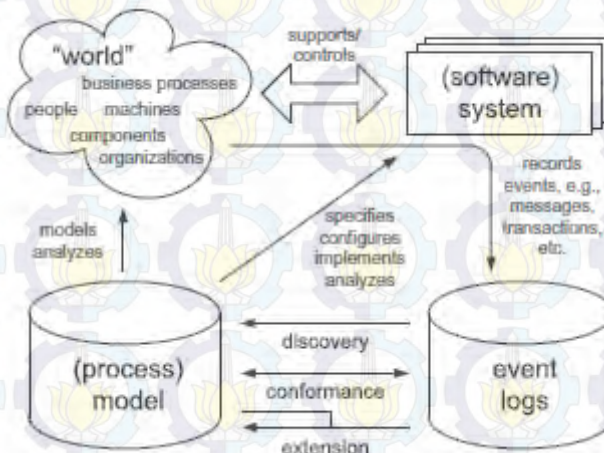
2.3 Process Mining

Process mining merupakan proses mendapatkan informasi dari database berupa pola dengan menggunakan metode tertentu. Tujuan dari *process mining* adalah untuk mengetahui informasi yang sebelumnya tidak dapat diketahui secara manual. *Process mining* merupakan cara untuk memperoleh informasi baru dan obyektif mengenai proses bisnis yang sedang diterapkan oleh suatu organisasi. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mengambil data

nyata atau *event log*, kemudian dilakukan pemeriksaan kesesuaian terhadap proses bisnis[13].

Gambar 2.3 menunjukkan tiga tipe dasar *process mining* yaitu[1]:

1. *Discovery*, yaitu *process mining* tanpa melibatkan model proses. Model proses bisnis hanya terbentuk dari *event log* yang ada
2. *Conformance*, yaitu terdapat model proses yang terlibat. Tujuan dari *process mining* tipe ini adalah untuk memeriksa apakah model yang telah ada sesuai dengan yang terjadi pada kenyataan, seperti yang tercatat dalam *log* sesuai dengan model ataukah sebaliknya.
3. *Extension*, yaitu juga melibatkan model proses, model yang ada diperluas dengan aspek baru. Tujuannya bukan untuk memeriksa kesesuaian namun untuk memperkaya model yang telah ada



Gambar 2.3 Tipe Process mining[1]

2.4 Pemodelan Proses Bisnis

Dalam bukunya, Weske mengatakan bahwa sebuah model proses bisnis yang terdiri dari serangkaian model kegiatan dan

batasan eksekusi diantara semuanya[4]. Pemodelan proses bisnis berbentuk diagram alir yang mewakili urutan aktivitas. Pemodelan proses bisnis berfokus pada proses, tindakan dan kegiatan. Diagram alir model proses bisnis menunjukkan bagaimana sumberdaya diproses dan hal apa yang user lakukan terhadap sumberdaya, untuk apa dan apa yang mereka lakukan ketika berbagai kemungkinan muncul. Dengan dimodelkannya proses bisnis, maka diperoleh definisi dan desain struktur dari setiap proses bisnis secara grafis.

Model proses bisnis dapat digunakan sebagai [1]:

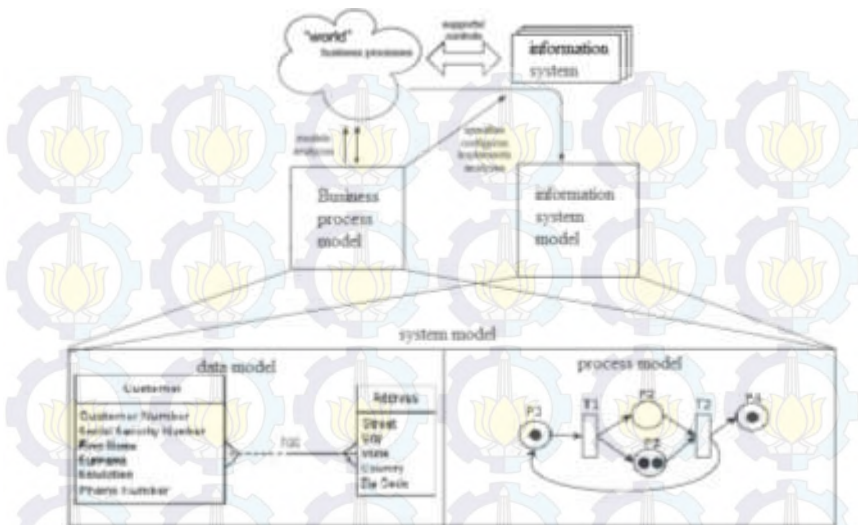
1. *Insight*, yaitu pemodelan proses menentukan kemampuan desainer dan analisis untuk membuat struktur dan aturan dari proses bisnis dan sistem informasi terlihat. Sehingga dapat memunculkan ide dan keputusan yang tidak konsisten atau desain yang cacat dapat terlihat.
2. *Analysis*, yaitu model proses sebagai titik mulainya semua jenis analisis, mulai dari validasi dan verifikasi dan analisis performa sistem.
3. *Realization*, model dapat menentukan sistem informasi.

Dalam hal ini, penelitian yang akan dilakukan oleh penulis adalah memanfaatkan fungsi *analysis* model proses bisnis untuk melakukan analisis terhadap performa sistem.

2.4.1 Hubungan antara Proses Bisnis, Sistem Informasi dan Model

Sistem informasi mempunyai peran yang sangat penting untuk mendukung proses bisnis perusahaan. Dalam mendesain atau melakukan desain ulang terhadap sistem informasi, model juga memiliki peran yang penting.

Gambar 2.4 menunjukkan hubungan antara proses bisnis, sistem informasi dan model [1].



Gambar 2.4 Hubungan Proses Bisnis, Sistem Informasi dan Model

2.5 Conformance Checking

Conformance checking merupakan analisis yang digunakan untuk membandingkan perilaku yang direkam atau dalam hal ini *event log* dengan beberapa model proses bisnis untuk mengetahui kemungkinan penyimpangan[16]. ProM memiliki *plug-in* analisis *conformance checking* yang disebut *conformance checker*. Pada ProM, analisis ini melibatkan tiga dimensi evaluasi yang dapat dijadikan acuan untuk menilai tingkat kesesuaian model proses bisnis dengan *event log*. Dimensi evaluasi yang digunakan pada *plug-in conformance checker* ProM adalah *fitness*, presisi dan struktural. Berikut adalah penjelasan mengenai ketiga dimensi evaluasi tersebut:

2.5.1 Dimensi *Fitness*

Dimensi *fitness* merupakan indikator yang menggambarkan seberapa banyak *trace* dari *log* yang terekam dalam model proses bisnis. Dimensi ini menitikberatkan pada

performa algoritma. Nilai *fitness* akan berkurang seiring dengan semakin banyaknya *log* yang tidak tertangkap oleh model. Berikut adalah rumus penghitungan nilai *fitness*[17]:

$$\text{Rumus : } f = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k n_i m_i}{\sum_{i=1}^k n_i c_i} \right) + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k n_i r_i}{\sum_{i=1}^k n_i p_i} \right)$$

Keterangan:

k = jumlah *trace* berbeda dari *log* untuk setiap *log trace* ; $(1 \leq i \leq k)$

n_i = jumlah proses instan dari *trace i*

m_i = jumlah token yang hilang

r_i = jumlah token yang tersisa

c_i = jumlah token yang dikunjungi

p_i = jumlah token yang diproduksi

2.5.2 Dimensi Presisi

Dimensi presisi merupakan indikator yang menggambarkan seberapa banyak *trace* yang mungkin terbentuk yang tidak berasal dari *log*. Nilai presisi akan berkurang seiring dengan banyaknya *case* di luar *event log* yang terbentuk dari model yang ada. Hal ini dapat dihitung dengan rumus *Advanced Behavioral Appropriateness* sebagai berikut[17]:

$$a'_b = \left(\frac{s_f^l \cap s_f^m}{2|s_f^m|} + \frac{s_p^l \cap s_p^m}{2|s_p^m|} \right)$$

Keterangan:

s_f^m = relasi *sometimes follows* untuk proses model

s_p^m = relasi *sometimes precedes* untuk proses model

s_f^l = relasi *sometimes follows* untuk *event log*

s_p^l = relasi *sometimes precedes* untuk *event log*

2.5.3 Dimensi Struktural

Dimensi struktur merupakan indikator yang menunjukkan kemampuan kompleksitas dari bentuk model baik kemampuan dalam menangani proses XOR maupun AND. Dimensi ini menitikberatkan pada *simplicity* yang artinya nilai struktur akan berkurang seiring dengan adanya *task* yang dimodelkan lebih dari

satu kali. Adanya *duplicate task* menambah kerumitan model. Untuk menghitung nilai struktural dapat digunakan rumus *Advanced Struktural Appropriateness* sebagai berikut[17]:

$$a'_b = \left(\frac{|T| - (|T_{DA}| + |T_{IR}|)}{|T|} \right)$$

Keterangan:

T = kumpulan transisi dari model petri nets

T_{DA} = kumpulan *alternatif duplicate task*

T_{IR} = kumpulan *redundant task*

Ketiga dimensi tersebut memiliki nilai 0 sampai 1. Jika nilai dari dimensi-dimensi tersebut semakin mendekati 1, maka tingkat kesesuaian proses bisnis dengan *event log* semakin tinggi atau bisa dikatakan proses bisnis yang dijalankan sesuai dengan proses bisnis yang direncanakan.

2.6 Bottleneck

Istilah *bottleneck* dikenal dalam berbagai bidang. Secara umum, *bottleneck* merupakan kemacetan. Dalam dunia ilmu komputer sendiri, pengertian *bottleneck* adalah suatu penimbunan proses pada salah satu *case/place* yang disebabkan karena terdapat aktivitas yang memerlukan waktu eksekusi yang lama sedangkan aktivitas selanjutnya hanya boleh dilakukan ketika aktivitas tersebut telah selesai dieksekusi[19]. Sehingga adanya *bottleneck* menyebabkan waktu yang lama dalam menyelesaikan suatu proses.

Secara Teori *Petri Nets* dapat menggambarkan di mana terjadi *bottleneck*, sehingga dapat terlihat proses-proses dalam proses bisnis yang terdapat *bottleneck*. Untuk menggambarkan bagaimana *bottleneck* terjadi dapat dilakukan dengan ProM[20].

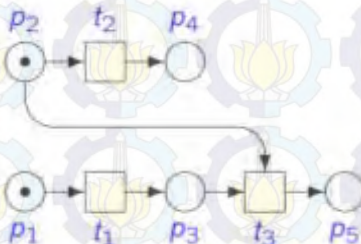
2.7 Petri Nets

Sistem informasi dikontrol dan didukung oleh proses bisnis. Sistem informasi dan proses bisnis merupakan sistem diskrit yang dapat dimodelkan dengan sistem transisi. Sistem ERP memiliki sistem yang kompleks dan mempunyai banyak relasi

transisi. Salah satu diagram alir yang matematis dan memiliki transisi di dalamnya adalah model *Petri Nets*. *Petri Nets* merupakan model yang dapat digunakan untuk menganalisis proses bisnis. Salah satu analisis yang telah dilakukan adalah analisis kinerja proses bisnis ERP[12]. *Petri Nets* menyediakan dasar notasi grafis dan perintah dasar pemodelan *concurrency*, komunikasi dan sinkronisasi.

Struktur *Petri Nets* terdiri dari *place*, *transition*, dan *token* beserta panah yang menghubungkan *place* dan *transition*. *Petri Nets* adalah tiga tupel $N = (P, T, F)$ [1] :

1. P adalah himpunan *place*
2. T adalah himpunan *transition*
3. $F \subseteq (PxT) \cup (TxP)$ adalah panah yang menunjukkan hubungan antara *place* dan *transition*



Gambar 2.5 Contoh *Petri Nets*

Gambar 2.5 merupakan contoh dari *Petri Nets* dengan tupel $N (P, T, F)$ sebagai berikut:

1. $P = \{p1, p2, p3, p4, p5\}$
2. $T = \{t1, t2, t3\}$
3. $F = \{(p1, t1), (p3, t3), (p2, t2), (p2, t3), (t2, p4), (t1, p3), (t3, p5)\}$

Berikut merupakan relasi yang dapat dibentuk oleh *Petri Nets*[11]:

1. Proses berjalan lurus, $x \rightarrow y$



Gambar 2.6 Proses Berjalan Lurus

Relasi pertama yaitu relasi $x \rightarrow y$ ditunjukkan pada Gambar 2.6. Relasi tersebut terdiri dari dua *transition* yang berjalan lurus dan diantaranya terdapat satu *place*. Relasi y dieksekusi setelah x selesai dieksekusi.

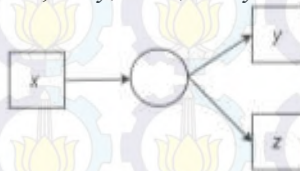
2. Proses paralel, $x \rightarrow y$, $x \rightarrow z$, dan $y || z$



Gambar 2.7 Proses Paralel

Relasi kedua adalah $x \rightarrow y$, $x \rightarrow z$, dan $y || x$ ditunjukkan pada Gambar 2.7. Relasi tersebut memiliki tiga *transition* x, y, z dengan dua *place*. Pada relasi ini, x menghasilkan dua token untuk y dan z yang berjalan secara paralel. y dan z mulai dieksekusi bersama setelah x selesai dieksekusi.

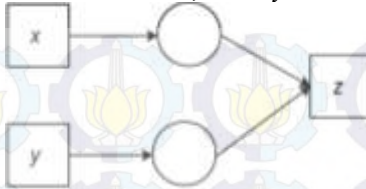
3. Proses berjalan XOR, $x \rightarrow y$, $x \rightarrow z$, dan $y \# z$



Gambar 2.8 Proses Berjalan XOR

Relasi ketiga yaitu $x \rightarrow y$, $x \rightarrow z$, dan $y \# z$ ditunjukkan pada Gambar 2.8. Berbeda dengan relasi paralel, relasi XOR memiliki *transition* x, y, z namun diantaranya hanya terdapat satu *place*. Sehingga setelah x selesai dieksekusi, hanya salah satu dari y atau z yang dieksekusi.

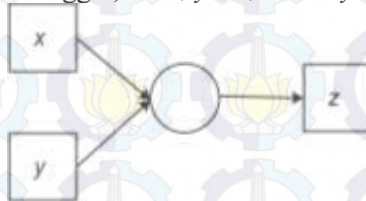
4. Proses bersyarat lebih dari satu, $x \rightarrow z$, $y \rightarrow z$, dan $x||y$



Gambar 2.9 Proses Bersyarat, z terpenuhi y dan x

Relasi keempat merupakan relasi $x \rightarrow z$, $y \rightarrow z$, dan $x||y$ ditunjukkan pada Gambar 2.9. z dapat dieksekusi setelah kedua *transition* x dan y selesai dieksekusi.

5. Proses bersyarat tunggal, $x \rightarrow z$, $y \rightarrow z$, dan $x\#y$



Gambar 2.10 Proses Bersyarat, z terpenuhi x atau y

Kemudian relasi yang terakhir adalah $x \rightarrow z$, $y \rightarrow z$, dan $x\#y$ yang ditunjukkan pada Gambar 2.10. Relasi ini hampir sama dengan relasi keempat, namun pada relasi ini, z dapat dieksekusi setelah hanya salah satu dari x atau y selesai dikerjakan.

Petri Nets dapat menggambarkan perilaku sistem, namun diagram tersebut memiliki tiga kelemahan yaitu :

1. Ukuran jaringan yang besar

Hal ini disebabkan karena untuk setiap produk diperlukan duplikasi struktur model. Duplikasi ini disebabkan karena menggunakan *token* yang dibedakan di *Petri Nets*. Untuk membedakan produk yang berbeda, dibutuhkan dua *place*. Dengan kata lain, *place* dari *token* menentukan objek yang diwakili oleh *token*.

2. Kekuatan ekspresi diagram yang terbatas

Dikarenakan ukuran jaringan yang besar, maka untuk membentuk model sistem industri yang memiliki sistem yang rumit dan produk yang berjumlah ratusan juta dengan *Petri Nets* memerlukan jaringan yang sangat besar hingga melewati batas kemampuan *Petri Nets*, sehingga diagram yang dibentuk tidak dapat menggambarkan proses bisnis dengan baik dan kemampuan untuk melakukan simulasi terhadap *Petri Nets* terbatas.

3. Tidak memperhatikan waktu

Hal ini menyulitkan untuk mengetahui kapan aktivitas berlangsung dan berapa lama mereka berlangsung.

Untuk menangani ketiga masalah di atas terdapat dua langkah untuk melakukan modifikasi terhadap *Petri Nets*. Langkah pertama yaitu untuk membedakan *token* satu dengan yang lainnya yaitu dengan cara menetapkan nilai tertentu pada setiap *token* yang disebut dengan *color* sehingga untuk membedakan setiap produk tidak perlu menggunakan *place* yang berbeda. Langkah yang kedua yaitu memberi *time* berupa *time stamp* untuk memberi informasi kapan aktifitas mulai berlangsung dan *delay* untuk memberi informasi berapa lama aktivitas berlangsung pada setiap *place*[1].

2.7.1 Coloured Petri Nets (CPN)

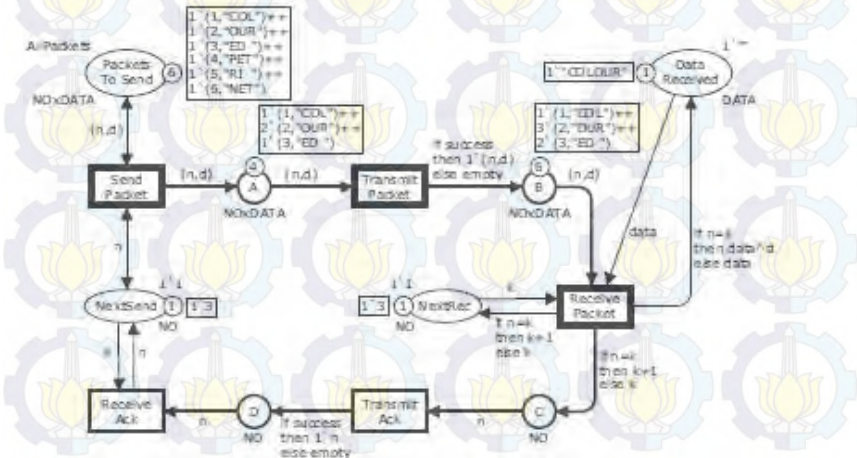
Petri Nets yang melibatkan *color* dan *time* disebut *Coloured Petri Nets* (CPN). CPN adalah *Petri Nets* dengan setiap *place* memiliki tipe, dan setiap token memiliki nilai (*color*) yang sesuai dengan tipe *placenya*[1]. *Color* digunakan untuk kemungkinan terjadinya perbedaan pada setiap *tokennya*. CPN adalah bahasa pemodelan *event-diskrit* yang menggabungkan kemampuan *Petri Nets* dengan kemampuan bahasa pemrograman tingkat tinggi.

Jensen dalam bukunya menggambarkan CPN yaitu terdiri dari sembilan tupel $CPN = (P, T, A, \Sigma, V, C, G, E, I)$ dimana [5]:

1. P adalah himpunan dari *place*
2. T adalah himpunan dari *transition*

3. $A \subseteq P \times T \cup T \times P$ merupakan panah yang menunjukkan hubungan antara *place* dan *transition*
4. Σ adalah himpunan tak kosong dari *color*.
5. V adalah himpunan dari tipe variabel yang memenuhi $Type[v] \in \Sigma$ untuk setiap variabel $v \in V$
6. $C : P \rightarrow \Sigma$ adalah himpunan dari fungsi *color* yang memetakan *color* dengan *place*.
7. $G : T \rightarrow EXPR_v$ adalah *guard function* yang memetakan *guard* untuk setiap *transition* t yang memenuhi $Type[G(t)] = Bool$.
8. $E : A \rightarrow EXPR_v$ adalah fungsi ekspresi panah yang memetakan ekspresi panah setiap panah a yang memenuhi $Type[E(a)] = C(p)_{MS}$, dimana p adalah *place* yang terhubung dengan panah a .
9. $I : P \rightarrow EXPR_{\emptyset}$ adalah fungsi inialisasi yang memetakan ekspresi inialisasi setiap *place* p yang memenuhi $Type[I(p)] = C(p)_{MS}$.

