

# Aplikasi Jaringan Petri dalam Pemodelan Pengelolaan Barang dalam Gudang

Roland Hartanto (13515107)  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
13515107@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak**—Pengelolaan gudang merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan oleh sebuah perusahaan untuk memelihara kelangsungan produksinya agar berjalan rapi dan lancar. Setiap pengusaha perlu memahami betul bagaimana cara mengelola alur pergerakan dalam gudangnya. Selain untuk kelancaran produksi, pengelolaan gudang juga bermanfaat untuk mengontrol barang-barang yang ada dalam gudang agar barang tidak rusak karena tanggal kadaluarsa tidak terkontrol. Penulis menerapkan pemodelan matematika berupa jaringan petri dalam merencanakan pengelolaan barang dalam gudang. Dengan jaringan petri, analisis lebih mudah dilakukan untuk mengecek pergerakan barang dalam gudang.

**Kata kunci**—Aplikasi Graf, Jaringan Petri, Pengelolaan Gudang, Pengelolaan Alur Pergerakan Barang.

## I. PENDAHULUAN

Gudang sebuah perusahaan merupakan tempat penyimpanan barang sementara, baik bahan baku, barang setengah jadi, ataupun barang jadi yang siap diperdagangkan. Dalam menjalankan usaha, sebuah perusahaan harus pandai dalam mengelola gudangnya. Bagi para pengusaha yang baru, masalah pengelolaan gudang ini sering sekali tidak diperhatikan, padahal gudang sangat erat kaitannya dengan penjualan. Kurangnya ketersediaan barang dalam gudang akan menyebabkan kerugian dalam penjualan. Mungkin banyak orang menganggap masalah ini dapat diselesaikan dengan hanya cukup menambahkan saja jumlah barang dalam gudang sebagai cadangan. Walaupun kelebihan stok barang dapat mencegah kerugian, kelebihan stok yang berlebihan juga akan dapat menyebabkan kerugian apalagi jika barang yang dijual memiliki jangka waktu kadaluarsa.

Pengelolaan gudang merupakan sebuah cara yang dapat dilakukan untuk mengatur seluruh kegiatan yang berkaitan dengan penyimpanan barang sementara. Kegiatan yang dilakukan dalam sebuah gudang biasanya adalah penerimaan barang dari pemasok, penyimpanan barang, pengiriman atau pengeluaran barang ke tujuan, pencatatan sisa barang yang masih ada dalam gudang, dan lain-lain. Dengan sistem pengelolaan gudang yang baik, seorang pengusaha dapat dengan mudah mengendalikan proses

pergerakan barang, penyimpanan barang, dan juga jumlah barang yang masih tersedia dalam gudang setiap waktu.

Untuk mengelola sebuah gudang dibutuhkan suatu perencanaan. Perencanaan dapat berupa perencanaan alur pergerakan barang, penataan barang dalam ruangan, penjadwalan pendataan, pembelian, pengiriman, pengamanan barang dalam gudang, dan masih banyak lagi. Perencanaan tersebut dapat dimodelkan dalam bentuk sebuah graf yang sesuai dengan tujuan perencanaan. Salah satu bentuk graf yang digunakan kali ini dalam pemodelan adalah jaringan petri (*petri nets*). Jaringan petri ini sangat baik digunakan dalam menggambarkan alur pergerakan barang dalam sebuah gudang. Dengan pemodelan ini, seorang pengusaha dapat lebih mudah dalam menganalisis pergerakan barang-barang baik barang yang masuk atau keluar gudang.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Jaringan Petri (*Petri Nets*)

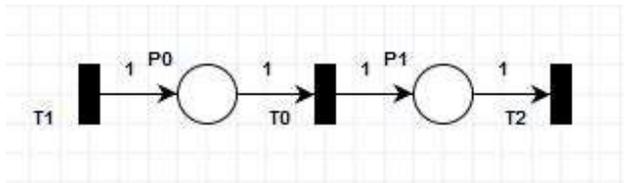
Jaringan petri merupakan salah satu bentuk graf yang banyak digunakan dalam berbagai disiplin ilmu. Pada dasarnya bentuk dari jaringan petri adalah graf berarah [1]. Jaringan petri sangat berguna dalam membuat model sebuah sistem. Sistem yang dimaksud bisa apa saja seperti proses yang terjadi saat program berjalan, jaringan komputer, jaringan komunikasi, sistem otomatis, bahkan proses yang tidak berhubungan dengan komputer seperti reaksi kimia, proses-proses biologi, dan lain-lain. Keunggulan dari jaringan petri dibandingkan dengan graf biasa adalah kita dapat mengamati perubahan yang terjadi dalam suatu sistem dalam suatu jangka waktu.

