

Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen untuk Analisis Pengaruh Penerapan Otomasi Industri terhadap Lapangan Kerja*

FENY OKENIA DEVI, CAHYADI NUGRAHA, RISPIANDA

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: fenyokenia@gmail.com

ABSTRAK

Otomasi didefinisikan sebagai teknologi yang bersangkutan dengan aplikasi mekanik, elektronik, dan sistem berbasis komputer untuk mengendalikan produksi. Penerapan teknologi otomasi memunculkan beberapa anggapan yang mengarah kepada pergeseran permintaan tenaga kerja tidak terampil kepada tenaga kerja terampil atau bahkan pada profesi lain. Permasalahan tersebut tergolong cukup kompleks sehingga dibutuhkan suatu model simulasi yang dapat memprediksi pengaruh penerapan otomasi terhadap jumlah lapangan kerja. Makalah ini menyajikan penelitian dengan menggunakan teknik pemodelan dan simulasi berbasis agen untuk menjawab kebutuhan tersebut. Setiap perusahaan yang terlibat dalam proses penerapan alat otomasi dimodelkan sebagai entitas-entitas (agen-agen) yang bersifat otonom dan saling berinteraksi. Output model yang dihasilkan dapat digunakan untuk memperkirakan efek penerapan alat otomasi terhadap jumlah lapangan kerja ditinjau dari reduksi jumlah pekerja akibat otomasi dan penambahan jumlah karyawan di perusahaan lainnya yang terkait dalam pasokan alat otomasi.

Kata kunci: Otomasi, Lapangan Kerja, Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen

ABSTRACT

Automation is defined as the technology that concerns with the application of mechanics, electronics, and computer-based system for controlling production. Implementation of the automation technologies has brought about some presumption that refers to the changes in demand for unskilled labors to skilled labors or even in other professions. The problem is quite complex and requires a simulation model that can predict the effect of the automation applications to the number of jobs. This paper presents an agent-based modeling and simulation to answer the problem. Every companies that involved in the process of implementing automation tools are modeled as the autonomous and interacting entities (agents). The resulting model output can be used to estimate the effect of the application of automation tools on the number of jobs, in terms of the reduction of the number of workers due to automation and the increase of

* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional.

the number of employees in other companies related to the supply of automation tools.

Keywords: *Automation, Employment, Agent-based Modelling and Simulation*

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

Perkembangan teknologi membuat perusahaan-perusahaan melirik kearah teknologi tingkat tinggi yaitu dengan melakukan penerapan alat otomasi. Pengalihan pekerjaan manusia dengan penggunaan otomasi menimbulkan beberapa anggapan diantaranya permintaan tenaga kerja tidak terampil akan menurun pada tingkat lebih lambat dari pada peningkatan permintaan untuk tenaga kerja terampil (Saint-Paul dalam Wikipedia, 2013). Mintchell (2010) mengakui akan terjadi hilangnya pekerjaan manufaktur dan pekerjaan manajemen menengah akibat penerapan alat otomasi, tetapi tetap ada optimisme dimana manusia memang harus meningkatkan keterampilan untuk dapat memasuki profesi lain karena bahwasanya bawaan diri manusia adalah untuk menjadi kreatif dan produktif. Secara tidak langsung, anggapan-anggapan tersebut menegaskan bahwa penerapan alat otomasi dalam jangka panjang tidak akan mengurangi jumlah lapangan kerja, namun akan menggeser permintaan tenaga kerja tidak terampil kepada tenaga kerja terampil atau bahkan pada profesi lain. Mengingat penerapan alat otomasi yang semakin dibutuhkan dalam persaingan industri, maka dibutuhkan suatu alat analisis untuk memprediksi efek penerapan alat otomasi terhadap jumlah lapangan kerja dalam jangka panjang.