Berikut diberikan Gambar 2.11 yang mengilustrasikan CPN beserta Gambar 2.12 yang menetapkan definisi dan deklarasi variabel.



Gambar 2.11 Contoh Coloured Petri Nets

```

colset NO      = int;
colset DATA   = string;
colset NOxDATA = product NO * DATA;
colset BOOL    = bool;

var n, k      : NO;
var d, data   : DATA;
var success  : BOOL;

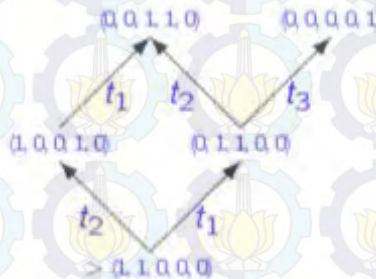
```

Gambar 2.12 Himpunan *Color* dan Variabel dari Model CPN pada Gambar 2.11

2.8 Reachability Graph

Reachability graph merupakan grafik yang menggambarkan setiap *state* yang dapat dijangkau. *Reachability graph* dari *place* suatu *net* $N=(P,T,F,W,M_0)$ ditunjukkan dengan *graph* $G=(V,E,v_0)$, dimana[18]:

1. $V = reach(N)$ yaitu himpunan titik yang merupakan *reachable marking*
2. $v_0 = M_0$ yaitu titik awal berupa letak *node* awal
3. $E = \{(M, t, M') | M \in V \text{ dan } M \xrightarrow{t} M'\}$ merupakan himpunan dari titik-titik yaitu titik dari setiap *marking* M untuk setiap *successor markings* dan titik dengan *firing transition*.



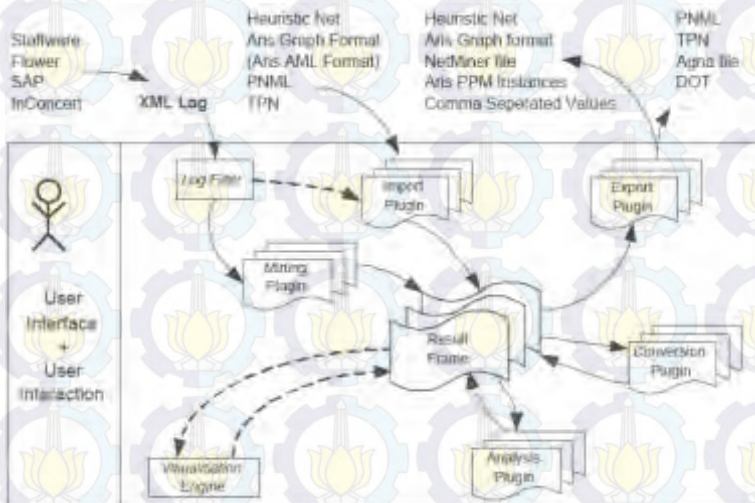
Gambar 2.13 *Reachability Graph* dari *Petri Nets* pada Gambar 2.5

Reachability graph dari *Petri Nets* pada Gambar 2.5 ditunjukkan pada Gambar 2.13. dari gambar tersebut terlihat bahwa

semua *place* dan *transition* dijangkau. *Graph* juga menunjukkan bahwa t_3 tidak dapat berjalan jika t_2 berjalan sebelum t_1 dikerjakan.

2.9 ProM

ProM merupakan *tools* untuk melakukan *process mining* yang dibuat oleh *Wil Van Der Aalst's* di *Eindhoven University of Technology*, Belanda. ProM fokus pada analisis proses bisnis yaitu *design-time analysis* dan *run-time analysis*. Teknis analisis *run-time* pada ProM memanfaatkan *event log* yang dikonvert ke dalam format *.mxml. ProM juga mendukung beberapa tipe model, contohnya model organisasi, *social network*, *decision trees*, dan beberapa notasi proses bisnis yaitu *petri nets*, CPN, YAWL, EPCs, WS-BPEL, dan *heuristics nets*[1]. Diagram dari *framework* ProM ditunjukkan pada Gambar 2.14.

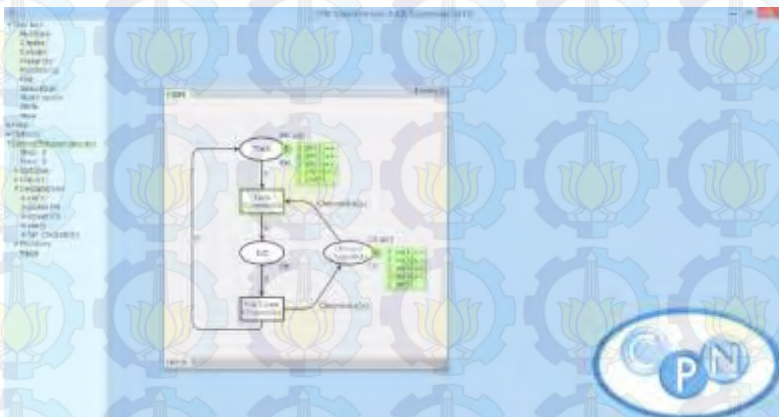


Gambar 2.14 Diagram dari *framework* ProM[10]

ProM tidak dapat digunakan untuk melakukan simulasi terhadap proses bisnis sehingga model proses bisnis yang terbentuk dari hasil mining ProM dikonvert ke dalam model CPN kemudian diekspor ke CPN *Tools* untuk dilakukan simulasi.

2.10 CPN Tools

CPN Tools merupakan *software* yang digunakan untuk simulasi dan analisis CPN. Tools ini awalnya dikembangkan oleh CPN Group di Aarhus University, Denmark dan sekarang dikelola oleh IS Group di Eindhoven University of Technology, Belanda. CPN Tools memiliki lebih dari sepuluh ribu pemegang lisensi di 143 negara, dan lebih dari 600 merupakan lisensi komersial. CPN Tools banyak digunakan untuk kebutuhan industri [7]. Gambar 2.15 merupakan *screenshot* dari CPN Tools yang menunjukkan terdapat jendela yang berisi diagram alir CPN.



Gambar 2.15 Screenshot dari CPN Tools

2.11 Aplikasi Coloured Petri Nets

Berdasar penelitian yang dilakukan oleh Robles mengenai pemodelan proses bisnis *supply chain* pada industri tekstil, model CPN yang dibangun dapat digunakan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang perilaku proses pada perusahaan tekstil dalam menerima permintaan dari *customer*. Berdasar penelitian yang dilakukan, model CPN yang dibentuk dapat menggambarkan sistem yang kompleks dari proses manufaktur dan logistik yang terdiri dari: transportasi, *inventory*, proses order, *warehousing*, distribusi dan produksi. Dengan model

tersebut dapat diketahui kinerja dari industri tekstil, bagaimana pengaruh perilaku *supplier* dalam memenuhi permintaan dan bagaimana pengaruh kuantitas persediaan dalam proses produksi perusahaan. Selain itu dapat diketahui pentingnya berbagi informasi antara *supplier* untuk mengurangi ketidakpastian data. Setelah dilakukan simulasi terhadap model, dapat diamati bagaimana rata-rata penggunaan peralatan produksi [2].

Penelitian yang lain dilakukan oleh Andric yaitu pemodelan proses bisnis *inventory* pada perusahaan penerbitan Politika. Kasus yang terjadi adalah adanya kejanggalan antara ketersediaan bahan dengan kebutuhan. Dalam kasus ini, model CPN diperlukan untuk menganalisis manajemen *inventory*. Langkah-langkah yang dilakukan setelah mendapat model adalah melakukan analisis terhadap situasi yang terjadi pada *inventory*, memberi pertimbangan terhadap kemungkinan perbaikan yang diambil, selanjutnya melakukan modifikasi dan simulasi terhadap proses bisnis sehingga diperoleh pengembangan dari proses bisnis yang telah diterapkan. Perubahan yang diperoleh dalam penelitian yang dilakukan dapat mengatasi masalah kejanggalan yang dialami *inventory* penerbit Politika[9].

Dari dua penelitian yang telah dilakukan, pemodelan proses bisnis menggunakan CPN dapat digunakan untuk mengetahui kinerja dari bisnis proses yang telah diterapkan oleh perusahaan. Model CPN dapat memberi pemahaman yang lebih jelas mengenai proses bisnis yang diterapkan. Dengan pemahaman yang jelas, analisis kecacatan atau masalah yang dihadapi oleh perusahaan dapat dilakukan. Sehingga dari analisis tersebut dapat dilakukan modifikasi atau perubahan terhadap proses bisnis yang diterapkan. Dengan demikian, penelitian serupa akan dilakukan untuk menganalisis kinerja proses bisnis produksi yang diterapkan oleh PT. XYZ sebagai perusahaan yang bergerak di bidang industri baja.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang digunakan dalam penyelesaian masalah pada Tugas Akhir. Disamping itu, dijelaskan pula prosedur dan proses pelaksanaan tiap-tiap langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

3.1 Tahapan Penelitian

Guna mencapai tujuan dari penulisan ini, akan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan langkah untuk mengumpulkan data dan informasi yang diperlukan dengan cara mempelajari literatur-literatur ilmiah yang memiliki hubungan dengan topik penelitian yang sedang penulis lakukan untuk mendapatkan informasi secara teoritis yang berhubungan dengan penelitian ini.

b. Pengumpulan Data

Setelah studi literatur dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah pengumpulan data dan informasi mengenai sistem produksi pada PT. XYZ untuk menjadi bahan penelitian. Pengumpulan informasi dilakukan dengan cara wawancara dengan pegawai bagian manufaktur PT. XYZ.

c. Ekstraksi Data

Pada tahapan ini, dilakukan ekstraksi data yang diperoleh dari pengumpulan data yang dilakukan pada tahapan sebelumnya. Ekstraksi data dilakukan dengan cara memilih bagian data yang akan digunakan untuk tahapan selanjutnya. Hasil dari ekstraksi data ini merupakan data yang lebih sederhana yang disimpan dalam file dengan format *.csv. File output dari tahap ini yang akan digunakan sebagai masukan pada tahap selanjutnya yaitu standarisasi *event log*.

d. Standarisasi *Event Log*

Pada tahapan ini, data yang didapat dari proses sebelumnya diekspor ke dalam file dengan ekstensi MXML dengan

menggunakan software Nitro. Kemudian akan dilakukan *process mining* terhadap data dari hasil tahap ini.

e. Pemodelan Proses Bisnis

Selain menyiapkan file *event log*, model proses bisnis juga diperlukan untuk melakukan tahap selanjutnya. Sehingga dibentuk model *Petri Nets* dari proses bisnis yang disimpan dalam file dengan format *.pnlm.

f. *Process Mining*

Dengan menggunakan *software* ProM, dilakukan *process mining* dengan inputan *event log* dan model *Petri Nets* yang merupakan hasil dari tahap sebelumnya. Sehingga didapatkan model *Petri Nets* yang telah disesuaikan dengan struktur data *event log*. Model yang telah didapatkan akan digunakan untuk melakukan tahapan penelitian yang selanjutnya yaitu analisis.

g. Analisis

Pada tahapan ini, akan dilakukan tiga analisis yaitu *conformance checker*, pembentukan *reachability graph* dan analisis kinerja untuk memperoleh *bottleneck* dari proses bisnis dengan menggunakan ProM. Selain itu, dalam tahap ini dilakukan ekspor model *Petri Nets* ke dalam *Coloured Petri Nets* untuk digunakan pada tahap simulasi.

h. Simulasi

Simulasi terhadap model *Coloured Petri Nets* dilakukan dengan menggunakan *CPN Tools*. Simulasi dilakukan untuk mengetahui kinerja dari proses bisnis.

i. Penarikan Kesimpulan

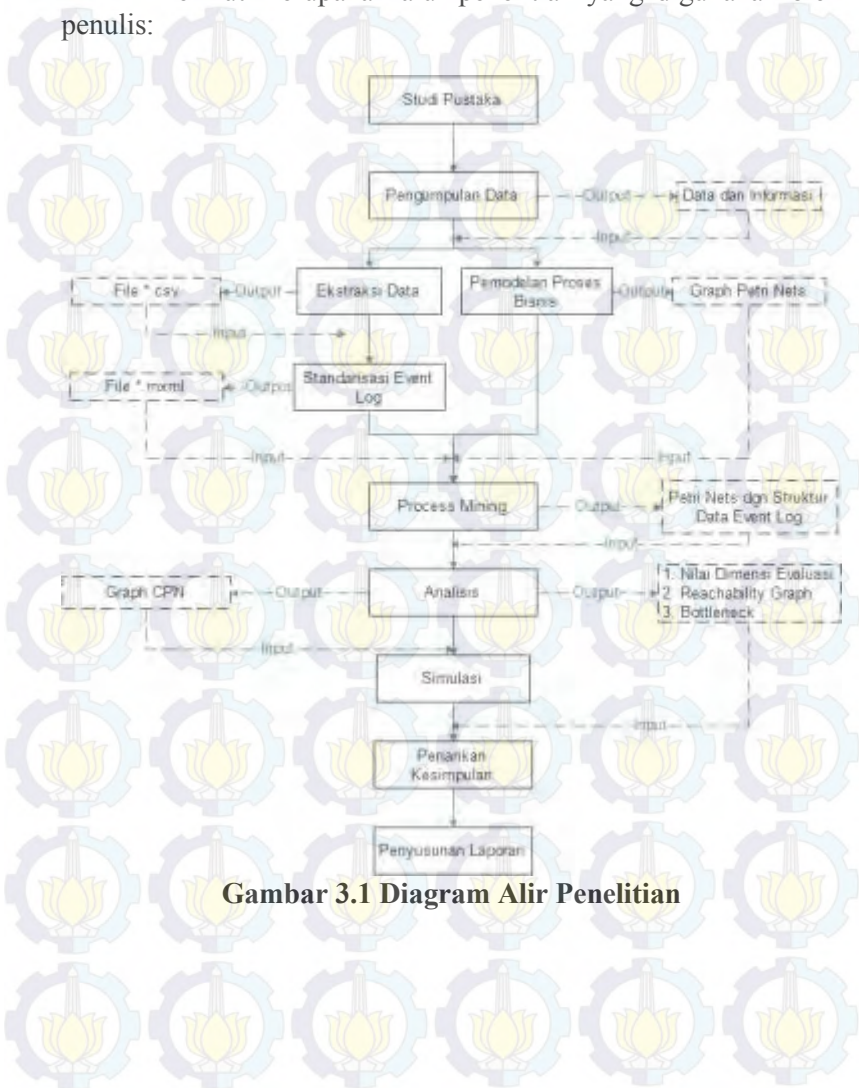
Setelah analisis dan simulasi terhadap model proses bisnis telah selesai, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan beserta rekomendasi untuk perusahaan dalam melakukan evaluasi terhadap proses bisnisnya.

j. Penyusunan Laporan

Bagian terakhir dalam Tugas Akhir ini adalah membuat laporan seluruh tahapan yang telah dilakukan.

3.2 Diagram Alur Metode Penelitian

Berikut merupakan alur penelitian yang digunakan oleh penulis:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PEMODELAN PROSES BISNIS PRODUKSI

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan dalam desain dan implementasi dari pembuatan model proses bisnis produksi PT. XYZ. Tahapan desain dan implementasi yang akan dijelaskan meliputi studi kasus di PT. XYZ, data dan model proses bisnis, *process mining*, ekspor model CPN dengan ProM, dan penjelasan mengenai model CPN yang dihasilkan.

4.1 Studi Kasus

Dalam subbab ini akan dijelaskan mengenai studi kasus pada PT. XYZ yang telah dilakukan oleh penulis. Pada subbab 2.3.1 telah dijelaskan gambaran umum PT. XYZ, selanjutnya diperlukan pemahaman mengenai aktivitas setiap proses bisnis produksi PT. XYZ. Penulis melakukan wawancara terhadap beberapa pegawai departemen manufaktur untuk mempelajari beberapa *project* yang telah selesai dikerjakan oleh PT. XYZ.

Project yang dijadikan studi kasus adalah *project* jembatan A dan PLTU B. Dari *project* tersebut penulis mendapatkan beberapa informasi mengenai aktivitas produksi yang dilakukan secara diskrit atau tergantung pesanan *customer*. Perencanaan produksi dibuat berdasarkan adanya PO (*Purchase Order*) dari *customer* yang akan ditindaklanjuti oleh departemen *sales marketing*. Selanjutnya masing-masing aktivitas yang dilakukan dalam perencanaan produksi dijelaskan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Aktivitas Produksi PT. XYZ

NO	Aktivitas	Keterangan
1	SO (<i>Sales Order</i>)	Merupakan aktivitas dokumentasi serah terima <i>project</i> antara perusahaan dengan <i>customer</i> . SO <i>booked</i> dapat dilakukan jika sudah ada <i>approval drawing</i> dan DP dari <i>customer</i> . Aktivitas ini menghasilkan NO SO dan KODE PROJECT yang akan digunakan sebagai acuan pengerjaan <i>project</i> pada aktivitas selanjutnya.
2	Indent WO (<i>Indent Work Order</i>)	Merupakan aktivitas dokumentasi yang memiliki <i>output</i> NO WO. NO WO ini dikeluarkan sebagai acuan melakukan aktivitas selanjutnya. Sedangkan indent WO sendiri dapat dilakukan ketika terdapat NO SO dan Kode Project. Dalam prosedur perusahaan, dokumen WO harus selesai dalam waktu 1 x 24 jam setelah SO <i>booked</i>
3	MRP (<i>Material Resource Planning</i>)	Merupakan aktivitas dokumentasi yang berisi perencanaan material suatu <i>project</i> . Aktivitas ini dapat dilaksanakan dengan acuan NO WO dan memberikan informasi mengenai NO MRP beserta detail material yang diperlukan. Sesuai prosedur perusahaan, dokumen MRP harus selesai dalam waktu 2 x 24 jam setelah dikeluarkannya NO WO.