Selain berguna dalam mempelajari suatu hal, jaringan petri juga dapat digunakan untuk merencanakan suatu sistem yang akan kita buat seperti sistem produksi dalam suatu industri, sistem transportasi dalam perumahan, sistem pembuangan sampah, sistem distribusi barang, dan lain-lain. Dengan menggunakan jaringan petri, kita dapat dengan mudah mengamati setiap proses yang terjadi. Selain itu, kita juga dapat lebih mudah dalam memperbaiki apabila terjadi kesalahan.

Sebuah jaringan petri memiliki empat komponen, yaitu,

sebuah himpunan  $P$  yang menyatakan tempat (*places*), sebuah himpunan  $T$  yang menyatakan transisi (*transitions*), sebuah fungsi masukan  $I$ , dan sebuah fungsi keluaran  $O$  [1]. Tempat merupakan komponen yang pasif dalam sebuah sistem, sedangkan transisi merupakan komponen yang aktif. Tempat hanya berfungsi untuk menyimpan sesuatu yang biasa digambarkan dalam bentuk sebuah titik dan sebagai sebuah status dalam sistem. Transisi berperan aktif dalam sebuah sistem karena dapat menghasilkan sesuatu, memindahkan sesuatu, dan menunjukkan perubahan dalam sebuah sistem. Fungsi masukan terhadap sebuah transisi menetapkan sebuah himpunan yang terdiri dari semua tempat asal transisi tersebut mendapatkan masukan. Fungsi keluaran terhadap sebuah transisi menetapkan sebuah himpunan yang terdiri dari semua tempat tujuan transisi tersebut.

Definisi formal dari jaringan petri adalah sebagai berikut. Sesuai dengan jumlah komponennya, struktur jaringan petri secara formal merupakan empat tupel  $(P, T, I, O)$ .  $P$  merupakan himpunan berhingga yang terdiri dari seluruh tempat.  $T$  merupakan himpunan berhingga yang terdiri dari transisi dengan  $P \cap T = \emptyset$ .  $I$  merupakan fungsi masukan dan  $O$  merupakan fungsi keluaran. Keduanya adalah fungsi dari  $T$  kepada himpunan bagian dari  $P$  [1].



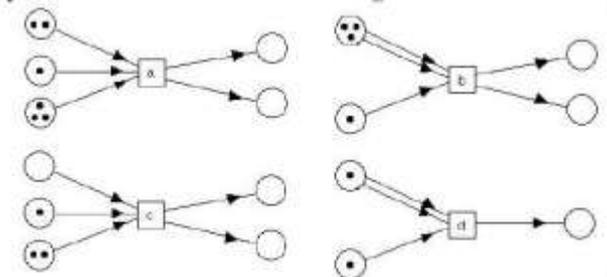
Gambar 1: Contoh jaringan petri sederhana

Dalam contoh gambar jaringan petri di atas, ditunjukkan bahwa representasi jaringan petri merupakan graf yang berarah. Dalam menggambar graf berarah, simpul sebuah tempat digambar dengan bentuk lingkaran, sedangkan simpul sebuah transisi digambarkan dengan bentuk persegi panjang. Apabila sebuah tempat  $p$  merupakan sumber masukan untuk sebuah transisi  $t$ , maka akan ada sebuah busur dari simpul  $p$  menuju  $t$ . Apabila sebuah tempat  $p$  merupakan daerah keluaran, maka akan ada sebuah busur dari sebuah transisi  $t$  menuju  $p$ .