1.2. Identifikasi Masalah

Dalam pemecahannya, maka dibutuhkan suatu model yang dapat merepresentasikan dampak penerapan otomasi pada perusahaan terhadap jumlah lapangan kerja. *Agent Based Modeling Simulation* (ABMS) merupakan sebuah pendekatan baru untuk memodelkan suatu sistem yang bersifat otonom dan terdiri dari agen-agen yang saling berinteraksi (North, & Macal, 2007). Setiap perusahaan yang saling berinteraksi dalam proses penerapan alat otomasi merupakan suatu entitas sendiri yang bersifat otonom, dengan demikian teknik pemodelan dan simulasi yang sesuai untuk merepresentasikan sistem penerapan otomasi pada industri manufaktur terkait lapangan kerja adalah pemodelan dan simulasi berbasis agen.

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan suatu model simulasi yang dapat merepresentasikan perilaku perusahaan-perusahaan yang terkait pada penerapan alat otomasi terhadap jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan pada perusahaan-perusahaan tersebut dengan menggunakan model simulasi berbasis agen. Adapun batasan yang digunakan pada penelitian, yaitu model yang dibuat merupakan model deskriptif /prediktif, data yang digunakan dalam perancangan dan pengembangan model adalah data hipotesis, penambahan tenaga kerja hanya dilakukan pada perusahaan-perusahaan yang terkait pada pemasokan alat otomasi yang terdapat di dalam negeri, reduksi tenaga kerja hanya dilakukan pada karyawan pabrik langsung di perusahaan-perusahaan pengguna alat otomasi yang terdapat di dalam negeri, dan penelitian dilakukan pada jenis industri manufaktur di bidang otomotif, *food and beverage*, dan industri pembuatan komponen berbahan dasar logam.

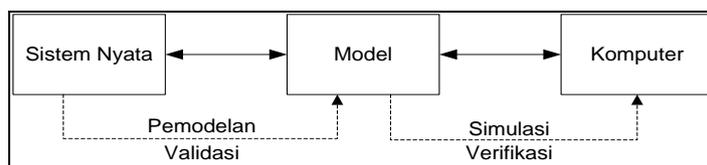
2. STUDI LITERATUR

2.1. Otomasi

Otomasi dapat didefinisikan sebagai teknologi yang bersangkutan dengan aplikasi mekanik, elektronik, dan sistem berbasis komputer untuk mengoperasikan dan mengendalikan produksi. Tujuan utama otomatisasi adalah untuk mengurangi beban kerja mental, dan mungkin juga mengandung pengurangan beban kerja fisik, dari operator manusia. (Groover et al, 1986). Dalam hal ini sangat mungkin bahwa manusia akan selalu dibutuhkan dalam sistem pendukung manufaktur, tidak peduli seberapa otomatis sistem tersebut (Groover, 2001).

2.2. Model dan Simulasi

Model didefinisikan sebagai suatu perwakilan atau abstraksi dari sebuah obyek atau situasi aktual (Daellenbach, 1994). Model pun dapat menggambarkan karakteristik dari suatu kejadian. Simulasi merupakan suatu alat analisis yang handal untuk merencanakan, mendesain, dan mengontrol proses sistem yang kompleks. Untuk menunjang hal itu, simulasi berkaitan erat dengan model berbasis komputer. Hubungan antara simulasi dan pemodelan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Simulasi Dengan Pemodelan

2.3. *Agent Based Modeling And Simulation (ABMS)*

Agent Based Modeling and Simulation (ABMS) adalah suatu metode yang digunakan untuk eksperimen dengan melihat pendekatan dari bawah ke atas (*bottom-up*) bagaimana interaksi perilaku-perilaku individu dapat mempengaruhi perilaku sistem. ABMS merupakan simulasi berbasis komputer untuk memodelkan semua perilaku entitas (agen) yang terlibat dalam dunia nyata dengan harapan interaksi antar entitas dapat menghasilkan atau menggambarkan sifat utama yang dapat digunakan lagi sebagai alat bantu untuk eksplanatori atau prediksi dalam mengambil keputusan di dunia nyata (North, & Macal, 2007)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan terbagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut.