Tabel 4.1 (Lanjutan) Aktivitas Produksi PT. XYZ

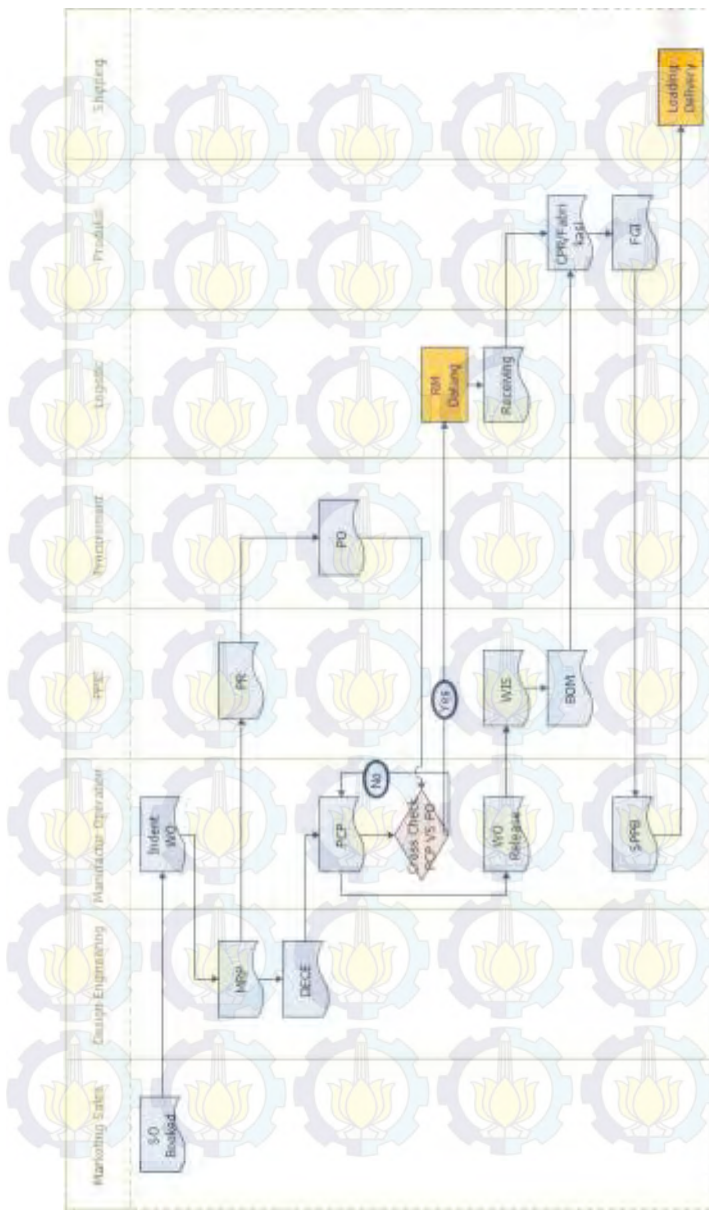
NO	Aktivitas	Keterangan
4	DECE (<i>Design Engineering Cost Estimator</i>)	Merupakan aktivitas dokumentasi yang berisi rincian material dari dokumen MRP beserta estimasi harga masing-masing material. Aktivitas ini harus selesai dalam waktu 1 x 24 setelah dikeluarkannya dokumen MRP.
5	PCP (<i>Project Cost Plan</i>)	Merupakan aktivitas dokumentasi yang isinya sama seperti DECE, namun pada aktivitas ini dilakukan <i>crosscheck</i> terhadap PO. Selesai maksimal 1 x 24 jam setelah NO DECE muncul.
6	WO Release	Merupakan dokumen WO yang telah berisi checklist mulai SO hingga PCP dan <i>schedule fabrication</i> oleh PPIC
7	WIS (<i>Work Instruction Sheet</i>)	Merupakan aktivitas dokumentasi yang berisi instruksi kerja. Aktivitas ini dilakukan setelah WO selesai release
8	PR (<i>Purchase Requisition</i>)	Merupakan aktivitas permintaan material kepada supplier yang dilakukan oleh procurement. Syarat dilakukan aktivitas ini adalah keluarnya dokumen MRP
9	PO (<i>Purchase Order</i>)	Merupakan aktivitas order material. Dokumen ini berisi <i>cost</i> yang dikeluarkan untuk membeli material. <i>Cost</i> PO akan dibandingkan dengan <i>cost</i> pada PCP untuk dilakukan <i>crosscheck</i>
10	Row Material Datang	merupakan aktivitas material dari supplier diterima oleh departemen logistik perusahaan

Tabel 4.1 (Lanjutan) Aktivitas Produksi PT. XYZ

NO	Aktivitas	Keterangan
11	<i>Receiving</i>	pengiriman material dari gudang ke fabrikasi
12	CPR/ <i>Fabrication</i>	merupakan aktivitas pembuatan barang atau produksi
13	FGI (<i>Finish Good Item</i>)	merupakan aktivitas pengemasan dan pemberian <i>barcode</i> pada suatu produk yang telah jadi
14	SPPB (Surat Permintaan Pengiriman Barang)	merupakan aktivitas yang dilakukan oleh departemen manufaktur untuk mengeluarkan surat ijin pengiriman barang
15	<i>Loading Delivery</i>	merupakan aktivitas pengiriman barang atau pengambilan barang oleh customer

Urutan aktivitas yang diuraikan dalam Tabel 4.1 dapat digambarkan dalam bentuk model proses bisnis. Proses bisnis merupakan model yang berisi aktivitas-aktivitas yang dilaksanakan oleh departemen tertentu dan dokumen-dokumen yang terkait. Proses bisnis PT. XYZ ditunjukkan pada Gambar 4.1. Gambar tersebut juga menunjukkan departemen yang terlibat dalam pelaksanaan setiap aktivitas dalam proses bisnis produksi.

Waktu eksekusi setiap aktivitas dokumentasi yang telah dijelaskan pada Tabel 4.1 adalah 1 x 24 jam atau selambat-lambatnya adalah 2 x 24 jam. Sedangkan waktu untuk aktivitas yang lainnya ditentukan oleh perjanjian dengan *customer*.



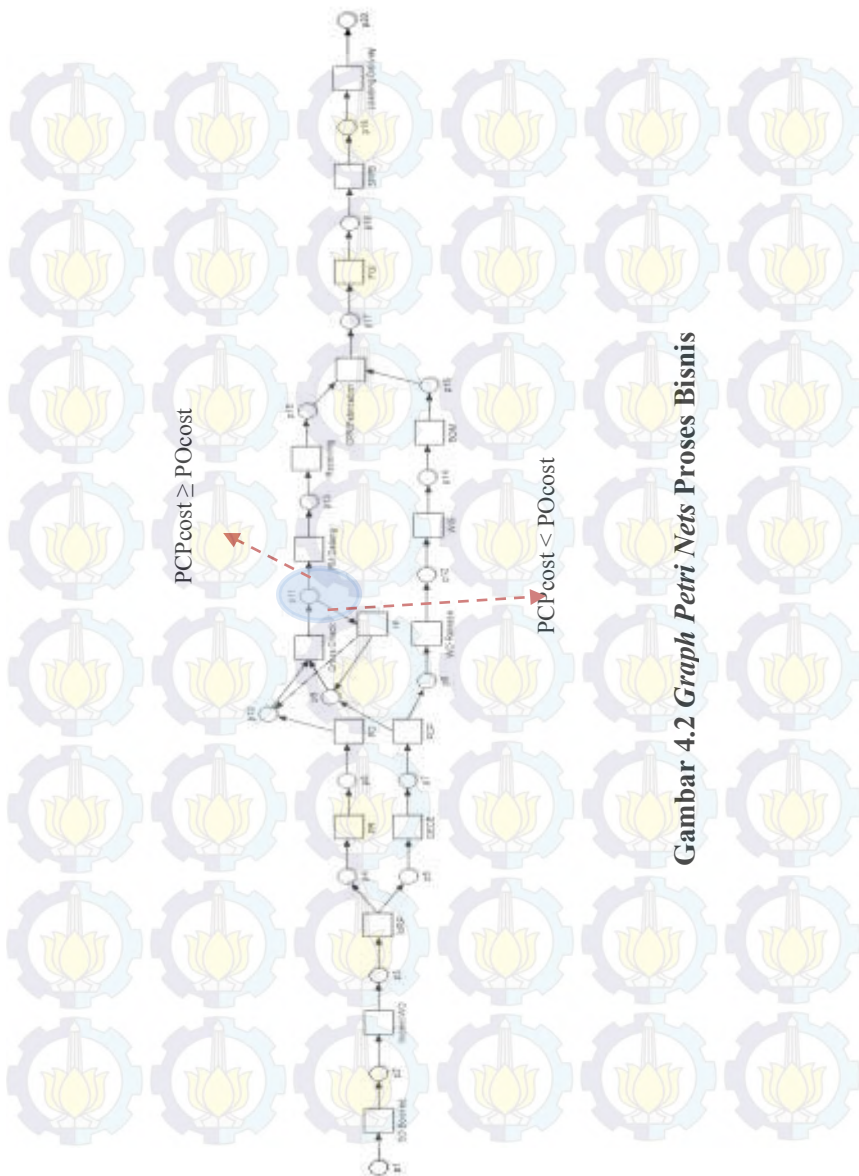
Gambar 4.1 Proses Bisnis PT. XYZ

4.2 Data dan Model Proses Bisnis dalam *Petri Nets*

Tahap pertama yang dilakukan untuk menganalisis proses bisnis adalah mengumpulkan data dan membuat model *Petri Nets* dari proses bisnis. Proses bisnis yang telah digambar pada Gambar 4.1 dapat ditransformasi dalam bentuk model *Petri Nets*. Kemudian setelah mendapatkan model *Petri Nets*, dilakukan ekstraksi data terhadap data yang didapatkan dari sistem informasi produksi PT. XYZ sehingga sesuai dengan struktur dan format data *event log* yang telah dijelaskan pada Subbab 2.1. Proses bisnis yang telah dijelaskan pada Subbab 4.1 menjadi acuan dalam pengerjaan tahap ini.

4.2.1 Model *Petri Nets* dari Proses Bisnis

Proses bisnis yang ditunjukkan pada Subbab 4.1 dimodelkan dalam *Petri Nets* pada Gambar 4.2. Pada aktivitas *CrossCheck* dilakukan pengambilan keputusan dengan parameter *PCPcost* dan *POcost*, yaitu jika *PCPcost* lebih kecil daripada *POcost* maka diperlukan pengulangan terhadap aktivitas PCP hingga mendapatkan hasil *PCPcost* lebih besar atau sama dengan *POcost*.



Gambar 4.2 *Graph Petri Nets Proses Bisnis*

4.2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan *query* terhadap *database* oleh pihak perusahaan. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah *event log* dari beberapa proyek yang telah diselesaikan PT. XYZ. Dalam hal ini proyek yang dimaksud adalah PLTU A dan jembatan B.

4.2.3 Strukturisasi dan Konversi Data

Dari data yang telah tersedia, dilakukan pengolahan terhadap data agar sesuai dengan struktur *event log* yang telah dijelaskan pada Subbab 2.1. *Event log* disimpan dalam file dengan format *.csv seperti yang terlihat pada Gambar 4.3.

ID	Activity	Time	Location
1	0306 SO	4/1/2013 14:11	MAR
2	0306 Index WO	4/1/2013 0:00	NRP
3	0306 MRF	5/18/2013 10:01	SAD
4	0306 DECI	9/25/2013 14:51	UTR
5	0306 PCP	9/25/2013 14:51	NRP
6	0306 PE	9/26/2013 10:45	LEV
7	0306 PO	9/27/2013 17:26	AHM
8	0306 WT Balance	10/2/2013 9:28	NRP
9	0306 Receiving	10/11/2013 18:39	DCO
10	0306 WIS	11/20/2013 0:50	CDP
11	0306 PE	11/29/2013 17:34	LEV
12	0306 PE	12/3/2013 9:34	LEV
13	0306 PE	12/5/2013 10:43	JND
14	0306 PE	12/5/2013 16:47	JND
15	0306 PE	12/5/2013 17:44	JND
16	0306 WIS	12/6/2013 0:00	CDP
17	0306 WIS	12/6/2013 0:00	CDP
18	0306 CPM/Pabricasi	12/7/2013 11:16	EEB
19	0306 PE	12/7/2013 11:42	WNT
20	0306 PE	12/23/2013 10:55	JND

Gambar 4.3 Potongan Event Log dalam *.csv

Kemudian dilakukan konversi data dari *event log* dengan format *.csv menjadi file *.mxml. Konversi dilakukan dengan *software Nitro*.

SO ID	Activity	Time	CreatedBy
5358	ID	4/12/2013 14:31	MAH
5358	Initial log	4/22/2013 0:00	MAH
5357	IMP	3/19/2013 15:01	BEJ
5354	DECE	4/25/2013 14:51	MAH
5354	RCP	3/25/2013 14:51	MAH
5354	PPL	3/22/2013 15:45	MAH
5354	PD	3/22/2013 17:26	MAH
5354	WDRadious	3/22/2013 9:20	MAH
5354	Responing	3/21/2013 11:19	MAH
5354	WB	11/30/2013 0:00	MAH
5354	PR	11/29/2013 17:34	MAH
5354	PR	12/3/2013 8:54	MAH
5354	PR	12/3/2013 10:43	MAH
5354	PR	11/29/2013 15:47	MAH
5354	PR	12/3/2013 17:44	MAH
5354	WB	12/6/2013 0:00	MAH
5354	WB	12/6/2013 0:00	MAH
5354	CPM/Assabadi	12/1/2013 11:56	MAH
5354	PR	12/1/2013 11:42	MAH
5354	PR	12/2/2013 11:05	MAH
5354	PR	12/3/2013 12:58	MAH
5354	PR	12/1/2013 0:00	MAH
5354	PR	12/2/2013 0:00	MAH
5354	PR	11/29/2013 15:47	MAH

Gambar 4.4 Tampilan *Event Log* pada Nitro

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa Nitro mendeteksi kolom SO ID sebagai *case*, kolom Activity sebagai *activity*, kolom Time sebagai *timestamp* dan kolom CreatedBy sebagai *resources*. Struktur data tersebut sesuai dengan struktur data yang diperlukan sebagai inputan ProM. Kemudian dilakukan konversi data ke dalam file dengan format *.xml. Potongan *event log* dalam format *.xml ditunjukkan pada Gambar 4.5.

```

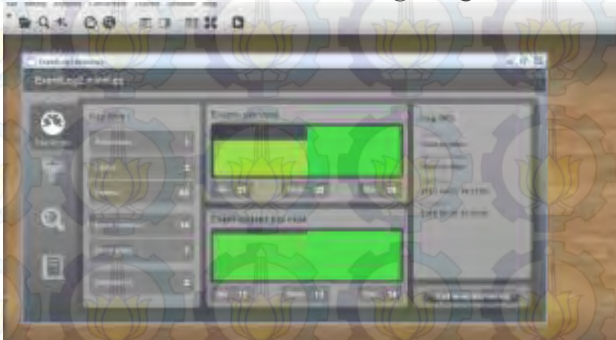
<ProcessInstance id="12062">
  <AuditTrailEntry>
    <WorkflowModelElement>SO</WorkflowModelElement>
    <EventType>complete</EventType>
    <Timestamp>2014-08-19T16:14:00.000+07:00</Timestamp>
    <Originator>EFA</Originator>
  </AuditTrailEntry>
  <AuditTrailEntry>
    <WorkflowModelElement>Indent WO</WorkflowModelElement>
    <EventType>complete</EventType>
    <Timestamp>2014-08-20T00:00:00.000+07:00</Timestamp>
    <Originator>HPI</Originator>
  </AuditTrailEntry>
  <AuditTrailEntry>
    <WorkflowModelElement>MRP</WorkflowModelElement>
    <EventType>complete</EventType>
    <Timestamp>2014-08-22T13:11:00.000+07:00</Timestamp>
    <Originator>NNK</Originator>
  </AuditTrailEntry>
</ProcessInstance>

```

Gambar 4.5 Potongan *Event Log* dalam *.mxml

4.3 *Process Mining*

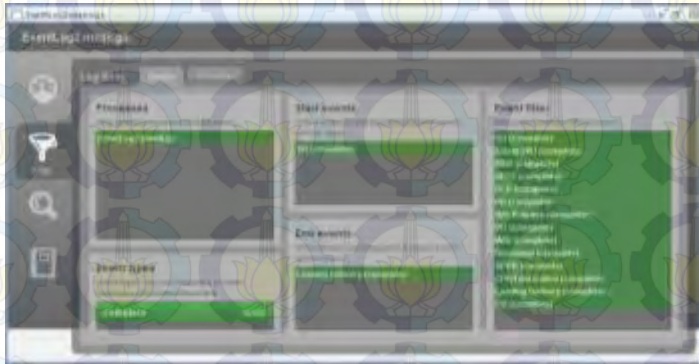
Tahapan ini dilakukan dengan ProM. Yang pertama dilakukan adalah membuka file *event log* dengan format *.mxml.



Gambar 4.6 Informasi *Event Log* pada ProM

Gambar 4.6 menunjukkan tampilan pada ProM setelah *event log* dimasukkan. Informasi mengenai *event log* yang terdapat pada gambar tersebut adalah terdapat 2 *case* dengan jumlah 65 *event log*. Selain itu, ProM memberikan informasi bahwa terdapat 14 *event*

cases atau aktivitas yaitu SO, *Indent* WO, MRP, DECE, PCP, PR, WO *Release*, PO, WIS, *Receiving*, SPPB, CPR/*Fabrication*, *Loading Delivery* dan FGI seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 Berikut:



Gambar 4.7 Informasi *Process* pada *Event Log*

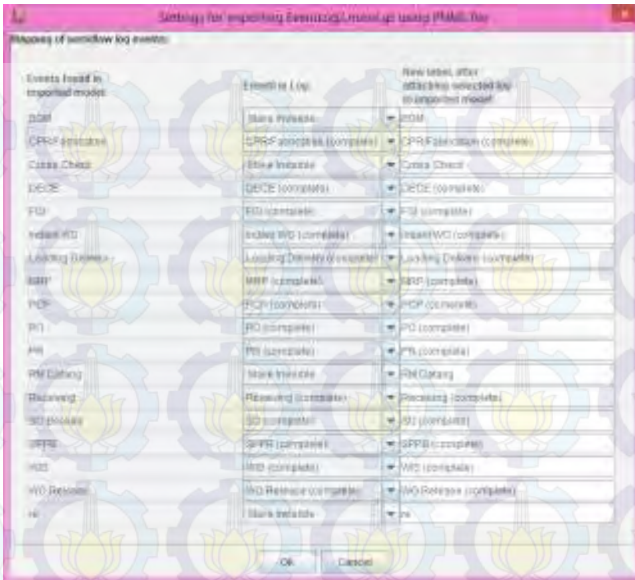
Dari Gambar 4.7 diketahui bahwa proses pada *event log* diawali dengan aktivitas SO dan diakhiri dengan aktivitas *Loading Delivery*. Namun pada *event log* tidak terdapat data mengenai aktivitas *CrossCheck*, BOM dan RM Datang seperti proses bisnis pada Gambar 4.1.

Kemudian langkah selanjutnya adalah membuka file proses bisnis dengan format *.pnml dengan pilihan With:Raw... seperti pada Gambar 4.8 berikut:



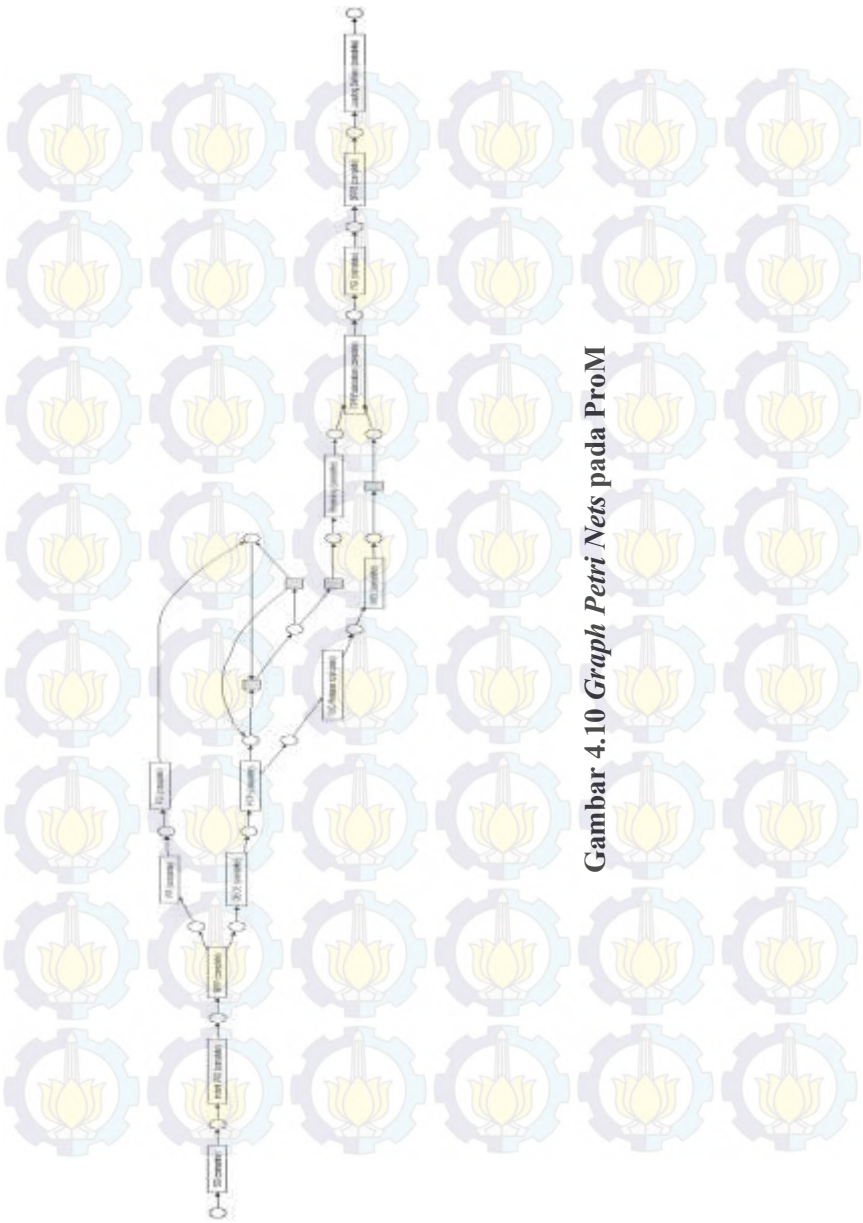
Gambar 4.8 Tampilan ProM Open PNML File

Sebelum melakukan *import Petri Nets* ke dalam ProM, perlu adanya *mapping* antara *event log* dengan *Petri Nets* yang ditunjukkan pada Gambar 4.9. Aktivitas *CrossCheck*, *re*, *BOM* dan *RM Datang* diberi nilai *invisible* karena aktivitas tersebut tidak terdapat pada *event log*.