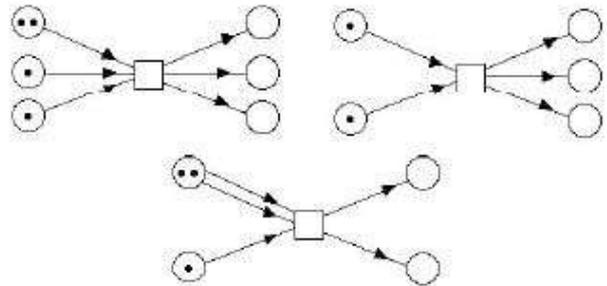
Jaringan petri yang telah dibahas di atas merupakan jaringan petri yang statis yang digunakan untuk memodelkan suatu sistem. Pada kenyataannya terdapat perubahan saat sebuah sistem bekerja dari satu status ke status yang lain. Untuk membuat sebuah jaringan petri terlihat dinamis, biasanya ditambahkan penanda berupa token yang disimpan dalam sebuah tempat. Penanda ini biasanya disebut dengan *marking* yang dilambangkan dengan huruf  $m$ . Token tersebut dapat berpindah tempat dari satu tempat ke tempat yang lain yang biasanya melalui perantara sebuah transisi. Token biasanya digambarkan sebagai sebuah titik tebal. Penggambaran ini hanya nyaman dilihat untuk jumlah token yang sedikit. Apabila jumlah token banyak, titik tidak digambar, tetapi digantikan

dengan sebuah angka yang menunjukkan jumlah token yang ada pada suatu tempat.

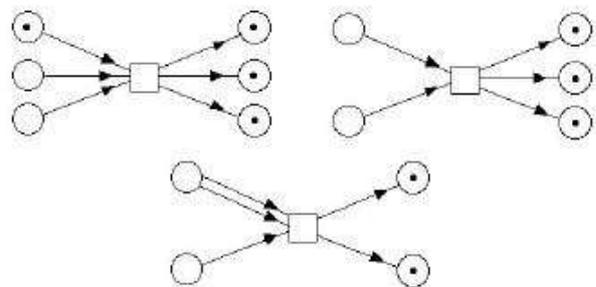
Perpindahan token dari suatu tempat ke tempat yang lain diatur dengan aturan penembakan. Sebuah transisi memperbolehkan penembakan apabila masing-masing tempat memiliki jumlah token yang setidaknya sama banyaknya dengan banyaknya busur yang dimilikinya. Kemudian aturan penembakannya yaitu setelah memenuhi syarat di atas, setiap token dikurangi satu dari sebuah tempat untuk sebuah busur. Kemudian, setiap tempat tujuan ditambahkan satu jumlah tokennya untuk masing-masing busur.



Gambar 2: Transisi a dan b diperbolehkan sedangkan c dan d dilarang  
(sumber : Kenneth H. Rosen,2007)



Gambar 3: Keadaan transisi sebelum penembakan  
(sumber : Kenneth H. Rosen,2007)



Gambar 4: Keadaan transisi setelah penembakan  
(sumber : Kenneth H. Rosen,2007)

Berikut ini merupakan beberapa kasus khusus yang terjadi secara dinamis dan dapat dimodelkan dengan baik dengan jaringan petri.

a) Eksekusi berurutan

Dalam pekerjaan yang dilakukan secara berurutan, suatu kegiatan hanya bisa dilakukan apabila kegiatan sebelumnya sudah diselesaikan. Dalam gambar 5(a) ditunjukkan bahwa transisi  $t_2$  hanya

dapat dilakukan apabila transisi  $t_1$  sudah dilakukan dan sudah dilakukan penembakan ke tempat kedua.

b) Konflik

Konflik merupakan keadaan di saat kita harus memilih mana kegiatan yang harus dilakukan. Dalam jaringan petri, konflik dimodelkan dengan adanya sebuah tempat yang mengandung sebuah token. Tempat ini memiliki hubungan keluar dengan dua buah transisi. Berdasarkan aturan penembakan, penembakan hanya dapat dilakukan apabila jumlah token setidaknya sama dengan banyak busur dimilikinya. Apabila token yang terdapat pada tempat tersebut hanya satu, penembakan hanya bisa dilakukan melalui satu transisi saja. Dalam gambar 5(b) ditunjukkan sebuah tempat  $p_1$  yang memiliki sebuah token memiliki hubungan keluar dengan dua buah transisi  $t_1$  dan  $t_2$ .