(i). Tahapan Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahapan awal pada penelitian, dimana permasalahan pada penelitian ini yaitu terdapat berbagai prediksi mengenai dampak penerapan alat otomasi terhadap jumlah lapangan kerja.

(ii). Tahapan Studi Literatur

Studi literatur berisi landasan dalam memecahkan masalah atau pencarian solusi yang terdapat pada penelitian. Literatur yang digunakan pada penelitian ini meliputi literatur mengenai otomasi, pemodelan simulasi, *Agent Based Modeling Simulation (ABMS)*, *Unified Modeling Language (UML)*, dan *Visual Basic. Net*.

(iii). Tahapan Identifikasi Sistem

Pada proses identifikasi sistem dilakukan proses identifikasi dari interaksi antara perusahaan-perusahaan yang berkaitan pada proses penerapan alat otomasi.

(iv). Tahapan Penentuan *Output Model, Variabel, dan Parameter Model*

Pada tahap ini dilakukan penentuan terhadap *output* model yang merupakan hasil keluaran model yang besaran nilainya ditentukan oleh variabel serta parameter.

(v). Tahapan Identifikasi Agen

Pada tahap identifikasi agen dilakukan proses identifikasi dari agen-agen yang terkait dalam interaksi sistem.

(vi). Tahapan Identifikasi Atribut dan Perilaku Agen

Pada tahap ini dilakukan proses identifikasi identitas untuk setiap agen yang disebut sebagai identifikasi atribut. Nilai/status dari setiap atribut tersebut akan berpengaruh terhadap nilai/status atribut lain, dimana nilai/status dari atribut tersebut bisa berubah-ubah seiring dengan perubahan waktu. Selanjutnya dilakukan identifikasi kebiasaan/*behaviour* pada setiap agen yang disebut sebagai identifikasi perilaku. Perilaku setiap agen kemudian disajikan dalam bentuk *activity diagram*.

(vii). Tahapan Parameterisasi Model

Parameterisasi model merupakan penentuan suatu nilai yang akan digunakan sebagai parameter dalam menjalankan model. Nilai tersebut akan berpengaruh terhadap alur jalannya model atau bahkan pada nilai/status atribut. Parameter model yang digunakan sebagian besar berasal dari data hipotesis.

(viii). Tahapan Implementasi Rancangan Model

Tahap selanjutnya setelah melakukan perancangan model yaitu melakukan implementasi dari rancangan model tersebut kedalam bentuk program. Implementasi rancangan model dibuat pada *software Visual Basic .Net* yang kemudian di integrasikan kedalam *Microsoft Office Excel 2007* sebagai *output*. Tahap selanjutnya setelah melakukan implementasi rancangan model yaitu dilakukan pengecekan perhitungan manual untuk setiap *output* nilai program yang disebut dengan verifikasi program.

(ix). Tahapan Pengujian Model dan Analisis

Dilakukan pengujian terhadap model yang telah dibuat dengan teknik validasi, yaitu mengubah nilai *input* pada model untuk selanjutnya dilihat mengenai kelogisan perilaku model. Teknik validasi yang digunakan yaitu teknik validasi model dinamis dengan menggunakan pengujian terhadap kondisi ekstrim (Sterman, 2000).

(x). Tahapan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir, dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta saran untuk penelitian lanjutan.