Gambar 4.9 Pengaturan *Mapping*

Dari *mapping* yang dilakukan, diperoleh diagram alir *Petri Nets* dengan *invisible transition* yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Graph Petri Nets pada ProM

4.4 Eksport Model CPN dari ProM

Pada subbab ini dijelaskan mengenai tahapan memperoleh model CPN menggunakan plug-in *CPN Export* pada ProM. Langkah pertama untuk mendapatkan model CPN dengan ProM adalah memilih *plug-in* analisis yaitu *Export to CPN Tools 2.0*. Terdapat beberapa *setting* sebelum melakukan eksport model yaitu pengaturan konfigurasi, detail proses dan tampilan. Berikut penjelasan mengenai masing-masing *setting*.

4.4.1 Pengaturan Konfigurasi Model Simulasi

Pengaturan konfigurasi merupakan pengaturan utama yang memungkinkan pengguna untuk memilih opsi dimensi yang akan ditampilkan untuk menghasilkan model CPN yang sesuai dengan kebutuhannya. Bahkan, meskipun data *event log* yang ada memberikan informasi yang jelas mengenai suatu dimensi, namun jika opsi dimensi tersebut tidak dipilih maka informasi tersebut akan diabaikan. Sehingga pengaturan ini merupakan pengaturan utama dalam membentuk CPN. Gambar 4.11 menunjukkan pengaturan konfigurasi yang digunakan untuk membentuk model CPN pada penelitian ini.



Gambar 4.11 Tampilan Pengaturan Konfigurasi *CPN Export*

Pada pengaturan konfigurasi, terdapat dua macam opsi yaitu *perspective* dan *extras*. Pengaturan *perspective* terdiri dari:

1. *Data perspective* yang merupakan pengaturan mengenai keterlibatan atribut *case*. Dalam hal ini, atribut yang dimaksud adalah atribut *PCPcost* dan *POcost*. Karena kedua atribut tersebut memengaruhi simulasi terhadap model CPN, maka opsi ini dipilih.
2. *Time Perspective* yang merupakan pengaturan mengenai keterlibatan *execution time* dan *waiting time*. Opsi ini dipilih karena model yang di-generate membutuhkan data mengenai waktu untuk melakukan simulasi. Waktu yang dibutuhkan *timestamp* sehingga opsi *time* yang dipilih adalah *execution time*.
3. *Resource perspective* yang merupakan pengaturan mengenai keterlibatan *resource*. Model CPN yang akan di-generate memerlukan keterlibatan sumberdaya agar simulasi yang dilakukan sesuai dengan proses bisnis. *Pull work* merupakan opsi penggunaan *resource* ketika aktivitas mulai dieksekusi sehingga penggunaan *resource* hanya dipengaruhi oleh *execution time*, sedangkan *push work* merupakan opsi yang dipengaruhi oleh *waiting time* sekaligus *execution time*. Dari dua opsi tersebut, *pull work* lebih sesuai diterapkan pada simulasi model.

Sedangkan opsi *extras* terdiri dari:

1. *Current state support* yang digunakan untuk kemungkinan melakukan modifikasi terhadap model yang telah dilakukan simulasi.
2. *MXML logging* yaitu opsi mengenai diperlukan adanya catatan informasi mengenai simulasi yang dilakukan terhadap model. Catatan yang tersimpan dalam file dengan format **.mxml* tersebut akan berguna untuk analisis hasil simulasi sehingga opsi ini dipilih.
3. *Throughput time monitor* dan *resource availability monitor* merupakan opsi monitor yang berguna untuk memberikan

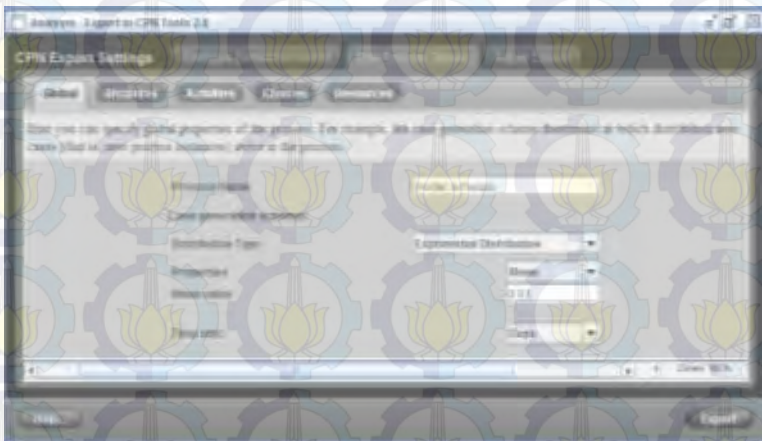
informasi mengenai *throughput time* dan *resource* yang tersedia ketika dilakukan simulasi terhadap model.

4.4.2 Pengaturan Detail Proses

Pengaturan detail proses berfungsi untuk melakukan manipulasi informasi tingkat tinggi yang dapat digunakan langsung untuk pembuatan model simulasi. Berikut adalah penjelasan lebih detail mengenai pengaturan setiap parameter yang digunakan.

4.4.2.1 *Global Setting*

Pada pengaturan global, seluruh pengaturan mengenai proses yang akan di-*generate* dapat disesuaikan. Pengaturan global yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Tampilan *Global Setting*

Case generation schema menentukan distribusi kedatangan *case* baru pada proses. distribusi yang digunakan adalah distribusi eksponensial.

4.4.2.2 *Attributes Setting*

Pada parameter ini, dapat dilakukan modifikasi, penghapusan dan pembuatan atribut baru, karena pada *event log* yang digunakan tidak terdapat atribut. Sedangkan pada Subbab 4.2.3 dijelaskan bahwa diperlukan atribut *PCPcost* dan *POcost* maka atribut tersebut dibuat secara manual dalam *setting* ini. *PCPcost* dan *POcost* memiliki tipe numerik.



Gambar 4.13 Tampilan *Attribute Setting*

Dalam *setting* ini, opsi *use initial value* dipilih sehingga nilai awal atribut *PCPcost* dan *POcost* diinisialisasi dengan nilai 0.

4.4.2.3 *Resources Setting*

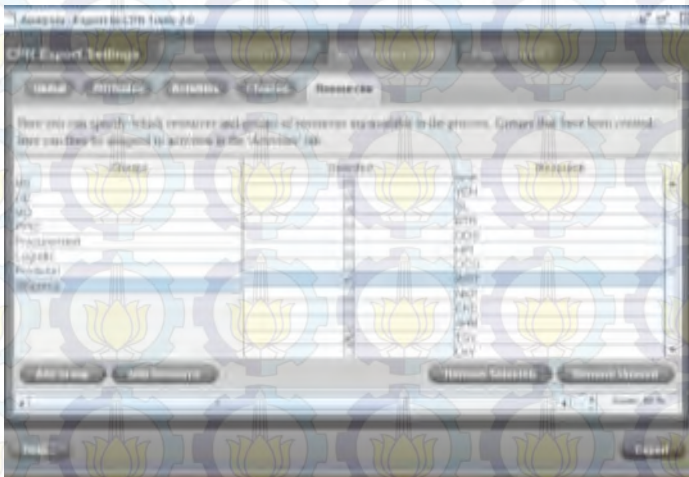
Dalam melakukan *generate* model simulasi, *resources* berfungsi sebagai perspektif organisasi. Telah dijelaskan pada Subbab 4.1 bahwa dalam pelaksanaan proses bisnisnya, PT. XYZ melibatkan pegawai pada departemen tertentu dalam menjalankan masing-masing aktivitas. Dalam hal ini, *resources* yang dimaksud adalah pegawai. Cara sederhana untuk melibatkan informasi peran

pegawai dalam simulasi model proses bisnis adalah dengan membuat kelompok *resources* sesuai dengan departemen yang terlibat dalam proses bisnis.

Berikut adalah kelompok yang dibuat:

1. *Marketing Sales* (MS)={IFA, MAR}
2. *Desain Engineering* (DE)={SLO, BTR,NNK,ANN}
3. *Manufacture Operational* (MO)={HPI, NKP,VDS}
4. PPIC={LKY, JND,IDP,CDF}
5. *Procurement*={AHM, YEN,TAN,WDJ}
6. *Logistic*={DCO, DDS,STI,CLS,RRN}
7. *Produksi*={EKS, WRT,ARS,HAW,ESP,BDI}
8. *Shipping*={TGV, SDP}

Kemudian pengelompokan tersebut digunakan untuk *setting resources* seperti yang terlihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Tampilan *Resources Setting*

4.4.2.4 *Activities Setting*

Pada parameter ini, dilakukan pengaturan *input*, *output*, *resource*, *execution time*, *waiting time*, dan *sorjourn time* dari setiap aktivitas. Dalam hal ini pengaturan *time* yang perlu

diperhatikan adalah *execution* dan *waiting time* sesuai dengan pengaturan konfigurasi sebelumnya memilih opsi *execution time + waiting time*. Untuk pengaturan *sorjourn time* diabaikan karena tidak akan memengaruhi model simulasi yang di-generate.

Aktivitas *CrossCheck* merupakan aktivitas yang memengaruhi proses pengambilan keputusan antara mengulangi PCP atau menuju ke proses selanjutnya yaitu RM Datang, sehingga aktivitas tersebut perlu dijadikan *visible*. Proses PCP memiliki output *PCPcost* sedangkan PO memiliki output *POcost*. Kemudian *PCPcost* dan *POcost* digunakan sebagai input pada aktivitas *CrossCheck*.

Opsi *group* untuk pengaturan *resource* disesuaikan dengan departemen yang terlibat pada setiap aktivitas sesuai dengan proses bisnis yang dijelaskan pada Subbab 4.1.

4.4.2.5 Choices Setting

Choices setting merupakan pengaturan syarat untuk melakukan pengambilan keputusan. Dalam proses bisnis ini, aktivitas yang melakukan pengambilan keputusan adalah *CrossCheck*. Pada Gambar 4.5 telah ditunjukkan kedua opsi pada aktivitas *CrossCheck* yaitu jika $PCPcost < POcost$ maka aktivitas PCP diulangi, sebaliknya jika $PCPcost \geq POcost$ maka *case* menuju pada aktivitas selanjutnya yaitu *invisible transition* yang menuju ke aktivitas *receiving*.

4.4.3 Pengaturan Tampilan

Pengaturan tampilan yang digunakan merupakan pengaturan *default*. *Screenshot* pengaturan tampilan ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Tampilan *Adjust Layout*

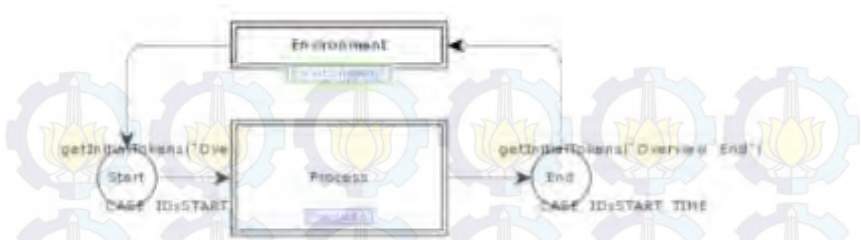
Kemudian setelah melakukan pengaturan setiap parameter pada masing-masing *setting*, maka dapat dilakukan ekspor model *coloured petri nets*.

4.5 Model CPN dari Proses Bisnis

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai representasi *Coloured Petri Nets* (CPN) yang merupakan *output* dari plug-in CPN *Export* yang telah dijelaskan pada Subbab 4.4. Berikut penjelasan detailnya.

4.5.1 Struktur Umum

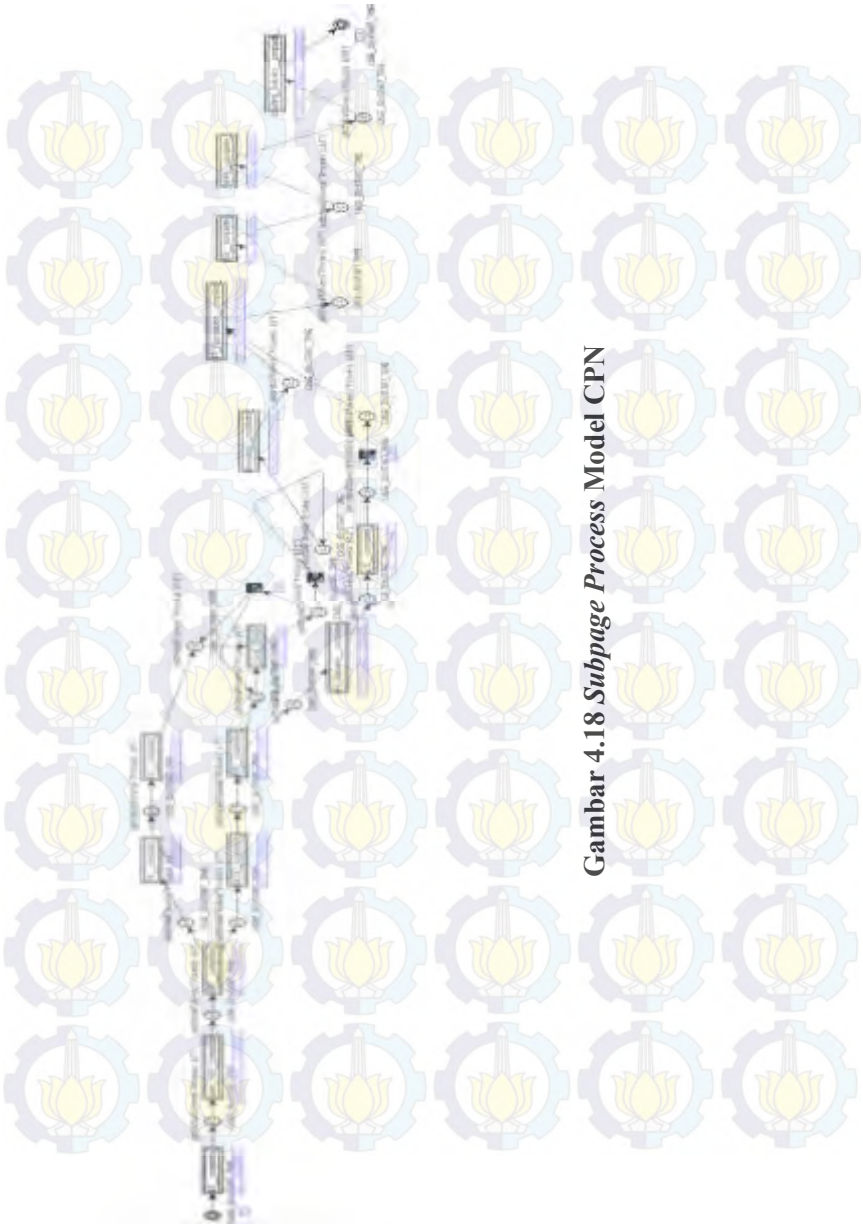
Setiap model CPN yang dibentuk dengan *plug-in* CPN *Export* memiliki halaman level tertinggi berupa *overview page* seperti pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Overview Page Model CPN

Dari Gambar 4.16 terlihat bahwa *environment* melakukan *generate case* yang ditempatkan pada *start place*. Kemudian dari *start place* setiap *case* melewati proses yang digambarkan sebagai *subpage process*. Setelah melewati *process*, *case* berada pada *end place* atau proses pada *case* tersebut telah selesai.

Environment digambarkan lebih rinci pada *subpage environment* yang ditunjukkan pada Gambar 4.17. Pada *Subpage* tersebut terdapat *color set* *CASE_ID* yang digunakan untuk menunjukkan suatu *case* tertentu. Variabel *c* merupakan variabel dengan tipe data *CASE_ID* yang menggambarkan suatu *case*. Dari gambar terlihat bahwa terdapat fungsi *c+1*, fungsi tersebut merupakan fungsi *default* yang merupakan cara sederhana untuk mendapatkan ID unik setiap kasus. Untuk mengatur kedatangan antar *case* digunakan distribusi eksponensial.



Gambar 4.18 Subpage Process Model CPN

Subpage process yang ditunjukkan pada Gambar 4.18 merupakan proses bisnis dari *start place* hingga *end place*. Setiap aktivitas pada *subpage process* memiliki *subpage* yang berisi informasi mengenai detail masing-masing aktivitas. Penjelasan mengenai *subpage* aktivitas terdapat pada Subbab 4.5.2.

4.5.2 Struktur *Subpage* Aktivitas

Setiap aktivitas atau transisi yang ada pada *subpage process* memiliki *subpage* yang terdiri dari dua transisi yaitu *start transition*, dan *complete transition*. Setiap *subpage* transisi berada diantara dua *place* yaitu *place* yang memiliki tipe port In dan *place* yang memiliki tipe *port-out*. Kedua *place* tersebut merupakan *place* dengan *color set* CADE_IDxSTART_TIME.

Selain memiliki dua *place* tersebut, setiap *subpage* aktivitas memiliki *execution place* yang dilambangkan dengan *place E* dan *resource place*. *Place E* merupakan *place* dengan *color set* CASE_IDxSTART_TIMEx(tipe *resource*). Sedangkan *resource place* merupakan *place* dengan *color set* ANYBODY yaitu himpunan yang berisi semua *resource* yang telah dijelaskan pada Subbab 4.4.2.3.

Setiap *place* dan *transition* yang terdapat pada masing-masing *Subpage* memiliki aturan *place* sebagai berikut:

1. *Place* tipe port In dengan *start transition* dan *end transition* dengan *place* tipe *port-out* dihubungkan dengan *Arc* yang memuat variabel (c,t)
2. Setiap *start transition* dan *place E* dihubungkan dengan *arc* yang memuat variabel (c,t,[tipe *resource*]) beserta *execution time*.
3. Setiap *place E* dan *complete transition* dihubungkan dengan *arc* yang memuat variabel (c,t,[tipe *resource*])
4. Setiap *complete transition* dan *resource place* dihubungkan dengan *arc* yang memuat variabel tipe *resource* begitu pula *arc* yang menghubungkan *resource place* dengan *start transition*.

Berikut adalah penjelasan dari masing-masing *subpage* aktivitas:

4.5.2.1 *Subpage SO*

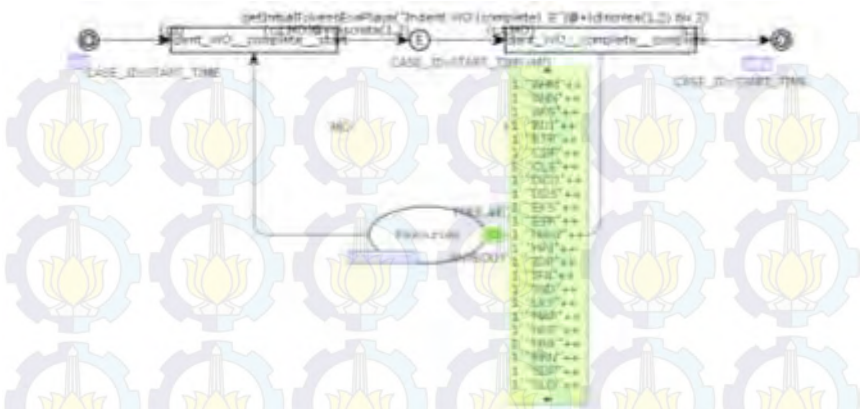
Pada Gambar 4.19 ditunjukkan bahwa *Subpage SO* memiliki *place* tipe *port-in* yaitu *place* p1 dan tipe *port-out* *place* p2. Aktivitas *SO* memerlukan *resource* yang bertipe *MS*. Waktu eksekusi aktivitas *SO* didefinisikan dengan fungsi *discrete(1,2)* yang artinya aktivitas ini memiliki waktu aksekusi minimum 1 satuan waktu dan maksimum 2 satuan waktu.