c) Konkuren

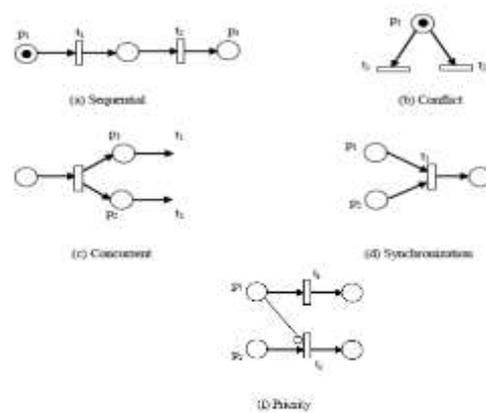
Konkuren merupakan atribut yang cukup penting dalam interaksi sebuah sistem karena atribut ini memungkinkan kita untuk melakukan penembakan sebuah token dari sebuah tempat dan mengirimnya ke dua tempat atau lebih. Dalam gambar 5(c) ditunjukkan bahwa transisi  $t_1$  dan  $t_2$  konkuren.

d) Pencocokan

Pencocokan biasa dilakukan apabila suatu kegiatan memiliki lebih dari satu persyaratan. Dalam jaringan petri, pencocokan disimbolkan dengan adanya dua atau lebih tempat sumber yang mengandung token yang ditembakkan ke sebuah tempat. Apabila salah satu saja dari tempat sumber tersebut tidak mengandung token, maka penembakan tidak dapat dilakukan. Dalam gambar 5(d) pencocokan digambarkan dengan dua buah tempat  $p_1$  dan  $p_2$  yang dihubungkan melalui transisi  $t_1$  menuju sebuah tempat.

e) Prioritas

Dalam jaringan petri, prioritas digambarkan dengan penambahan inhibitor. Inhibitor menghubungkan sebuah tempat dengan transisi dan digambarkan dengan sebuah busur yang diujungnya terdapat sebuah lingkaran kecil. Dalam gambar 5(e) prioritas digambarkan dengan dua buah tempat  $p_1$  dan  $p_2$ .  $P_1$  memiliki busur dengan inhibitor ke transisi  $t_2$ . Transisi  $t_1$  diperbolehkan apabila  $p_1$  memiliki token. Transisi  $t_2$  juga diperbolehkan apabila  $p_2$  memiliki token. Tetapi, ketika  $p_2$  mengandung token dan  $p_1$  tidak, maka prioritas diberikan dahulu kepada  $t_1$ .



Gambar 5: Pemodelan kasus khusus dengan jaringan petri (sumber :

<http://bluehawk.monmouth.edu/~jwang/Petri%20Nets%20-%20Introduction.pdf>)

Pada jaringan petri, terdapat juga modifikasi pada busur yaitu busur yang memiliki bobot. Hal ini memungkinkan penembakan lebih dari satu token melalui satu busur. Biasanya bobot dituliskan berupa angka di dekat busur. Untuk jaringan petri dengan busur yang tidak diberi angka, bobotnya adalah satu sehingga hanya memungkinkan untuk dilakukan penembakan satu token saja melalui busur tersebut.

Jaringan petri sebenarnya bisa dimodifikasi lagi untuk permasalahan yang lebih rumit. Jaringan petri yang telah dibahas sebelumnya hanya mampu membantu kita untuk membuat pemodelan secara kasar saja. Permasalahan yang terjadi setiap hari bermacam-macam dan kompleks karena memiliki banyak batasan dan syarat-syarat seperti durasi, keadaan lingkungan sekitar, dan kejadian-kejadian yang tidak terduga. Seperti contohnya pada pengelolaan kemacetan lalu lintas, setiap kendaraan memiliki kecepatan masing-masing, tingkat kepadatan jalanan dari waktu ke waktu berbedabeda-beda, dan terdapat percabangan pada jalan raya yang memerlukan pengaturan agar tidak terjadi kemacetan pada percabangan tersebut. Jaringan petri yang cocok untuk kasus seperti ini adalah jaringan petri berwarna/coloured petri nets (CPN). Dalam CPN ini terdapat modifikasi pada setiap tempat karena kita diperbolehkan untuk menyisipkan *source code* berupa notasi algoritmik ataupun bahasa pemrograman lainnya. Selain itu percabangan juga dapat disisipkan dalam bentuk notasi *if-then-else* atau *case*. Dalam CPN juga kita memungkinkan untuk menyisipkan tipe data dan setiap token dapat disisipkan nilai yang disebut warna token.