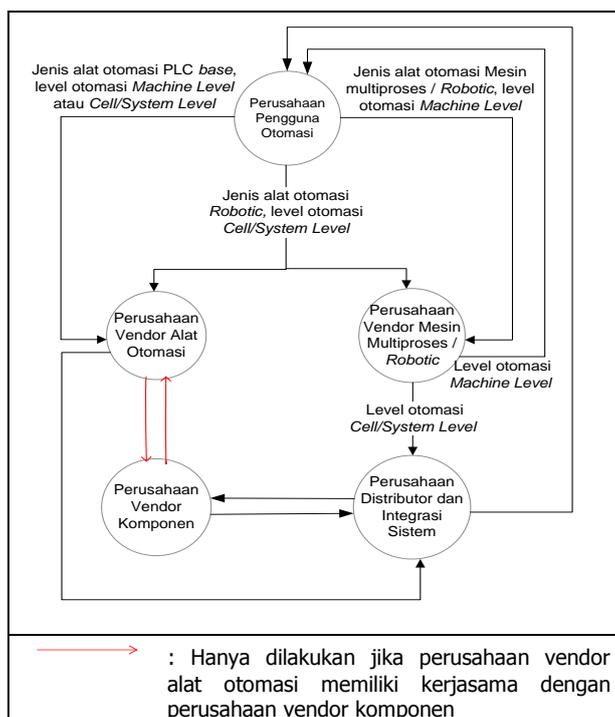
4. PENGEMBANGAN MODEL

4.1. Identifikasi Sistem

Penerapan alat otomasi pada perusahaan-perusahaan akan memberikan dampak bagi tenaga kerja manusia, hal tersebut dikarenakan pekerjaan yang sebelumnya dikerjakan oleh tenaga manusia digantikan posisinya oleh mesin. Salah satu contoh penerapan alat otomasi dalam skala besar terdapat pada pabrik Toyota di Jepang, dimana tidak terdapat tenaga kerja manusia pada *line* produksi pada proses *stamping, body welding, dan painting* pada pabrik tersebut, tenaga kerja manusia hanya berperan sebagai operator dan pengawas. Sedangkan pada pabrik Toyota di Mississippi yang belum melakukan penerapan alat otomasi, terlihat secara jelas bahwa mesin-mesin hanya bertugas untuk melakukan proses inti, sedangkan proses penyempurnaan, pengecekan dan transportasi (transportasi khusus part-

part kerangka mobil yang tidak terlalu besar) masih dilakukan oleh tenaga kerja manusia (AutoMotoTV, 2011 & Owen, 2012)

Sistem yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sistem yang menyangkut aktivitas industri pada proses penerapan alat otomasi dalam sektor industri manufaktur dimana cakupan bahasan mengarah kepada interaksi antara perusahaan pengguna dengan perusahaan-perusahaan yang bergerak pada bidang otomasi. Gambaran komponen sistem dapat dilihat pada Gambar2.



Gambar 2. Komponen Sistem yang Terkait pada Proses Penerapan Alat Otomasi

4.2. Penentuan *Output*, Variabel, dan Parameter Model.

Pada pembuatan model berbasis agen dibutuhkan penentuan *output* model, variabel, serta parameter model. *Output* model merupakan hasil keluaran model yang besaran nilainya ditentukan oleh nilai-nilai pada variabel serta parameter. *Output* model yang akan diukur pada sistem aktivitas industri yang menyangkut proses penerapan alat otomasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Output Model Sistem Aktivitas Industri Menyangkut Proses Penerapan Otomasi

No	Output Model
1	Jumlah reduksi pekerja langsung yang terjadi pada perusahaan pengguna alat otomasi dalam satuan jumlah per tahun
2	Jumlah penambahan pekerja langsung yang terjadi pada perusahaan-perusahaan yang menyangkut proses pembuatan alat otomasi dalam satuan jumlah per tahun
3	Jumlah penambahan pekerja tidak langsung yang terjadi pada perusahaan-perusahaan yang menyangkut proses pembuatan atau pemasokan alat otomasi dalam satuan jumlah per tahun

Variabel pada sistem aktivitas industri yang menyangkut proses penerapan alat otomasi yaitu panjang waktu simulasi. Panjang waktu simulasi merupakan jangka waktu yang akan disimulasikan yang berpengaruh terhadap *output* model. Adapun parameter model pada sistem aktivitas industri yang menyangkut proses penerapan alat otomasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Model pada Sistem Aktivitas Industri Menyangkut Proses Penerapan Otomasi