Gambar 4.19 *Subpage SO*

4.5.2.2 *Subpage Indent WO*

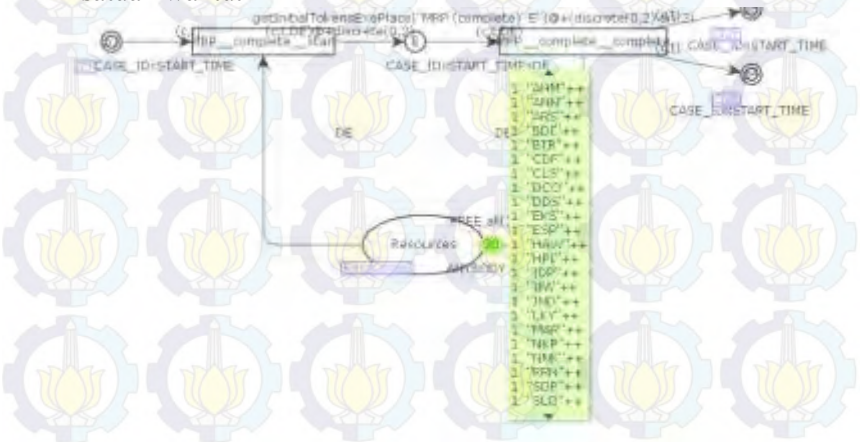
Gambar 4.20 menunjukkan *Subpage Indent WO* yang memiliki *place* tipe *port-in* yaitu *place* p2 dan tipe *port-out* *place* p3. Dalam gambar tersebut didefinisikan bahwa aktivitas *Indent WO* memerlukan *resource* yang bertipe *MO*. Waktu eksekusi aktivitas *Indent WO* didefinisikan dengan fungsi *discrete(1,2)* yang artinya aktivitas ini memiliki waktu aksekusi minimum 1 satuan waktu dan maksimum 2 satuan waktu.



Gambar 4.20 Subpage Indent WO

4.5.2.3 Subpage MRP

Subpage MRP ditunjukkan pada Gambar 4.21. Dalam gambar tersebut didefinisikan bahwa aktivitas MRP memerlukan *resource* yang bertipe DE. Waktu eksekusi aktivitas ini didefinisikan dengan fungsi *discrete(0,2)* yang artinya aktivitas ini memiliki waktu aksekusi minimum 0 satuan waktu dan maksimum 2 satuan waktu.



Gambar 4.21 Subpage MRP

Pada Gambar 4.21 juga ditunjukkan bahwa *Subpage* MRP memiliki dua *place* tipe port Out yaitu *place* p4 dan p5.

4.5.2.4 *Subpage* DECE

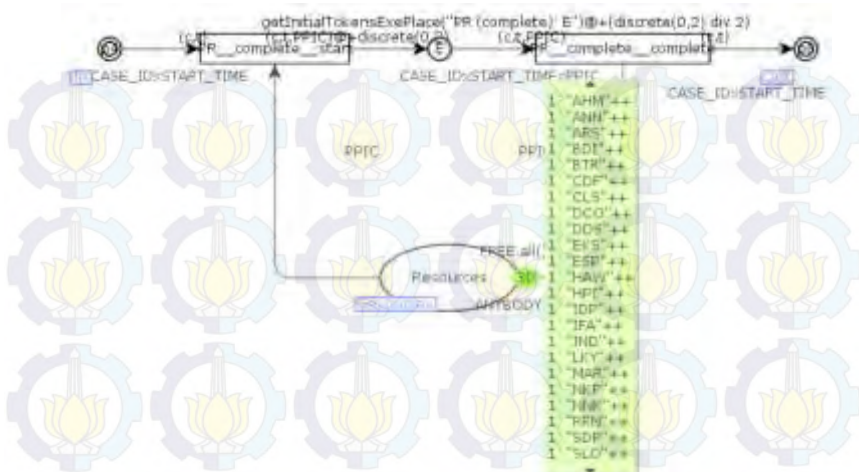
Aktivitas DECE sama seperti MRP yaitu dilaksanakan oleh departemen *design engineering*. Gambar 4.22 menunjukkan bahwa aktivitas DECE memerlukan *resource* yang bertipe DE. Waktu eksekusi aktivitas ini didefinisikan dengan fungsi *discrete(0,2)*.



Gambar 4.22 *Subpage* DECE

4.5.2.5 *Subpage* PR

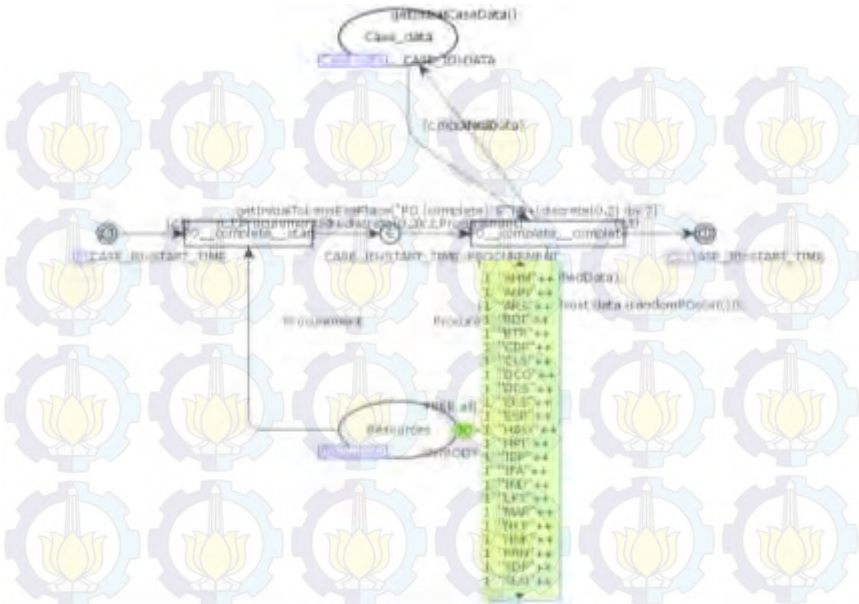
Subpage PR ditunjukkan pada Gambar 4.23. Dalam gambar tersebut didefinisikan bahwa aktivitas PR memerlukan *resource* yang bertipe PPIC. Waktu eksekusi aktivitas ini didefinisikan dengan fungsi *discrete(0,2)*.



Gambar 4.23 Subpage PR

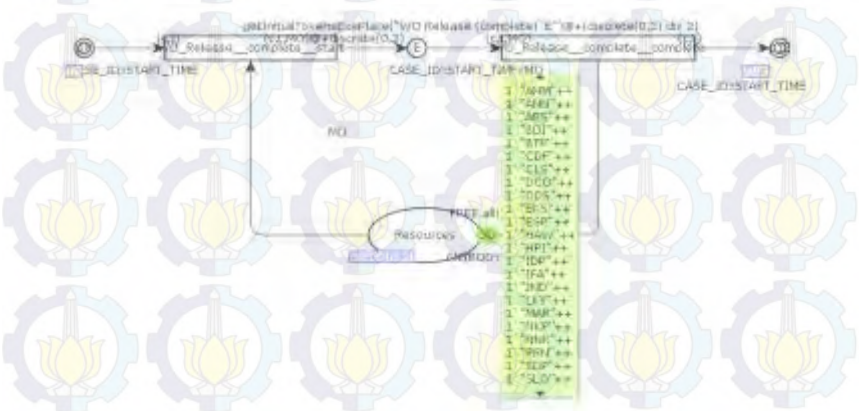
4.5.2.6 Subpage PCP

Gambar 4.24 menunjukkan bahwa aktivitas PCP memerlukan *resource* yang bertipe MO. Waktu eksekusi aktivitas ini didefinisikan dengan fungsi *discrete(0,2)*. Selain itu, aktivitas ini memiliki *output PCPcost* yang ditunjukkan pada *complete transition*. Nilai *PCPcost* diberikan dengan fungsi *randomPCPcost()*. Subpage PCP memiliki dua *place* tipe *port-out* yaitu p8 dan p9.



Gambar 4.25 Subpage PO

4.5.2.8 Subpage WO Release



Gambar 4.26 Subpage WO Release

Subpage WO release ditunjukkan pada Gambar 4.26. Dalam gambar tersebut didefinisikan bahwa aktivitas WO Release memerlukan *resource* yang bertipe MO. Waktu eksekusi aktivitas ini didefinisikan dengan fungsi *discrete*(0,2).

4.5.2.9 Subpage CrossCheck

Pada *Subpage* ini ditunjukkan bahwa aktivitas *CrossCheck* memiliki dua *place port* yaitu p9 dan p10. *Subpage* ini memiliki *input* dan *output* variabel data yang berisi *PCPcost* dan *POcost*. *Subpage* ini memerlukan *resource* dengan tipe MO.



Gambar 4.27 Subpage CrossCheck

4.5.2.10 Subpage WIS

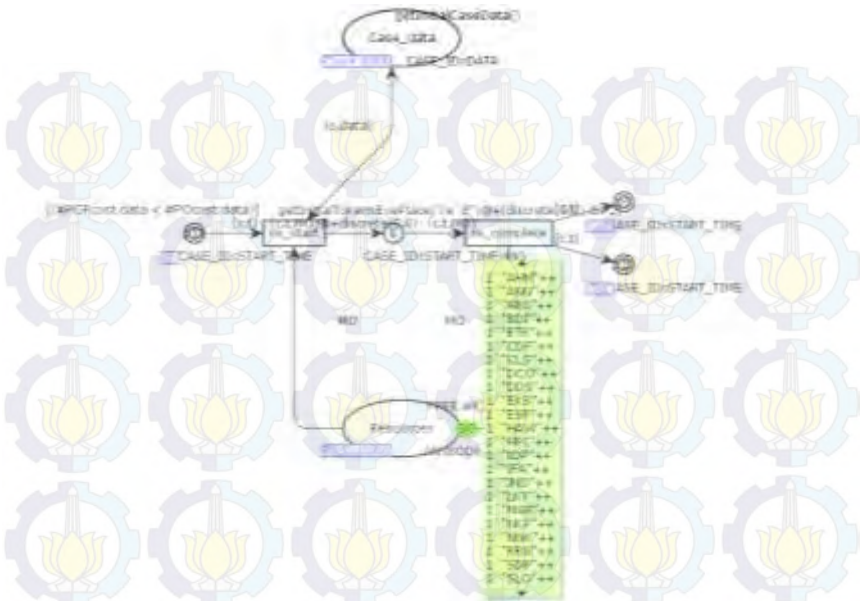
Gambar 4.28 menunjukkan bahwa aktivitas WIS memerlukan *resource* yang bertipe PPIC. Waktu eksekusi aktivitas WIS didefinisikan dengan fungsi *discrete*(0,2).



Gambar 4.28 Subpage WIS

4.5.2.11 Subpage Re

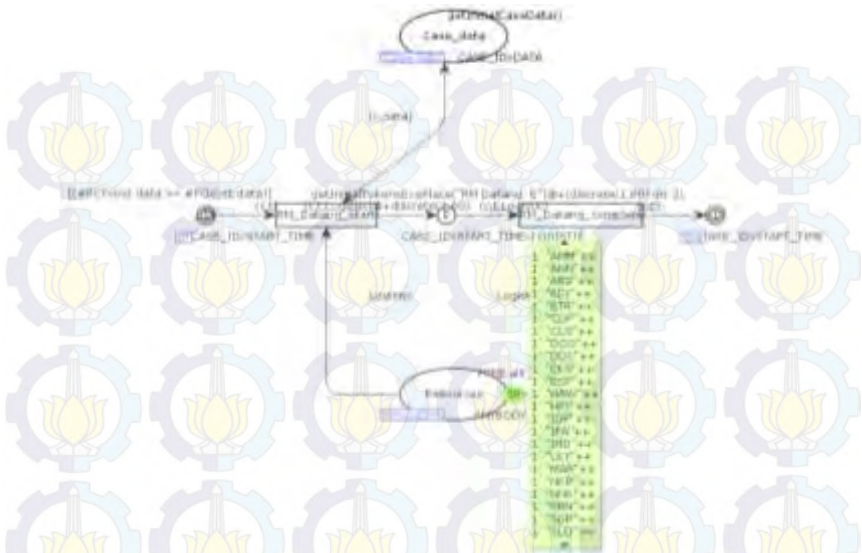
Aktivitas Re merupakan aktivitas yang sengaja diberikan untuk menangani kejadian $PCPcost < POcost$. Pada aktivitas ini dilakukan peninjauan ulang nilai $PCPcost$ dan $POcost$. Pada Gambar 4.29 ditunjukkan bahwa pada *start transition* diberikan fungsi $[(\#PCPcost \text{ data} < \#POcost \text{ data})]$ yang artinya adalah transisi Re akan berjalan jika terdapat kondisi $PCPcost < POcost$. Aktivitas ini dilakukan oleh MO, hal tersebut juga ditunjukkan pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Subpage Re

4.5.2.12 Subpage RM Datang

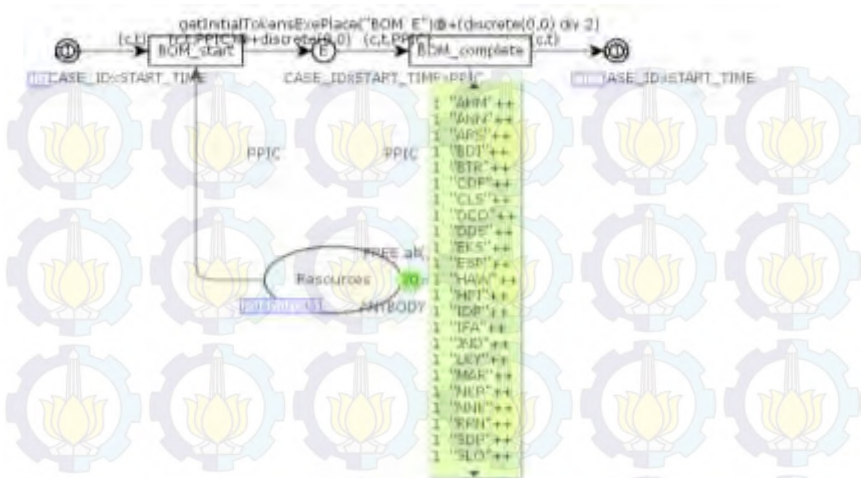
Berbeda dengan aktivitas Re, aktivitas RM Datang merupakan aktivitas yang dilakukan jika nilai $PCPcost$ lebih besar atau sama dengan nilai $POcost$. Pada Gambar 4.29 ditunjukkan bahwa pada *start transition* diberikan fungsi $[(\#PCPcost \text{ data} \geq \#POcost \text{ data})]$ yang artinya adalah transisi RM Datang akan berjalan jika terdapat kondisi $PCPcost \geq POcost$. Aktivitas ini dilakukan oleh *Logistic*, hal tersebut juga ditunjukkan pada Gambar 4.30. Aktivitas ini memiliki waktu eksekusi 1 hingga 60 satuan waktu yang didefinisikan dengan $disrete(1,60)$.



Gambar 4.30 Subpage RM Datang

4.5.2.13 Subpage BOM

Gambar 4.31 menunjukkan bahwa aktivitas BOM memerlukan *resource* yang bertipe PPIC.



Gambar 4.31 Subpage BOM

4.5.2.14 Subpage Receiving

Gambar 4.32 menunjukkan bahwa aktivitas *Receiving* memerlukan *resource* yang bertipe *Logistic*. Waktu eksekusi aktivitas *Receiving* didefinisikan dengan fungsi $discrete(0,2)$. dengan kata lain waktu yang dibutuhkan untuk eksekusi aktivitas *receiving* maksimal adalah 2 satuan waktu.



Gambar 4.32 Subpage Receiving

4.5.2.15 Subpage CPR/*Fabrication*

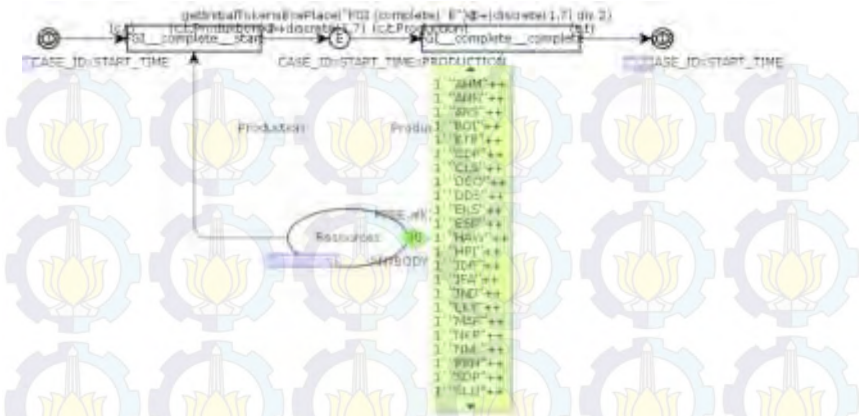
Gambar 4.33 menunjukkan bahwa aktivitas CPR/*Fabrication* memerlukan *resource* yang bertipe *Production*. Waktu eksekusi aktivitas ini didefinisikan dengan fungsi *discrete(10,180)*. Waktu tersebut sesuai dengan waktu dikerjakannya aktivitas fabrikasi. Selain itu, Gambar 4.33 menunjukkan bahwa *subpage* CPR/*Fabrication* memiliki dua *place* tipe *port-in* p15 dan p16.



Gambar 4.33 Subpage CPR/*Fabrication*

4.5.2.16 Subpage FGI

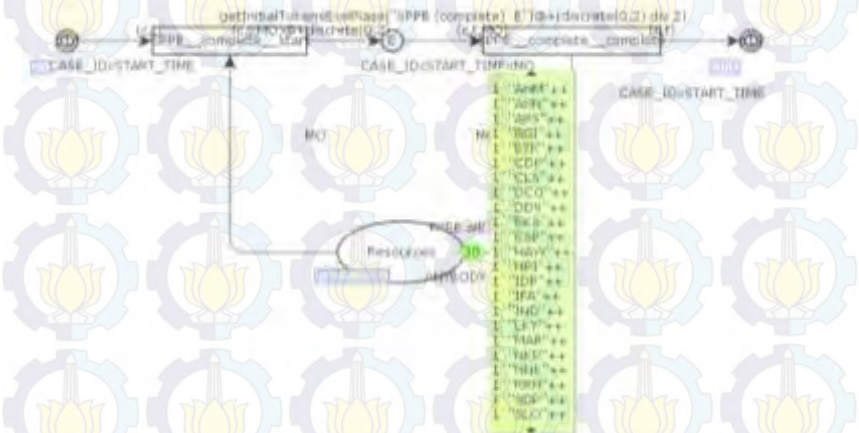
Gambar 4.34 menunjukkan bahwa aktivitas FGI memerlukan *resource* yang bertipe *Production*. Waktu eksekusi aktivitas WIS didefinisikan dengan fungsi *discrete(1,7)*.



Gambar 4.34 Subpage FGI

4.5.2.17 Subpage SPPB

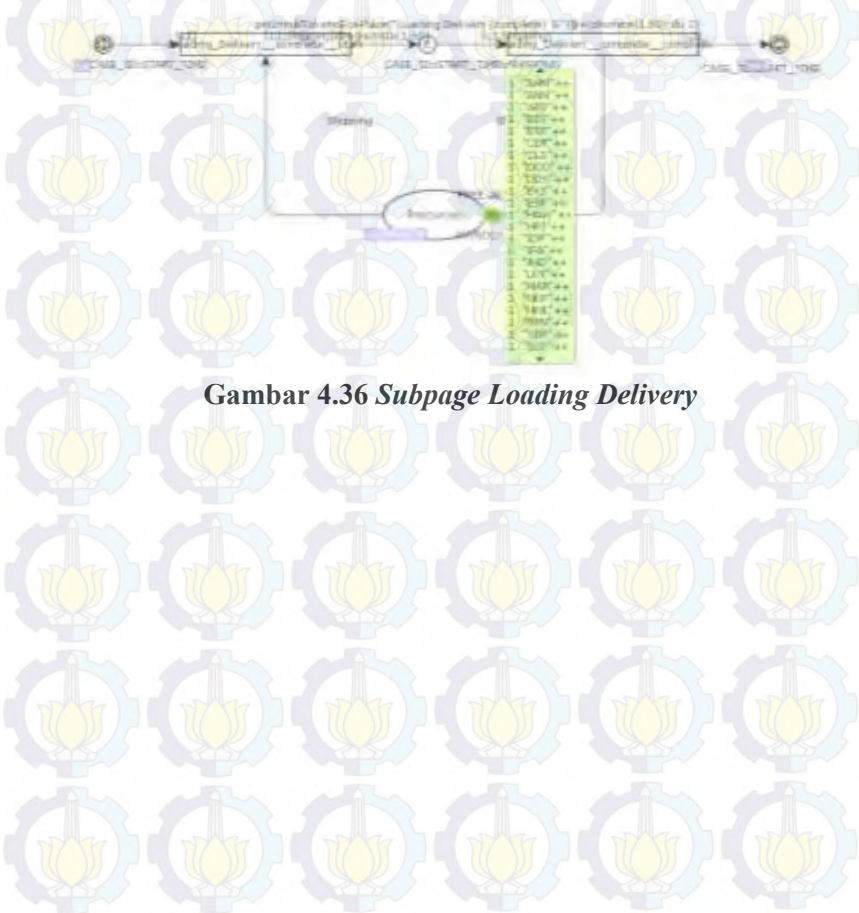
Gambar 4.35 menunjukkan bahwa aktivitas SPPB memerlukan *resource* yang bertipe MO. Waktu eksekusi aktivitas WIS didefinisikan dengan fungsi *discrete(0,2)* karena SPPB merupakan aktivitas dokumentasi.