### B. Pengelolaan Gudang

Pelaksanaan pengelolaan gudang merupakan hal penting yang harus diperhatikan dalam sebuah perusahaan. Gudang merupakan tempat penyimpanan barang sementara baik yang digunakan untuk produksi (bahan baku), yang digunakan selama proses produksi (barang setengah jadi), maupun barang yang siap untuk dipasarkan (barang jadi dan setengah jadi).

Pada dasarnya pengelolaan gudang terbagi atas beberapa

kegiatan berikut.

- a) Kegiatan administrasi  
Kegiatan administrasi merupakan segala sesuatu yang berhubungan dengan pemasukan dan pengeluaran dana. Dalam kegiatan administrasi, pendataan harus dilakukan dengan baik agar memudahkan dalam pengembangan produksi perusahaan yang ada kaitannya dengan pengelolaan gudang [2].
- b) Penerimaan barang  
Penerimaan barang merupakan kegiatan pemasukan barang ke dalam gudang. Barang yang diterima biasanya dari pemesanan barang yang dilakukan perusahaan ke perusahaan atau toko lain. Kegiatan yang berhubungan dengan penurunan muatan dari pengirim ke dalam gudang.
- c) Pengeluaran barang  
Pengeluaran barang merupakan kegiatan pengiriman barang dari gudang ke luar. Pengeluaran barang dalam gudang ini biasanya dilakukan untuk menciptakan suasana produksi yang lebih tertib sehingga barang-barang tidak menumpuk di gudang. Kegiatan ini juga mencakup pengemasan barang ke tempat yang akan dituju dan pemuatan barang ke dalam kendaraan pengirim barang.
- d) Penyimpanan barang  
Kegiatan penyimpanan barang dalam gudang harus dilakukan dengan rapi agar barang dalam gudang tetap aman.
- e) Pendataan stok barang  
Pendataan ini sangat penting karena kelangsungan produksi maupun penjualan perusahaan bergantung pada data stok barang. Setiap barang yang masuk dan keluar harus didata dengan rapi. Setiap gudang sebaiknya memiliki stok barang minimal sehingga dapat dilakukan pemesanan barang apabila barang dalam gudang kurang dari batas minimal. Apabila stok barang dalam gudang berlebih, maka akan dilakukan pengeluaran agar proses produksi dapat berjalan dengan rapi dan lancar.

Pengelolaan gudang sangatlah penting bagi perusahaan dalam mengontrol produksinya. Setelah perusahaan memproduksi barang, barang tersebut disimpan terlebih dahulu dalam gudang untuk dijual atau dipakai lagi untuk produksi barang yang lain. Pengelolaan gudang yang baik akan sangat membantu alur pergerakan barang dalam sebuah perusahaan. Apabila barang tidak dikelola dengan baik, perusahaan dapat mengalami kerugian. Kerugian yang dapat dialami misalnya terhambatnya produksi karena stok barang dalam gudang kurang, terhambatnya produksi karena stok barang di gudang berlebih sehingga gudang tidak cukup untuk menampung barang hasil produksi, terbuangnya banyak barang karena terlalu lama disimpan dalam gudang sehingga melewati tanggal kadaluarsa.

### III. ANALISIS

Dari permasalahan pengelolaan gudang maka dapat dibuat pemodelan dalam bentuk jaringan petri. Jaringan petri yang dibuat adalah jaringan petri sederhana dengan *mark*. Pada jaringan petri yang dibuat, terdapat tiga belas tempat yang digunakan. Tempat-tempat tersebut melambangkan gudang itu sendiri, data stok barang, pegawai pengelola gudang, kepala gudang, keputusan kepala gudang, data stok barang yang baru (setelah diperbaharui), tempat penerimaan barang, divisi pembelian, pemasok, stok barang pemasok, dan produsen. Sedangkan untuk transisi yang dibuat ada lima belas buah. Gambar jaringan petri terdapat di akhir pembahasan.