No	Parameter Model	Keterangan
1	Jumlah Awal Perusahaan tiap Agen	Jumlah awal perusahaan pada masing-masing agen.
2	Jumlah Pekerja Awal Perusahaan tiap Agen	Jumlah pekerja awal yang dimiliki perusahaan pada masing-masing agen
3	Probabilitas Terjadinya Order Konsumen Tinggi pada Perusahaan Pengguna	Besarnya peluang kejadian order konsumen tinggi yang masuk pada perusahaan pengguna yang akan berpengaruh pada keputusan penerapan alat otomasi.
4	Jumlah Kapasitas Penanganan Order pada Perusahaan tiap Agen	Jumlah kapasitas penanganan order yang dimiliki setiap perusahaan pada masing-masing agen.
5	Jumlah Pekerja Setiap Jenis Pekerjaan pada Perusahaan Pengguna	Jumlah pekerja yang terdapat pada setiap jenis pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap jumlah reduksi pekerja akibat penerapan alat otomasi.

4.3. Identifikasi Agen

Terdapat lima agen yang berhubungan dengan sistem aktivitas industri pada proses penerapan alat otomasi, yaitu agen perusahaan pengguna alat otomasi, agen perusahaan vendor alat otomasi, agen perusahaan vendor mesin multi-proses/*robotic*, agen perusahaan vendor komponen, serta perusahaan distributor dan integrasi sistem.

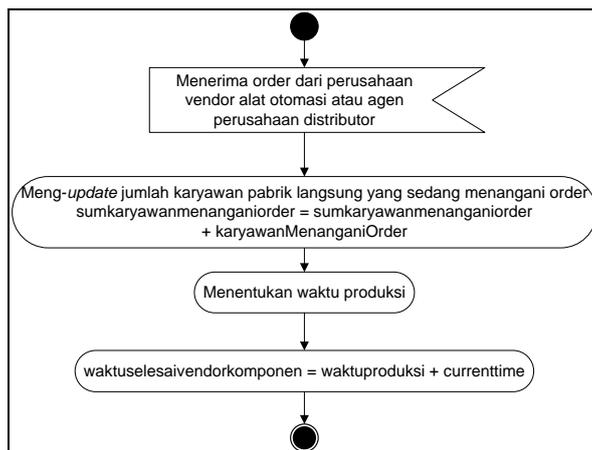
4.4. Identifikasi Atribut dan Perilaku Agen

Atribut merupakan identitas yang dimiliki oleh masing-masing agen dimana atribut dari suatu agen dapat berupa nilai/status atau keterangan. Pada sistem aktivitas industri yang menyangkut proses penerapan alat otomasi terdapat 11 buah atribut pada agen perusahaan pengguna alat otomasi, 24 buah atribut pada agen perusahaan vendor alat otomasi, 18 buah atribut pada agen perusahaan vendor mesin multi-proses/*robotic*, 8 buah atribut pada agen perusahaan vendor komponen, serta 24 buah atribut pada agen perusahaan distributor dan integrasi sistem. Contoh atribut dari agen perusahaan vendor komponen dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Contoh Atribut Agen Perusahaan Vendor Komponen

Agen	Atribut	Keterangan
Perusahaan Vendor Komponen	Nama	Nama dari perusahaan vendor komponen
	Pemesan	Nama dari perusahaan pemesan komponen (perusahaan vendor alat otomasi atau perusahaan agen distribusi)
	Karyawan	Total karyawan pabrik langsung yang dimiliki oleh perusahaan
	Karyawan Tak Langsung	Total karyawan pabrik tak langsung yang dimiliki oleh perusahaan
	Kapasitas Karyawan	Kapasitas produksi per karyawan dalam satuan jam kerja/orang/periode.
	Kebutuhan Karyawan	Jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk menangani sejumlah komponen pesanan
	Jumlah Karyawan Menangani Order Periode	Jumlah karyawan yang sedang menangani order komponen pada suatu periode
	Waktu Produksi	Waktu produksi yang dibutuhkan perusahaan vendor komponen untuk memproduksi komponen pesanan

Terdapat perilaku yang berbeda-beda pada setiap agen, dimana perilaku dari satu agen akan memberikan pengaruh bagi agen lain. Perilaku-perilaku dari agen pada proses penerapan alat otomasi dalam sektor industri manufaktur dapat digambarkan dengan menggunakan *activity diagram* dimana terdapat 20 *activity diagram* yang menggambarkan keseluruhan perilaku-perilaku agen. Salah satu contoh perilaku agen dalam bentuk *activity diagram* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh Perilaku Terima Order Agen Vendor Komponen dalam Bentuk *Activity Diagram*

Atribut serta perilaku agen lebih rinci dapat dilihat dalam Devi (2013).