Gambar 4.35 Subpage SPPB

4.5.2.18 *Subpage Loading Delivery*

Loading delivery merupakan aktivitas terakhir pada proses bisnis ini. *Subpage Loading Delivery* ditunjukkan pada Gambar 4.36. Dalam melakukan aktivitas ini, waktu yang diperlukan adalah antara 1 sampai 60 satuan waktu yang diberikan dengan nilai *random* dari fungsi *discrete(1,60)*. *Subpage* ini memerlukan *resource* dengan tipe *Shipping* dalam eksekusinya.



Gambar 4.36 *Subpage Loading Delivery*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai analisis dan simulasi dari model proses bisnis produksi PT. XYZ yang didapat dari Bab IV. Analisis proses bisnis yang dilakukan adalah berupa *conformance checking*, *reachability graph*, dan *bottleneck*. Sedangkan simulasi yang dilakukan adalah simulasi terhadap model *Coloured Petri Nets*.

5.1 Conformance Checking

Pada Subbab 2.5 telah dijelaskan mengenai *conformance checking*. Proses bisnis dapat dikatakan baik jika nilai dari ketiga dimensinya antara 0,9 sampai 1. Berikut adalah penjelasan mengenai hasil analisis dari masing-masing dimensi *fitness*, presisi, dan struktural menggunakan *plug-in conformance checker* pada ProM.

5.1.1 Dimensi Fitness

Graph dimensi *fitness* dari model proses bisnis oleh ProM ditunjukkan pada Gambar 5.1. Nilai *fitness* yang dihasilkan dari perhitungan oleh ProM adalah 0,442. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model tidak dapat menggambarkan kejadian sebenarnya dengan baik karena banyak *trace* dari *log* yang tidak dapat direkam oleh model. Pada Gambar 5.1 terlihat jumlah token pada setiap *place* yang mengalami *missing token* dan *remaining token*. Serta *transition* yang *failed*.

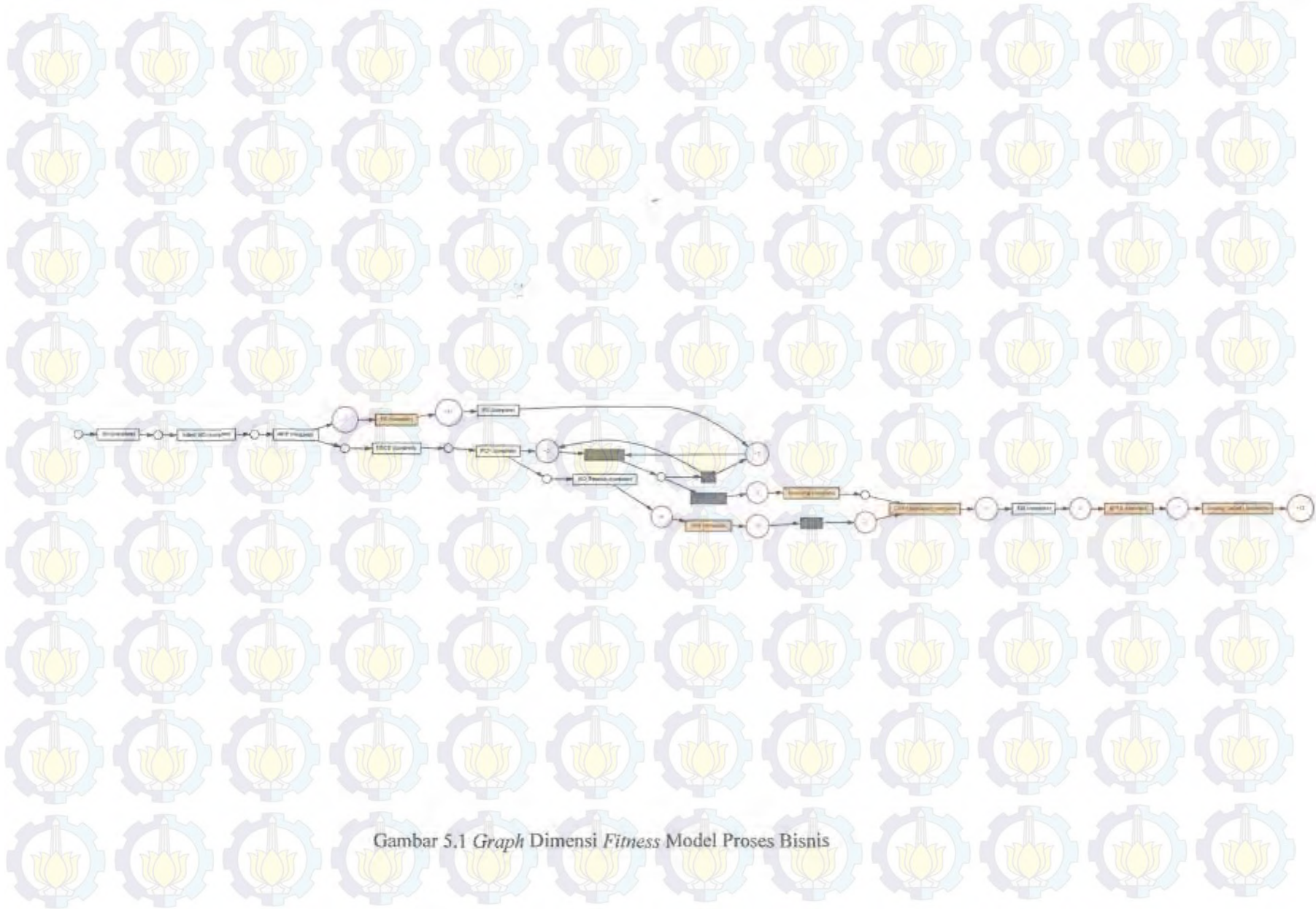
5.1.2 Dimensi Presisi

Gambar 5.2 merupakan hasil analisis dimensi presisi yang menunjukkan relasi *never follow*, *always follow*, *never precedes*, dan *always precedes*. Dari perhitungan ini, diperoleh nilai presisi dari model adalah 0,175 yang artinya kemungkinan *trace* yang dapat terbentuk di luar data *event log* dengan *trace* yang dibentuk berdasar *event log* memiliki perbedaan yang besar. Dengan

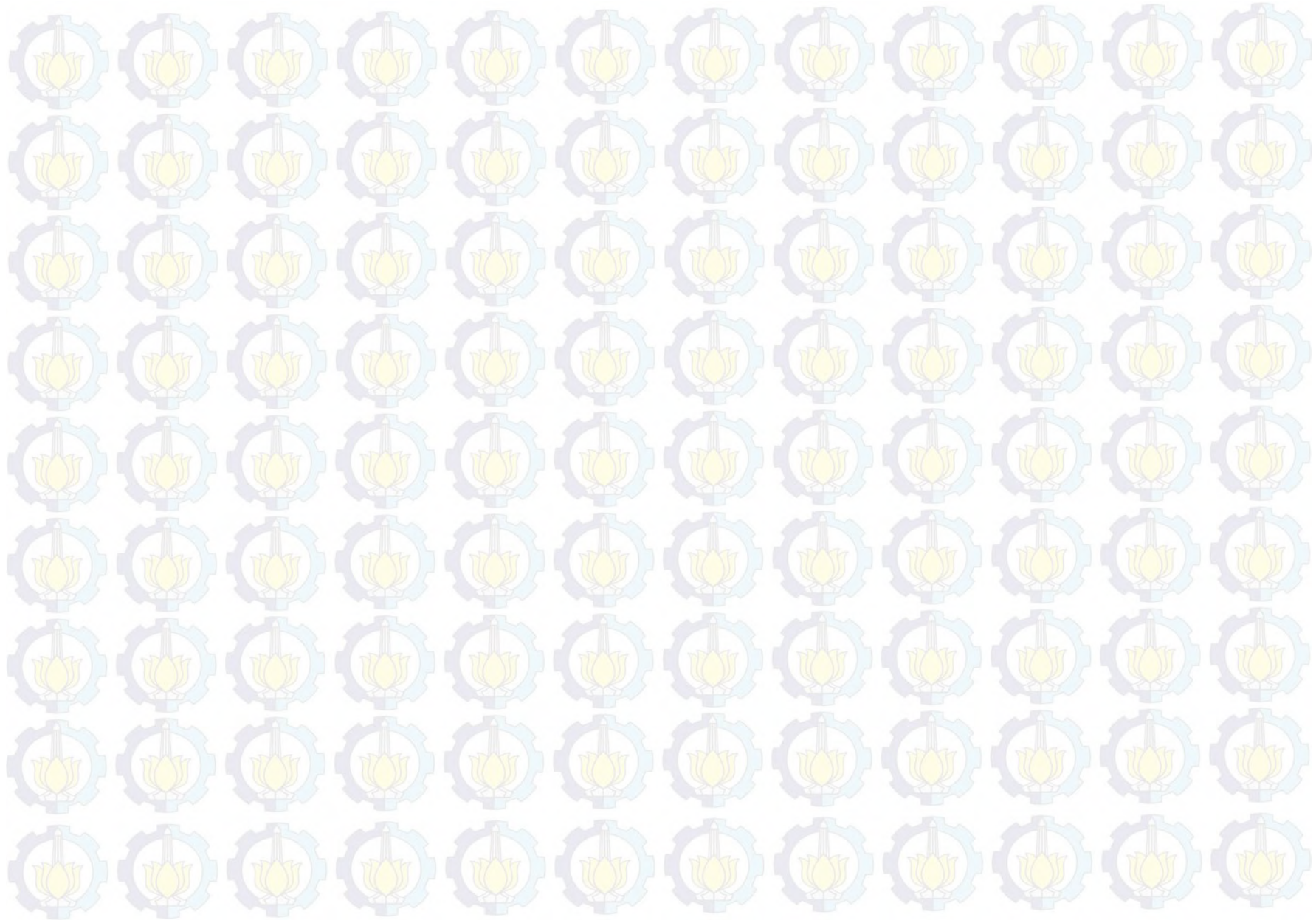
demikian, model tidak sesuai dengan kondisi kekinian proses bisnis berdasar dimensi presisi.

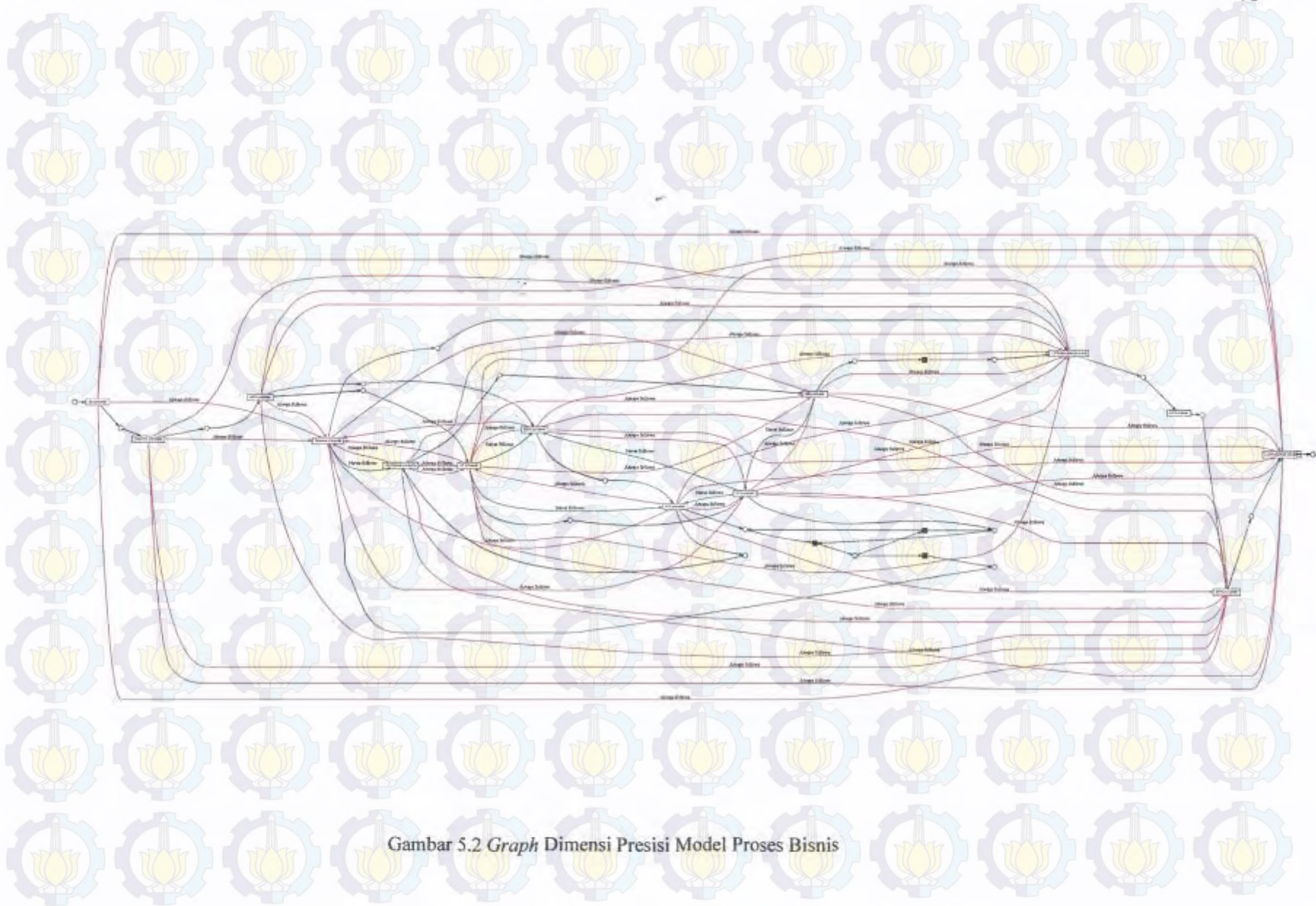
5.1.3 Dimensi Struktural

Pada Gambar 5.3 ditunjukkan bahwa model memiliki *redundant invisible task* yaitu pada transisi RM Datang dan BOM. Kedua transisi tersebut dikatakan *redundant* karena tidak terdapat data mengenai aktivitas RM Datang dan BOM, selain itu kedua aktivitas tersebut berada pada relasi yang berjalan lurus sehingga keberadaan kedua aktivitas tersebut dalam model tidak mempengaruhi kinerja dari model. Oleh karena itu, kedua aktivitas tersebut mengurangi nilai kesederhanaan dari model. Hasil penghitungan dimensi struktural yang dilakukan oleh ProM adalah 0,889. Nilai struktural tersebut menunjukkan bahwa model proses bisnis cukup baik dalam menangani proses XOR dan AND.

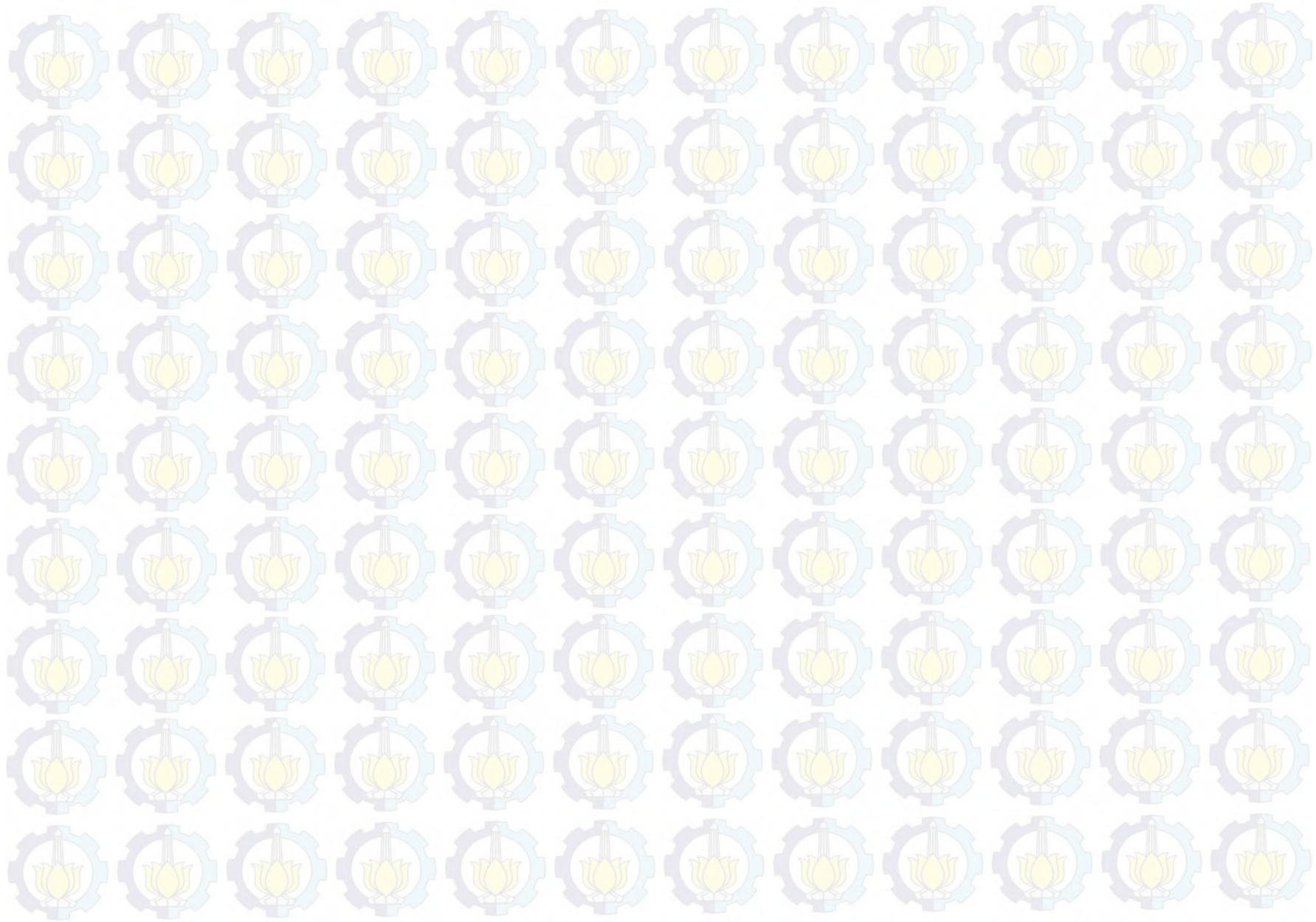


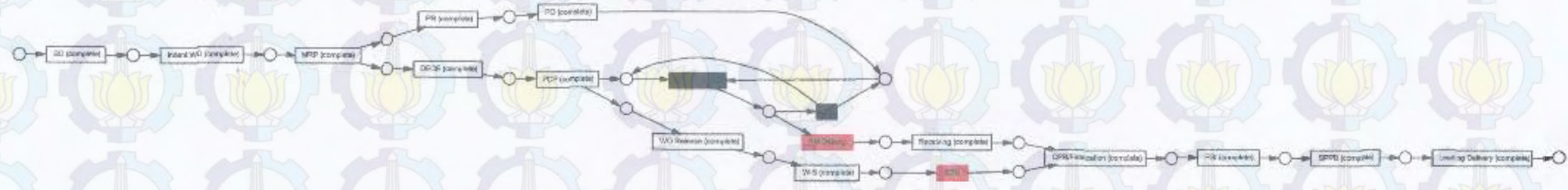
Gambar 5.1 *Graph* Dimensi *Fitness* Model Proses Bisnis