Pada jaringan petri yang dibuat, terdapat token mula-mula pada tempat gudang, stok barang pemasok dan data stok barang. Token-token pada gudang melambangkan barang-barang yang ada pada gudang. Dalam pemodelan yang dibuat, kapasitas maksimal gudang diasumsikan tak terhingga, namun adanya tempat data stok barang menggambarkan kapasitas gudang. Pegawai pengelola gudang akan memutuskan apabila terjadi kelebihan atau kekurangan stok barang. Pegawai pengelola gudang akan mengambil data stok yang digambarkan dengan pengambilan token pada tempat data stok barang kemudian ditembakkan ke tempat pegawai pengelola gudang melalui transisi yang diberi nama pengambilan data stok. Setelah token ditembakkan pegawai akan memutuskan apakah barang kurang atau lebih. Apabila barang dalam gudang kurang, maka pegawai tersebut akan mengajukan surat pemesanan barang. Apabila barang yang dalam gudang berlebih, maka pegawai akan mengajukan surat pengiriman barang dengan asumsi barang dikirim untuk dijual. Pengiriman atau pemesanan barang sebenarnya tidak harus selalu dalam kondisi ekstrim seperti barang dalam gudang kurang atau lebih. Setelah itu token dari pegawai pengelola gudang akan ditembakkan ke tempat kepala gudang. Kemudian kepala gudang akan memutuskan apabila perlu penambahan atau pengurangan stok barang dalam gudang. Pengajuan surat pemesanan atau pengiriman barang bertujuan agar kepala gudang mengetahui dan juga dapat didiskusikan dahulu dengan pemilik perusahaan. Setelah itu keputusan berupa token akan ditembakkan ke tempat yang bernama keputusan kepala gudang. Proses penembakkan token dari tempat yang bernama data stok sampai dengan tempat yang bernama keputusan kepala gudang dibuat dengan pemodelan eksekusi berurutan (sekuensial). Hal ini disebabkan karena setiap pengajuan surat pengiriman/pemesanan barang harus berdasarkan data stok barang yang ada di gudang. Kemudian setiap pergerakan barang baik masuk atau keluar harus terlebih dahulu diketahui oleh kepala gudang sampai kepala gudang memberi keputusan.

Setelah itu, dari tempat keputusan kepala gudang, token akan ditembakkan ke salah satu transisi yang memiliki perlakuan berbeda-beda bergantung dari surat yang

diajukan dan keputusan dari kepala gudang. Apabila surat yang diajukan adalah pengiriman barang dan disetujui oleh kepala gudang, maka transisi yang dilakukan adalah pemberian surat pengiriman barang. Apabila surat yang diajukan adalah surat pemesanan barang dan disetujui oleh kepala gudang, maka transisi yang dijalankan adalah pemberian surat pemesanan barang yang akan ditembakkan ke divisi pembelian. Apabila surat yang diajukan adalah permintaan barang ke bagian produksi barang (produsen), maka transisi yang dijalankan adalah permintaan barang ke produsen. Permintaan barang ke produsen ini bertujuan agar barang yang berada di tempat produsen tidak menumpuk. Apabila terjadi pembatalan surat, maka transisi yang dijalankan adalah transisi pembatalan. Pemodelan yang dipakai dalam kasus ini adalah konflik karena penembakkan yang dilakukan tidak bisa bersamaan ke semua tempat, tetapi harus diputuskan dahulu sebelumnya.