4.5. Parameterisasi Model

Parameterisasi model merupakan proses estimasi nilai atau data-data yang diperlukan untuk menjalankan model simulasi. Nilai-nilai parameter yang didapatkan berasal dari hasil wawancara serta data hipotesis. Terdapat masing-masing data parameterisasi untuk setiap agen, beberapa contoh data parameterisasi pada agen perusahaan pengguna alat otomasi diantaranya yaitu jumlah awal perusahaan pengguna, jumlah sub sistem operasi produk yang dimiliki perusahaan pengguna, interval jumlah pekerja awal pada masing-masing pekerjaan yang akan diotomasi, jumlah maksimal pengalokasian pekerja pada masing-masing pekerjaan, *delay time*, dan waktu tambah *delay time* ketika alat otomasi mengalami kerusakan. Parameterisasi lebih rinci dapat dilihat dalam Devi (2013).

4.6. Implementasi Rancangan Model

Pada tahapan ini, model akan diimplementasikan kedalam bentuk bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa pemrograman *visual basic* dengan menggunakan *software Visual Basic. Net* yang kemudian diintegrasikan kedalam *Microsoft Office Excel 2007*.

Pada proses implementasi, agen-agen diimplementasikan dalam bentuk *class* pada *visual basic* dimana atribut pada masing-masing agen merupakan variabel dalam *class* dan perilaku-perilaku pada setiap agen merupakan sebuah fungsi (*function/sub*) dalam *class*. Pemrograman yang dilakukan pada penelitian ini sudah menggunakan konsep *object (class)* walaupun belum sepenuhnya mengimplementasikan *object oriented programming (OOP)*. *User interface* pada implementasi rancangan model dapat dilihat pada Gambar 4.

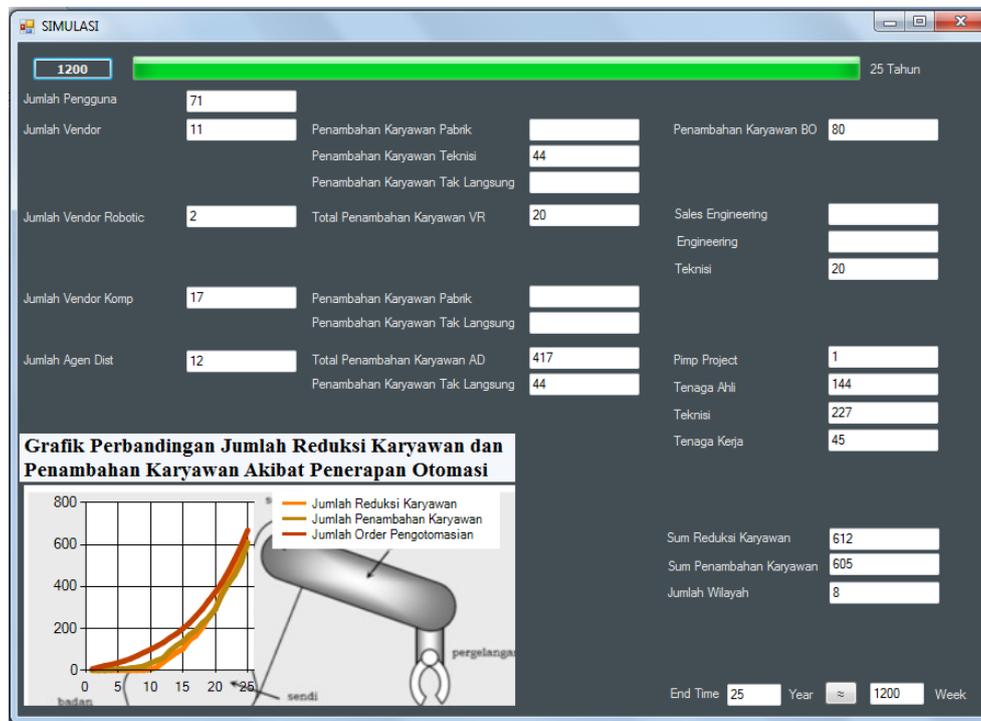
Tahap selanjutnya setelah dilakukan implementasi model kedalam bentuk bahasa pemrograman adalah verifikasi program. Pada verifikasi program, program akan dijalankan secara bertahap dan akan dilakukan pengecekan perhitungan manual untuk setiap *output* nilai program.