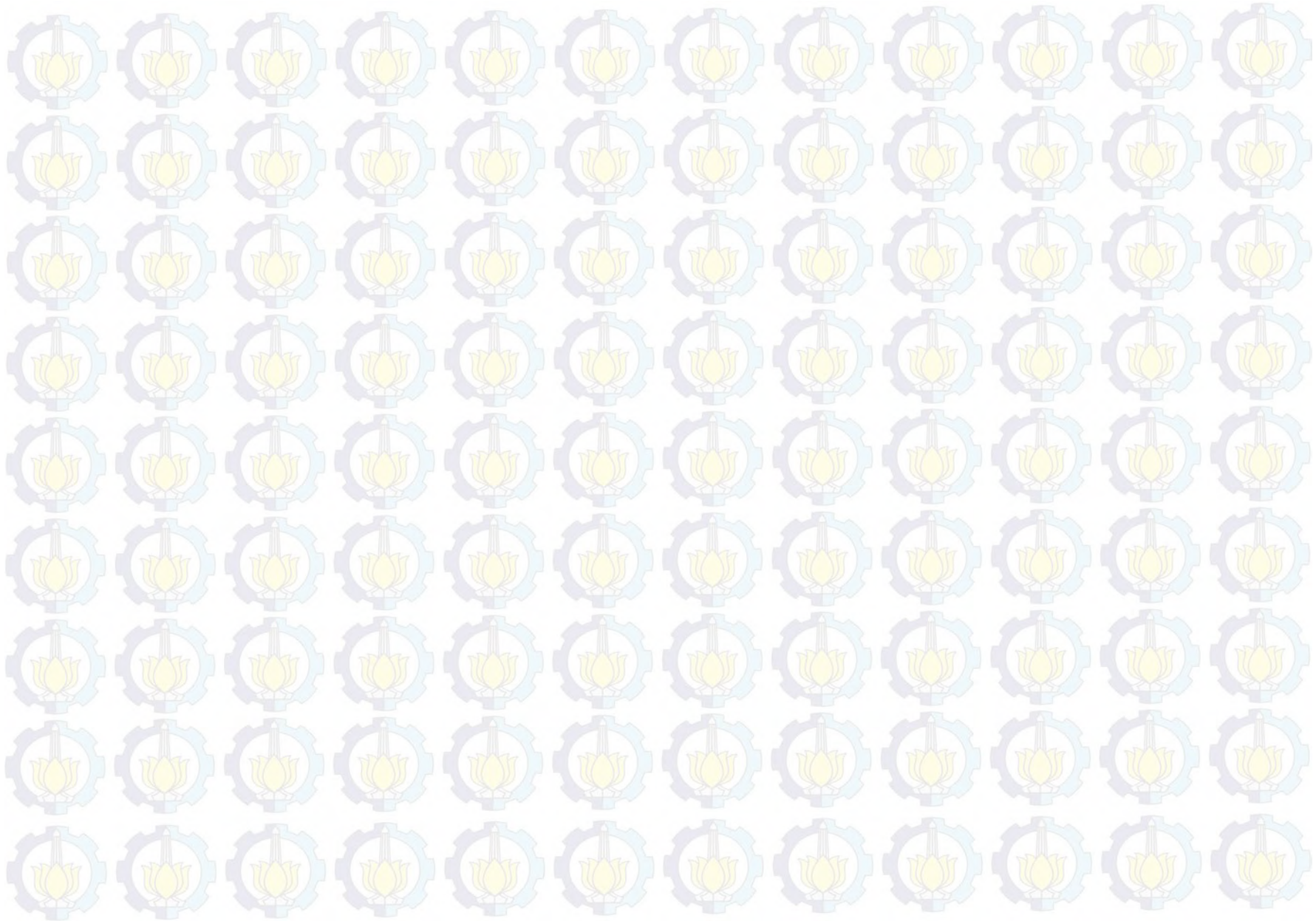


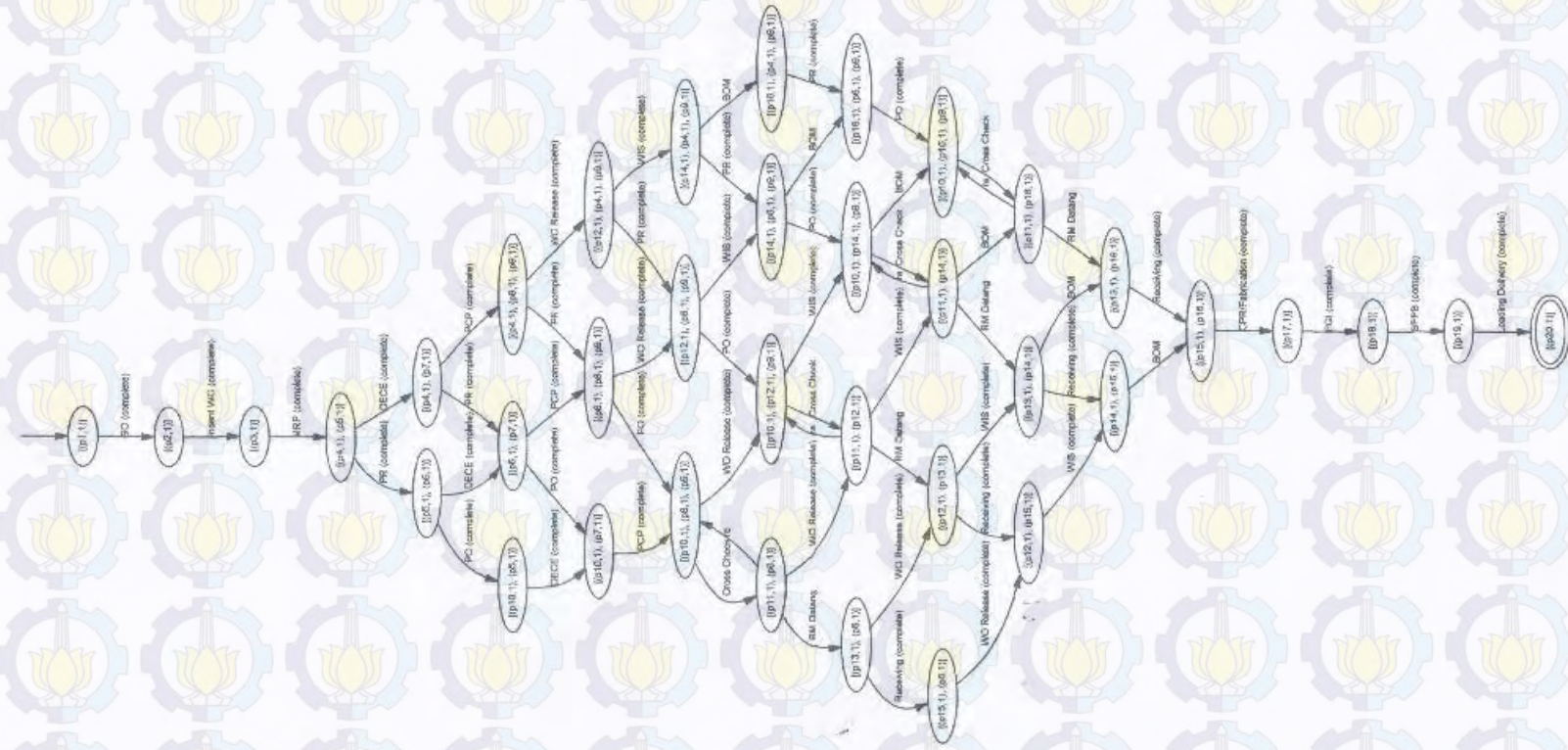
Gambar 5.2 Graph Dimensi Presisi Model Proses Bisnis



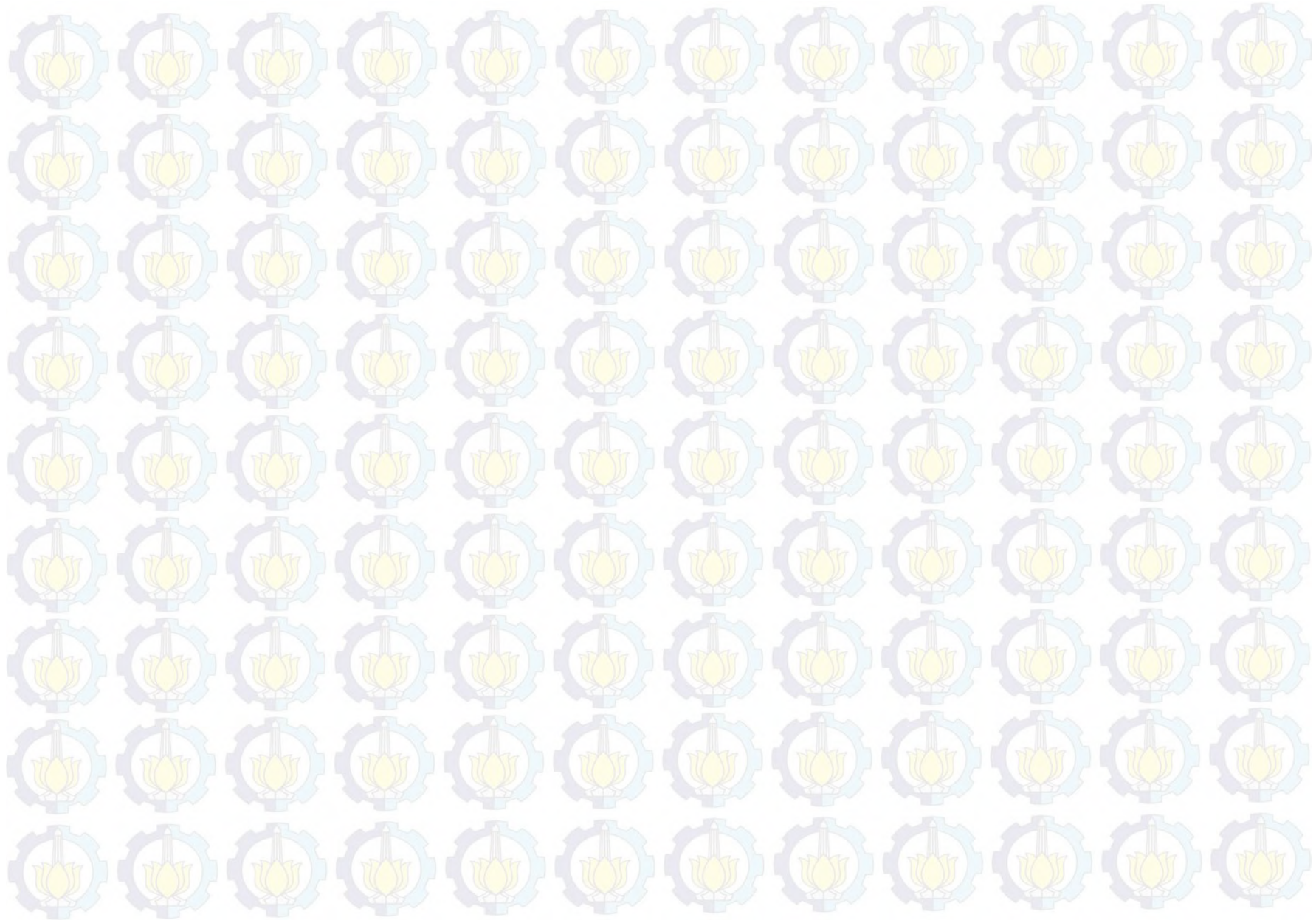


Gambar 5.3 Graph Dimensi Struktural Model Proses Bisnis





Gambar 5.4 Reachability Graph



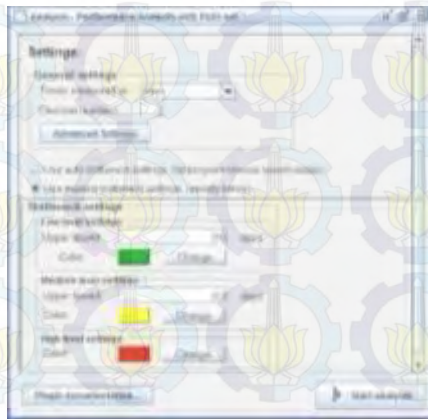
5.2 *Reachability Graph*

Reachability graph merupakan grafik yang menunjukkan semua kemungkinan *state space* yang terjadi. Gambar 5.4 merupakan *reachability graph* dengan token yang berawal pada *place p1* yang merupakan *start place* hingga *place p20* yang merupakan *finish place*. Dari gambar tersebut terlihat bahwa model dapat menjangkau semua aktivitas dari SO hingga *Loading Delivery* dan semua *place* yang ada. Karena semua aktivitas dan *place* dapat dijangkau maka kemungkinan alur yang terjadi diketahui dari *reachability graph*. Aktivitas *CrossCheck* dan *Re* merupakan aktivitas yang dilakukan secara berulang-ulang, hal tersebut telah ditunjukkan pada *reachability graph* yang membentuk relasi *invariants*.

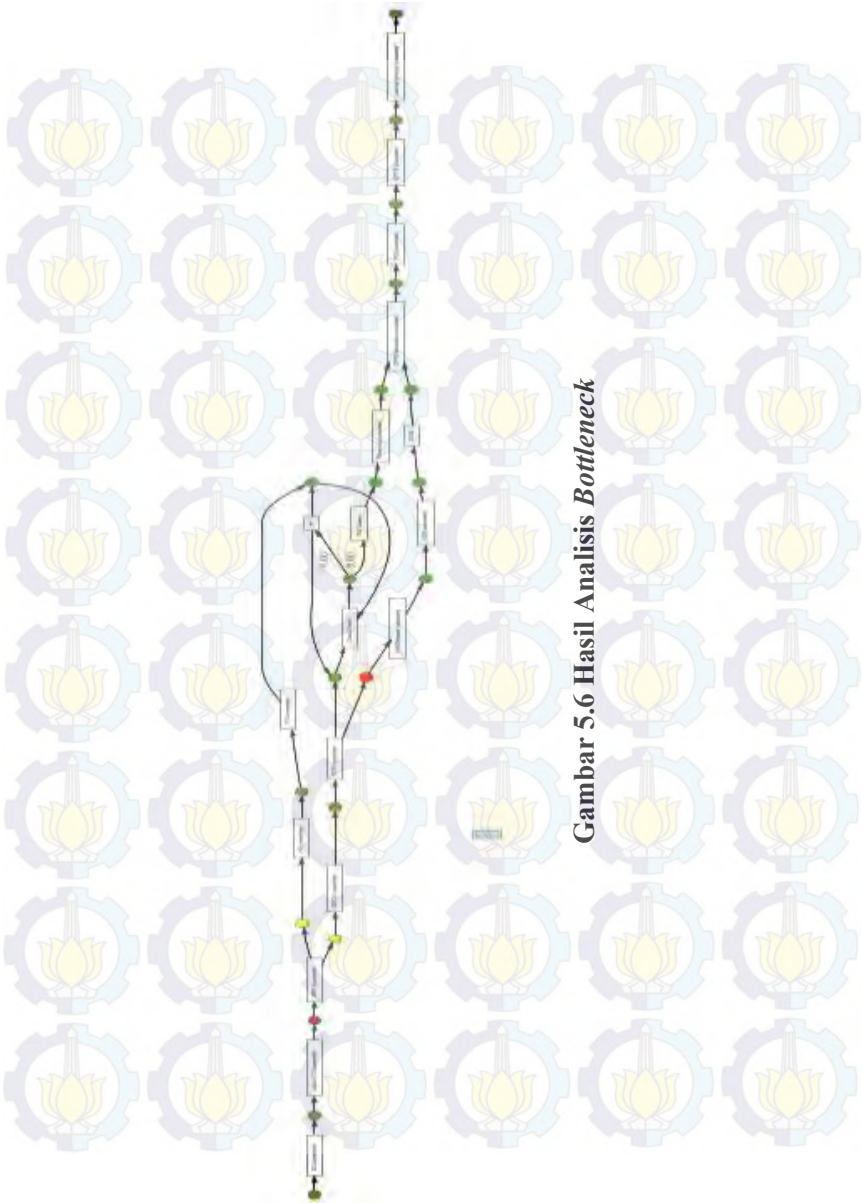
5.3 Analisis *Bottleneck*

Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.5 bahwa *bottleneck* dalam proses bisnis adalah aktivitas yang memerlukan waktu eksekusi yang lama.

Analisis *bottleneck* dilakukan dengan menggunakan plugin *performance analysis with petri nets* pada ProM. Sebelum analisis terhadap model petri nets dilakukan, muncul jendela *setting* seperti pada Gambar 5.5 Berikut:



Gambar 5.5 Tampilan *Setting Performance Analysis*



Gambar 5.6 Hasil Analisis Bottleneck

Satuan waktu yang digunakan dalam analisis *bottleneck* terhadap proses bisnis PT. XYZ adalah hari (*days*) karena menyesuaikan waktu eksekusi dan *delay* dari setiap aktivitas yang ada pada proses bisnis. Pada Gambar 5.5 ditunjukkan bahwa *place* yang memiliki *bottleneck* rendah atau tidak terjadi *bottleneck* diberi warna hijau, *bottleneck* dengan tingkat sedang diberi warna kuning, sedangkan *bottleneck* dengan tingkat tinggi diberi warna merah.

Hasil analisis *bottleneck* pada Gambar 5.6 menunjukkan bahwa *bottleneck* tingkat sedang terjadi pada proses SO – Indent WO. Sedangkan *bottleneck* tingkat tinggi terjadi pada proses Indent WO – MRP dan proses MRP – DECE. Berikut penjelasan masing-masing *bottleneck*:

1. Indent WO – MRP

	Waiting time (days)	Synchronization time (da...	Sojourn time (days)
avg	84.61	0.0	84.61
min	2.55	0.0	2.55
max	166.67	0.0	166.67
stdev	116.05	0.0	116.05
fast 25.0...	2.55	0.0	2.55
slow 25.0...	166.67	0.0	166.67
normal ...	0.0	0.0	0.0

Gambar 5.7 Bottleneck Indent WO – MRP

Indent WO dan MRP merupakan aktivitas dokumentasi. Dalam keadaan yang sesuai dengan prosedur perusahaan, seharusnya aktivitas dokumentasi dapat diselesaikan dalam waktu selambat-lambatnya 2 x 24 jam. Hasil analisis *bottleneck* memberikan informasi bahwa terjadi *waiting time* yang cukup lama pada proses ini yaitu dengan rata-rata 84,61. Berdasarkan wawancara yang dilakukan, penyebab *bottleneck* pada proses ini dapat dikarenakan perubahan permintaan material oleh *customer* sehingga perlu dilakukan peninjauan ulang terhadap informasi mengenai material yang digunakan untuk membuat dokumen MRP. Perubahan material memungkinkan terjadinya penambahan berat pada produk. Menurut prosedur perusahaan, jika berat setelah perubahan

material melebihi berat produk yang ada pada SO, maka SO mengalami *hold*. Terjadinya *hold* pada SO menyebabkan aktivitas yang lainnya tidak dapat dilakukan. Kemudian aktivitas dapat dilakukan lagi jika terdapat perubahan data yang menghasilkan nilai berat pada SO lebih besar dari nilai berat pada aktivitas selanjutnya.

2. PCP – WO Release

Proses PCP – WO Release juga merupakan aktivitas dokumentasi yang seharusnya dapat diselesaikan dalam waktu selambat-lambatnya 2 x 24 jam.