Kasus selanjutnya yaitu pada keempat transisi selanjutnya setelah pemilihan yang dilakukan pada kasus sebelumnya. Apabila transisi yang dilakukan adalah pembatalan, maka token akan ditembakkan ke tempat data stok barang baru dan kemudian ditembakkan kembali ke tempat data stok barang. Apabila transisi yang dilakukan adalah pemberian surat pemesanan barang, maka token ditembakkan ke divisi pembelian, kemudian pemasok. Dari pemasok kemudian akan dilakukan pencocokan dengan stok barang pemasok. Pencocokan yang dimaksud adalah pencocokan data pemesanan dan stok barang yang dimiliki pemasok. Stok barang pemasok diasumsikan tak terhingga dan tersedia untuk semua jenis barang. Kemudian dari pemodelan pencocokan ini transisi yang dilakukan adalah pengiriman dari pemasok barang. Token dari stok barang pemasok dan pemasok akan ditembakkan secara bersamaan menuju tempat barang diterima. Apabila transisi yang dilakukan adalah pemberian surat pengiriman barang maka token akan ditembakkan ke dua tempat yang berbeda yaitu data stok barang yang baru dan penyimpanan sementara. Pemodelan yang dilakukan dalam kasus ini adalah pemodelan konkuren. Penembakkan ke tempat data stok barang yang baru bertujuan agar terjadi pengurangan stok barang karena telah dikirim. Apabila transisi yang dilakukan adalah permintaan barang ke produsen, maka akan dijalankan proses sekuensial dari tempat produsen menuju tempat barang diterima.

Kasus selanjutnya adalah saat barang diterima. Barang yang diterima bisa saja dari produsen dan juga pemasok barang. Setelah dilakukan penerimaan barang, dilakukan transisi pembongkaran muatan yang menembakkan token dari tempat barang diterima menuju gudang dan data stok barang yang baru. Kasus ini dimodelkan dalam bentuk konkuren. Setelah ada barang yang masuk, tentunya data stok barang juga berubah karena ada barang baru yang masuk.

Kasus terakhir adalah apabila terjadi pengurangan stok barang dalam gudang karena terjadi pengiriman barang maka token dari gudang akan ditembakkan bersamaan

dengan token dari keputusan kepala gudang ke transisi pengemasan barang. Setelah barang dikemas, barang dipindahkan ke tempat penyimpanan sementara untuk dilakukan pemuatan ke kendaraan pengirim. Kendaraan pengirim bisa mobil atau truk kontainer atau bisa juga kendaraan yang lain. Proses barang keluar ini dijalankan dengan model sekuensial karena sebelum pengiriman barang, tentu harus dilakukan pengemasan barang terlebih dahulu. Kemudian sebelum dikirim, barang harus dimuat dahulu dalam kendaraan. Barulah barang dapat dikirim keluar dari gudang.

Pada prinsipnya alur pergerakan barang di gudang dapat digambarkan dengan jaringan petri yang sangat sederhana yang hanya terdiri dari transisi barang masuk dan barang keluar disertai sebuah tempat yang disebut gudang yang merupakan tempat barang disimpan.



Gambar 6: Jaringan petri sederhana yang menggambarkan alur barang masuk dan keluar dalam sebuah gudang