5. PENGUJIAN MODEL DAN ANALISIS

5.1. Output dan Pengujian Model

Pengujian model merupakan suatu teknik yang dilakukan untuk melihat kelogisan perilaku model ketika terdapat perubahan nilai *input*. Pengujian model akan dilakukan dengan menggunakan beberapa skenario dengan pemberian kondisi awal *input* yang berbeda.

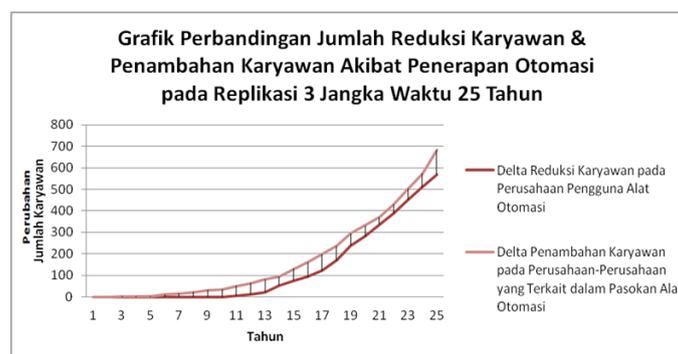
Pengujian model dilakukan dengan membandingkan antara *output* model berdasarkan kondisi normal (tiga replikasi) dengan pengujian model berdasarkan kondisi ekstrim (tidak terdapat permintaan proyek pengotomasi, laju permintaan alat otomasi tinggi, laju permintaan alat otomasi rendah, dan mayoritas pengotomasi menggunakan mesin multi proses / *robotic* (impor)).



Gambar 4. User Interface Implementasi Rancangan Model

5.1.1. *Output* Model Berdasarkan Kondisi Normal (Acuan)

Salah satu *output* model mengenai perbandingan total karyawan reduksi dan total penambahan karyawan per tahun dalam bentuk grafik pada salah satu replikasi yang dilakukan pada kondisi normal dalam jangka waktu 25 tahun dapat dilihat pada Gambar 5.



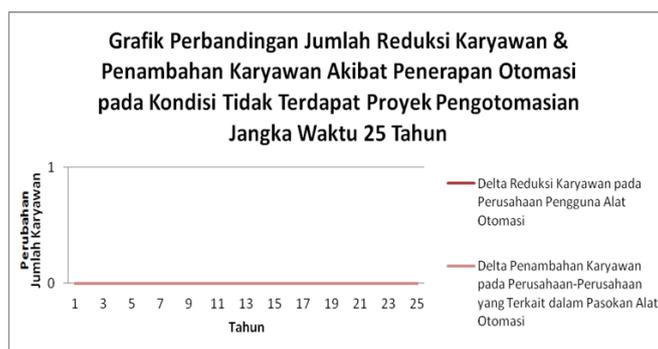
Gambar 5. *Output* Model pada Kondisi Normal (Acuan)

Dapat dilihat pada Gambar 5, jumlah penambahan karyawan memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah reduksi karyawan pada awal-awal tahun dilakukannya pengotomasi sampai dengan tahun ke-25. Hal tersebut dikarenakan perusahaan-perusahaan yang terlibat pada pemasokan alat otomasi mengalami pengembangan

perusahaan akibat terjadinya peningkatan order proyek pengotomasiian dari perusahaan pengguna. *Output* model berdasarkan kondisi normal dengan replikasi lainnya dapat dilihat dalam Devi (2013).