	Waiting time (days)	Synchronization time (da...	Sojourn time (days)
avg	6.78	0.0	6.78
min	6.78	0.0	6.78
max	6.78	0.0	6.78
stdev	0.0	0.0	0.0
fast 25.0...	0.0	0.0	0.0
slow 25.0...	0.0	0.0	0.0
normal ...	6.78	0.0	6.78

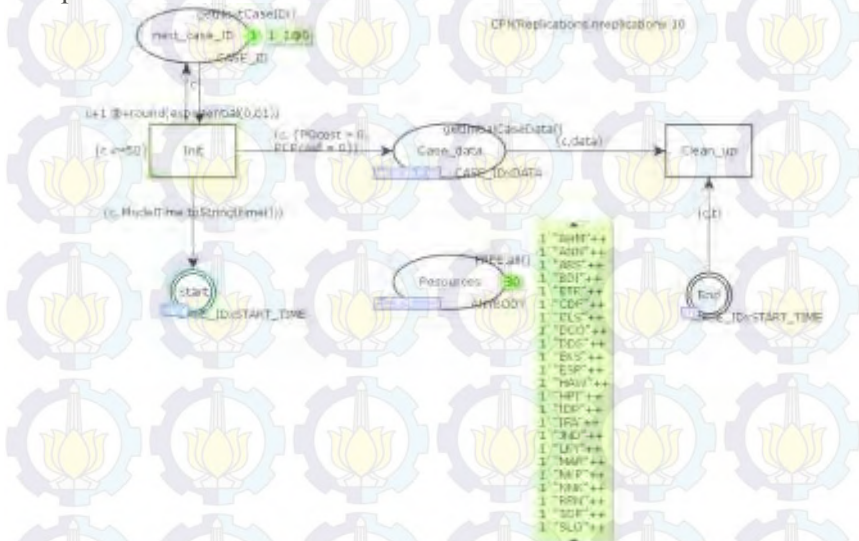
Gambar 5.8 Bottleneck PCP – WO Release

Gambar 5.9 memberikan informasi bahwa proses PCP – WO Release memiliki rata-rata *waiting time* selama 6,78 hari. Sehingga proses PCP – WO Release terindikasi sebagai *bottleneck*. *Bottleneck* pada proses ini dapat terjadi karena PCPcost lebih besar dari HPP (Harga Pokok Penjualan) atau dari SO *cost*. Hal tersebut menyalahi prosedur perusahaan yang seharusnya adalah $SO\ cost > HPP > PCP$. Sehingga belum dapat dilakukan release terhadap WO sebelum dilakukan revisi terhadap PCP hingga sesuai dengan *cost* pada prosedur perusahaan.

5.4 Simulasi Model

Simulasi terhadap model *Coloured Petri Nets* dilakukan dengan CPN Tools. Simulasi dilakukan secara otomatis

menggunakan fungsi pada *mining language* yaitu `CPN'Replications.nreplications n`, n digunakan untuk menentukan jumlah simulasi yang dilakukan. Pada penelitian ini menggunakan perulangan $n=10$ dengan 50 case yang ditangani untuk setiap simulasi. Banyak case ditentukan dengan fungsi perulangan pada *Init transition* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Simulasi Otomatis dengan CPN'Replications.nreplications n

Setiap simulasi yang dilakukan akan memberikan *output* monitor sesuai dengan pengaturan yang dilakukan. *Simulation report* memberikan hasil monitor terhadap masing-masing simulasi, sedangkan *replication report* memberikan hasil keseluruhan n simulasi (dalam hal ini simulasi yang dilakukan sebanyak $n=10$ kali). Pada Gambar 5.10 ditunjukkan pengaturan *simulation report* dan *replication report*. Untuk pengaturan monitor *simulation report* opsi yang diilih adalah rata-rata (*Average*), nilai terbesar (*maximum*), nilai terkecil (*minimum*) dan

jumlah (*sum*). Sedangkan untuk pengaturan monitor *replication report* dipilih opsi *average* (rata-rata), *confidence intervals for average* (90%, 95% dan 99%), *maximum* (nilai terbesar), *minimum* (nilai terkecil) dan standart deviasi.

- 
- Average
 - Confidence intervals for average
 - Number of observations
 - First value observed
 - Last value observed
 - Maximum
 - Minimum
 - Sum of squares
 - Sum of squares of deviation
 - Standard deviation
 - Sum
 - Variance
- Replication performance report
- Average
 - Confidence intervals for average
 - Number of observations
 - First value observed
 - Last value observed
 - Maximum
 - Minimum
 - Sum of squares
 - Sum of squares of deviation
 - Standard deviation
 - Sum
 - Variance

Gambar 5.10 Pengaturan Report Simulasi

Simulasi otomatis dan pengaturan monitor yang dilakukan menghasilkan *report* yang ditunjukkan pada Gambar 5.11. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa dengan melakukan simulasi otomatis sebanyak 10 kali dan setiap simulasinya sebanyak 50 *case* yang dieksekusi, rata-rata waktu eksekusi setiap *case* adalah 168 satuan waktu (dalam hal ini hari). Nilai tersebut dianggap wajar karena pada kenyataannya waktu eksekusi *project* dapat mencapai 1 tahun tergantung besar dari *project*.

CPN Tools Performance Report
 Net: /cygdrive/E/Eng/CPN/PB6_1/PB6_1.rpn
 Number of replications: 10

Statistics							
Name	Avg	80% Half Length	95% Half Length	99% Half Length	Std	Min	Max
Marking size Environment Resources_1							
count_id	1903.200000	16.102603	19.871298	28.350715	27.780089	1846	1938
max_id	30.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	30	30
min_id	23.300000	0.672100	0.829400	1.191667	1.159502	21	25
avg_id	28.277469	0.099337	0.121586	0.176130	0.171176	28.039152	28.550153
Throughput Time Monitor							
count_id	50.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	50	50
max_id	279.000000	1.752721	9.567187	13.745959	13.374955	264	298
min_id	60.300000	3.906509	7.288881	10.472534	10.189864	47	78
sum_id	8419.900000	150.916369	186.237222	267.382215	260.359772	7891	8760
avg_id	168.398000	3.018327	3.724744	5.331644	5.207195	157.820000	175.260000

Gambar 5.11 Replications Report

5.5 Rekomendasi

Dari analisis *conformance checking* yang telah dijelaskan pada Subbab 5.1, maka dilakukan beberapa modifikasi terhadap model proses bisnis seperti pada Tabel 5.1. Berdasarkan rekomendasi yang diberikan, dapat dibuat model proses bisnis dengan notasi *Petri Nets*. Selanjutnya, model ini dapat dianalisis dengan cara yang sama yang telah dilakukan pada model sebelumnya, sehingga didapatkan model proses bisnis yang memiliki tingkat kesesuaian lebih tinggi.

Tabel 5.1 Rekomendasi Proses Bisnis

No	Model Proses Bisnis yang Diterapkan	Data Event Log	Model Rekomendasi
1	Terdapat <i>transition</i> BOM dan RM Datang	Tidak terdapat data aktivitas BOM dan RM Datang	Menghilangkan <i>Transition</i>

			BOM dan RM Datang
2	Tidak terdapat relasi proses PR - PR	Terdapat banyak relasi PR - PR	Menambahkan relasi PR – PR

Tingkat kesesuaian model proses bisnis dengan *event log* berpengaruh terhadap kevalidan dalam melakukan evaluasi kinerja proses bisnis. Kevalidan analisis berpengaruh terhadap kesesuaian informasi mengenai keberadaan *bottleneck*. Diketuhiannya letak *bottleneck* dapat menjadi bahan evaluasi bagi perusahaan untuk mencari tahu penyebab terjadinya *bottleneck* tersebut. Sehingga perusahaan dapat melakukan evaluasi agar *bottleneck* yang sama tidak terjadi kembali. *Cost* yang dikeluarkan perusahaan dapat diminimalisir jika *bottleneck* yang terjadi dapat dihilangkan karena lama produksi juga mempengaruhi *cost*.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi tentang beberapa kesimpulan yang dihasilkan berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan. Selain itu, pada bab ini juga diberikan beberapa saran yang dapat digunakan jika penelitian ini ingin dikembangkan lebih lanjut.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Model CPN dapat menggambarkan proses bisnis yang diterapkan oleh PT. XYZ dengan melibatkan *resource* yang tersedia dan selang waktu eksekusi. Model CPN yang dihasilkan terdiri dari *overview page*, *environment page*, *process page*, dan *subpage* setiap proses.
2. Hasil simulasi terhadap model CPN menunjukkan bahwa rata-rata waktu eksekusi setiap *case* adalah 168 hari.
3. Hasil *conformance checking* menunjukkan bahwa model memiliki nilai *fitness* 0,441, nilai presisi 0,175, dan nilai struktur 0,889. Dari ketiga nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa tingkat kesesuaian antara proses bisnis dengan kondisi aktual rendah.
4. Hasil analisis *bottleneck* menunjukkan bahwa *bottleneck* terjadi pada proses:
 - a. Indent WO – MRP yang dapat dikarenakan perubahan permintaan material produk oleh *customer* sehingga perlu dilakukan peninjauan ulang terhadap data mengenai berat produk. Selain itu, perubahan material dapat menyebabkan terjadinya *hold* terhadap SO. Status *hold* yang terjadi pada SO menyebabkan aktivitas yang lainnya tidak dapat dilakukan sebelum nilai parameter berat yang diberikan sesuai dengan prosedur perusahaan yaitu nilai berat pada MRP kurang dari nilai berat pada SO.
 - b. PCP – WO Release yang dapat dikarenakan *cost* yang dihasilkan pada aktivitas PCP menyalahi prosedur

perusahaan yaitu $SO\ cost > HPP > PCP\ cost$. Sehingga perlu dilakukan revisi terhadap PCP sampai menemukan nilai *cost* yang memenuhi prosedur perusahaan.

5. *Bottleneck* seperti pada Indent WO – MRP dapat terjadi di setiap aktivitas dokumentasi pada proses bisnis yang melibatkan perubahan material. Begitu pula *bottleneck* seperti pada PCP – WO Release yang dapat terjadi di setiap aktivitas pada proses bisnis yang melibatkan perubahan material hingga menyebabkan perubahan *cost*.

6.2 Saran

Dengan melihat hasil yang dicapai pada penelitian ini, maka diberikan beberapa rekomendasi terhadap PT. XYZ maupun penelitian selanjutnya sebagai berikut:

6.2.1 Rekomendasi untuk PT. XYZ

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan maka diberikan rekomendasi untuk perusahaan sebagai berikut:

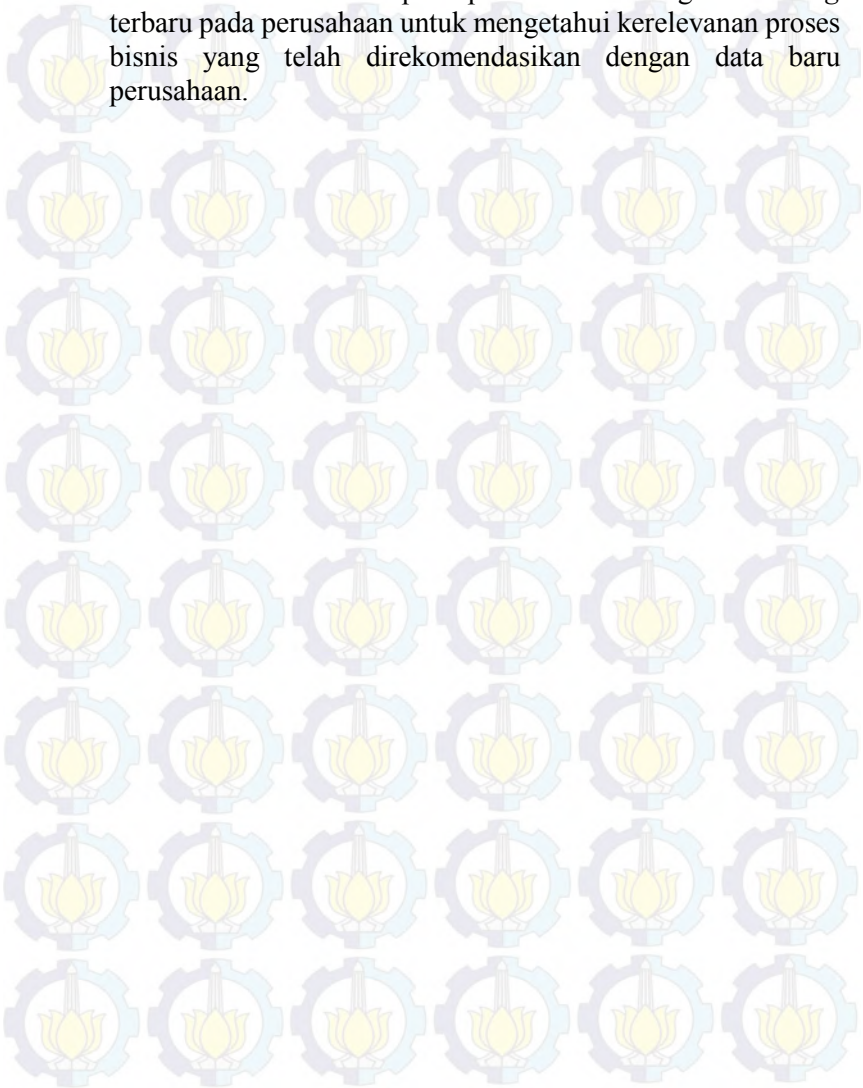
1. Melengkapi data *event log* mengenai aktivitas BOM dan RM Datang, sehingga data yang digunakan untuk analisis lebih valid.
2. Meminimalisir terjadinya perubahan material yang dapat menyebabkan terjadinya *bottleneck* sehingga membantu dalam meminimalisir *cost* produksi yang harus dikeluarkan.
3. Menggunakan rekomendasi sebagai bahan untuk merubah proses bisnis sebelumnya sehingga analisis proses bisnis yang dilakukan lebih valid untuk menjadi bahan pertimbangan evaluasi.

6.2.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penulis memberikan saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Menggunakan WO ID sebagai acuan atau case ID sehingga lingkup analisis yang dilakukan lebih detail.

2. Melakukan penelitian mengenai analisis proses bisnis yang telah direkomendasikan pada penelitian ini dengan *event log* terbaru pada perusahaan untuk mengetahui kerelevanan proses bisnis yang telah direkomendasikan dengan data baru perusahaan.





"Halaman ini sengaja dikosoongkan"

LAMPIRAN A

A.1 Event Log

SO ID	Activity	Time	CreatedBy
8386	SO	4/1/2013 14:31	MAR
8386	Indent WO	4/5/2013 0:00	NKP
8386	MRP	9/18/2013 16:01	SLO
8386	DECE	9/25/2013 14:51	BTR
8386	PCP	9/25/2013 14:51	NKP
8386	PR	9/26/2013 10:45	LKY
8386	PO	9/27/2013 17:26	AHM
8386	WO Release	10/2/2013 9:28	NKP
8386	Receiving	10/11/2013 16:19	DCO
8386	WIS	11/20/2013 0:00	CDF
8386	PR	11/29/2013 17:34	LKY
8386	PR	12/3/2013 9:34	LKY
8386	PR	12/5/2013 16:43	JND
8386	PR	12/5/2013 16:47	JND
8386	PR	12/5/2013 17:44	JND
8386	WIS	12/6/2013 0:00	CDF
8386	WIS	12/6/2013 0:00	CDF
8386	CPR/Fabrication	12/7/2013 11:36	EKS
8386	FGI	12/7/2013 11:42	WRT
8386	PR	12/23/2013 16:55	IDP
8386	PR	12/30/2013 12:56	IDP
8386	WIS	12/31/2013 0:00	CDF
8386	PR	1/2/2014 8:49	IDP
8386	PR	1/10/2014 9:50	IDP
8386	PR	2/13/2014 11:11	IDP

LAMPIRAN A (LANJUTAN)

SO ID	Activity	Time	CreatedBy
8386	SPPB	7/10/2014 0:00	VDS
8386	Loading Delivery	8/13/2014 12:30	TGU
12062	SO	8/19/2014 16:14	IFA
12062	Indent WO	8/20/2014 0:00	HPI
12062	MRP	8/22/2014 13:11	NNK
12062	DECE	8/22/2014 14:45	HPI
12062	PCP	8/23/2014 8:43	HPI
12062	PR	8/23/2014 11:17	LKY
12062	PR	8/23/2014 12:09	LKY
12062	WO Release	8/25/2014 0:00	HPI
12062	PR	8/25/2014 8:30	LKY
12062	PR	8/25/2014 11:03	NSA
12062	PO	8/27/2014 9:56	WDJ
12062	PR	8/27/2014 13:51	NSA
12062	WIS	8/28/2014 10:53	CDF
12062	PR	8/29/2014 13:56	NSA
12062	PR	8/29/2014 14:15	STJ
12062	Receiving	9/1/2014 9:49	DDS
12062	SPPB	9/2/2014 0:00	VDS
12062	SPPB	9/2/2014 0:00	VDS
12062	CPR/Fabrication	9/2/2014 15:24	ARS
12062	WIS	9/5/2014 16:20	IRK
12062	SPPB	9/6/2014 0:00	VDS
12062	Loading Delivery	9/8/2014 13:08	TGU

LAMPIRAN A (LANJUTAN)

SO ID	Activity	Time	CreatedBy
12062	Loading Delivery	9/8/2014 14:53	TGU
12062	PR	9/10/2014 14:36	STJ
12062	Loading Delivery	9/15/2014 10:49	TGU
12062	SPPB	9/22/2014 0:00	VDS
12062	SPPB	9/22/2014 0:00	VDS
12062	Loading Delivery	10/7/2014 8:38	TGU
12062	Loading Delivery	10/7/2014 8:49	TGU
12062	Loading Delivery	10/7/2014 8:49	SDP
12062	Loading Delivery	10/7/2014 11:55	SDP
12062	Loading Delivery	10/7/2014 16:18	SDP
12062	Loading Delivery	10/7/2014 16:18	SDP
12062	SPPB	10/20/2014 0:00	VDS
12062	FGI	9/4/2014 10:38	ESP
12062	Loading Delivery	10/28/2014 13:15	SDP
12062	Loading Delivery	10/28/2014 13:15	SDP
12062	Loading Delivery	10/28/2014 13:16	SDP
12062	Loading Delivery	10/29/2014 14:18	SDP

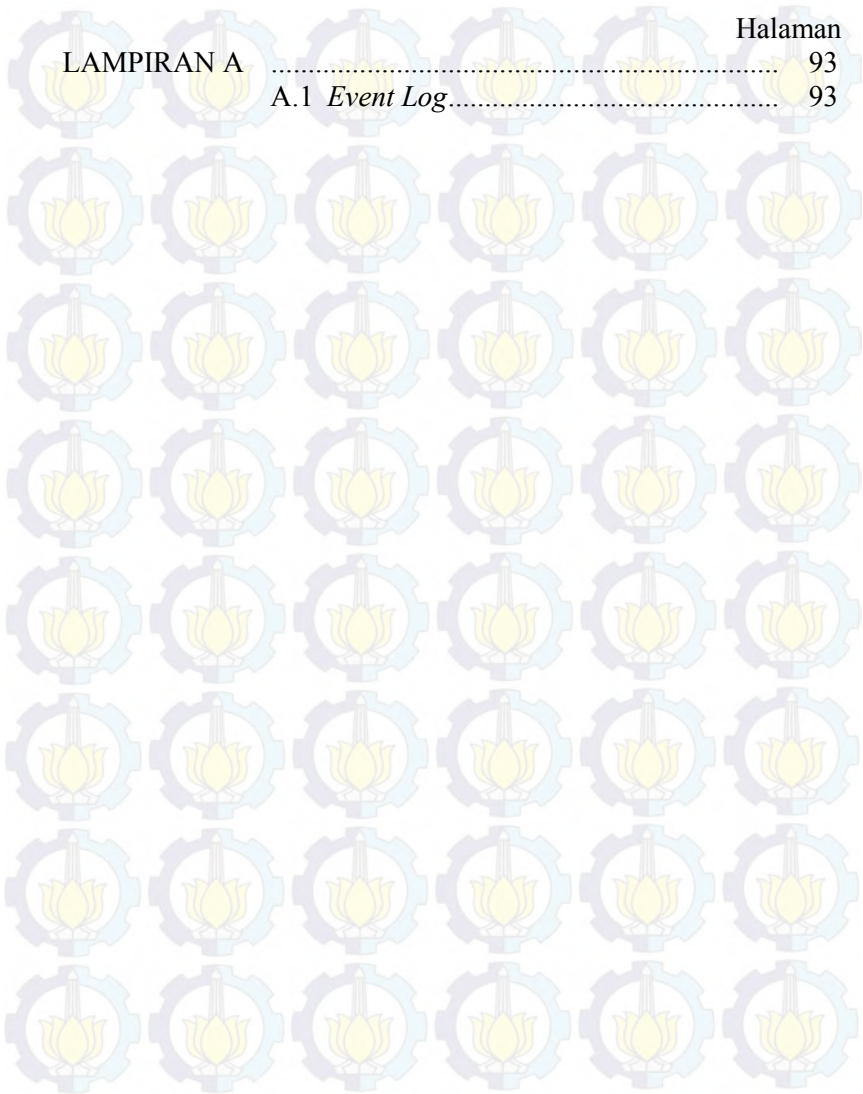
LAMPIRAN A (LANJUTAN)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A	93
A.1 <i>Event Log</i>	93





“Halaman ini sengaja dikosongkan”