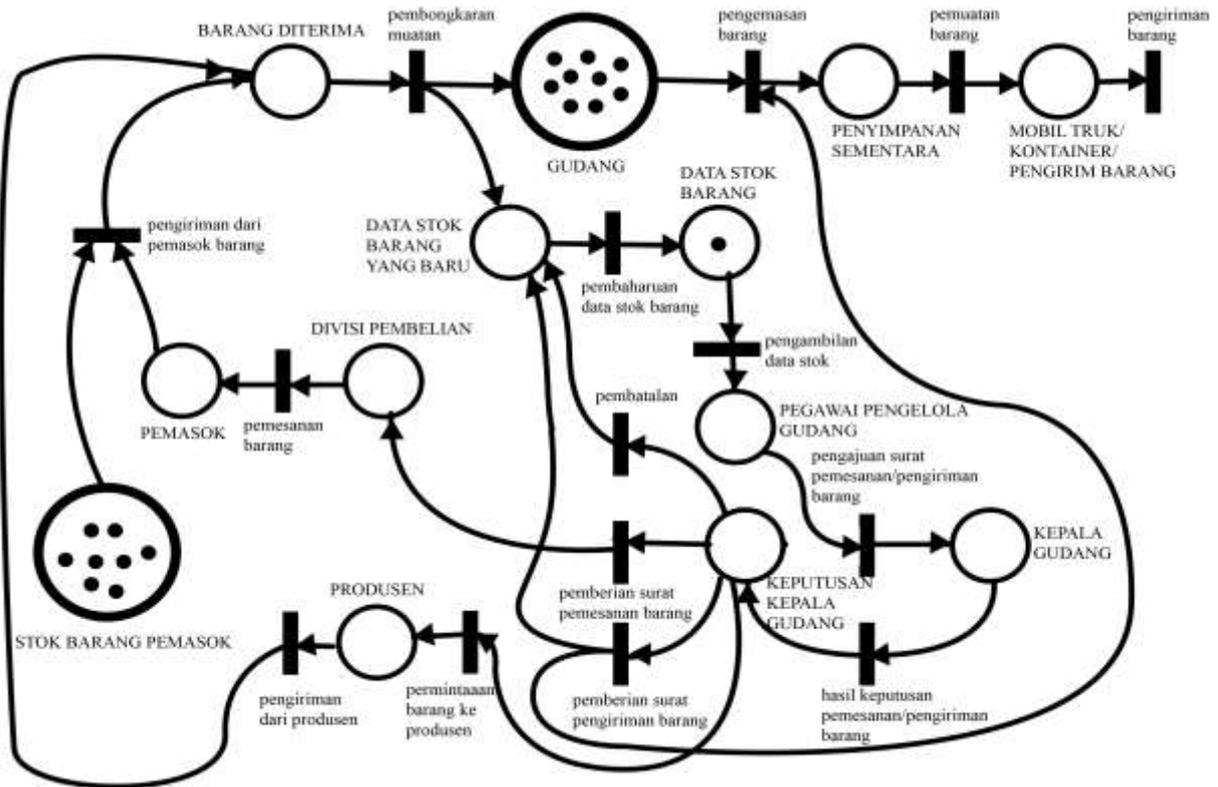
Pembuatan struktur jaringan yang lebih rumit ditujukan untuk melihat lebih rinci proses apa saja yang dilalui dalam pemasukan barang dan pengeluaran barang dalam sebuah gudang.

#### IV. KESIMPULAN

Pemodelan permasalahan pengelolaan gudang dapat dengan baik digambarkan dengan jaringan petri karena dengan jaringan petri kita dapat lebih rinci dalam menganalisis alur barang dalam gudang beserta pengaturan data stok barang. Selain itu analisis kesalahan juga lebih mudah dilakukan sehingga sistem lebih mudah untuk diperbaiki. Pemodelan jaringan petri dalam pengelolaan gudang ini dapat dikembangkan lagi dengan jaringan petri berwarna dengan disisipkan lebih banyak batasan seperti waktu kadaluarsa, posisi peletakan barang dalam gudang, jaringan petri baru untuk teknis pengemasan barang dan pemuatan barang, dan penambahan tempat untuk setiap jenis barang.

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan tugas makalah ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. dan Ibu Dra. Harlili S., M.Sc. selaku dosen mata kuliah IF2120 Matematika Diskrit yang telah membimbing pengerjaan tugas ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya yang telah mendukung saya.



Gambar 7: Jaringan petri lengkap yang menggambarkan kegiatan pengelolaan gudang

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kenneth H. Rosen, Applications Of Discrete Mathematics Updated Edition. New York: McGraw-Hill, 2007.
- [2] <http://manajemenproduksi.com/cara-mengelola-manajemen-pergudangan-atau-warehouse-management/>  
Waktu akses: 9 Desember 2016 pukul 13.49 WIB
- [3] <http://www.multiglobalunity.com/articles/kendali-barang-dengan-sistem-manajemen-gudang/>  
Waktu akses: 8 Desember 2016 pukul 22.41 WIB.
- [4] <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/>  
Waktu akses: 8 Desember 2016 pukul 23.45 WIB.
- [5] <http://bluhawk.monmouth.edu/~jwang/Petri%20Nets%20--%20Introduction.pdf>  
Waktu akses: 8 Desember 2016 pukul 23.34 WIB.
- [6] [http://highered.mheducation.com/sites/dl/free/0073383090/299355/Apps\\_Ch24.pdf](http://highered.mheducation.com/sites/dl/free/0073383090/299355/Apps_Ch24.pdf)  
Waktu akses: 4 Desember 2016 pukul 11.33 WIB.

#### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 9 Desember 2016

Roland Hartanto - 13515107