5.1.2. Pengujian Model Dengan Kondisi Tidak Terdapat Proyek Pengotomasiian

Perbandingan total karyawan reduksi dan total penambahan karyawan per tahun dalam bentuk grafik pada kondisi tidak terdapat proyek pengotomasiian dalam jangka waktu 25 tahun dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengujian Model pada Kondisi Tidak Terdapat Proyek Pengotomasiian

Dapat dilihat pada Gambar 6, bahwa dengan tidak adanya proyek pengotomasiian maka tidak terdapat pula karyawan yang mengalami reduksi, dan karena tidak terdapat pengembangan pada perusahaan-perusahaan yang terkait pada proses pemasokan alat otomasi maka penambahan karyawan pun tidak terjadi. Dengan demikian, berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka model dapat dikatakan valid.

5.1.3. Pengujian Model Dengan Laju Permintaan Alat Otomasi Tinggi

Perbandingan total karyawan reduksi dan total penambahan karyawan per tahun dalam bentuk grafik pada kondisi laju permintaan alat otomasi tinggi dalam jangka waktu 25 tahun dapat dilihat pada Gambar 7.



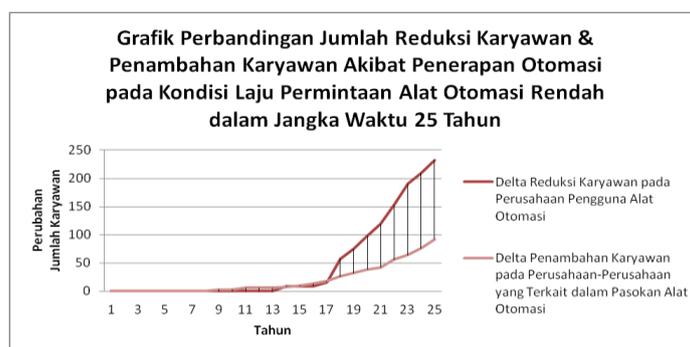
Gambar 7. Hasil Pengujian Model pada Kondisi Laju Permintaan Alat Otomasi Tinggi

Dapat dilihat pada grafik di Gambar 7, delta penambahan karyawan dari awal periode sampai dengan akhir periode memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan delta reduksi karyawan. Delta penambahan karyawan cenderung tinggi karena laju permintaan alat otomasi yang tinggi membuat perusahaan-perusahaan yang berkaitan dalam pemasokan alat otomasi memiliki laju order yang tinggi pula, hal tersebut memungkinkan untuk terjadinya *lost sales* yang memacu keputusan untuk melakukan penambahan karyawan. Sedangkan pada reduksi karyawan, jumlah pekerja yang ter-reduksi ditentukan oleh

perusahaan yang bersangkutan yaitu perusahaan pengguna alat otomasi. Perusahaan hanya akan melakukan alokasi karyawan dalam jumlah yang besar apabila perusahaan tersebut sedang memiliki daya tampung perusahaan yang tinggi, jika tidak, maka alternatif terakhir yang dilakukan perusahaan adalah melakukan reduksi terhadap sebagian karyawan yang bersangkutan dengan pekerjaan yang diotomasikan. Dengan demikian, berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka model dapat dikatakan valid.

5.1.4. Pengujian Dengan Laju Permintaan Alat Otomasi Rendah

Perbandingan total karyawan reduksi dan total penambahan karyawan per tahun dalam bentuk grafik pada kondisi laju permintaan alat otomasi rendah dalam jangka waktu 25 tahun dapat dilihat pada Gambar 8.

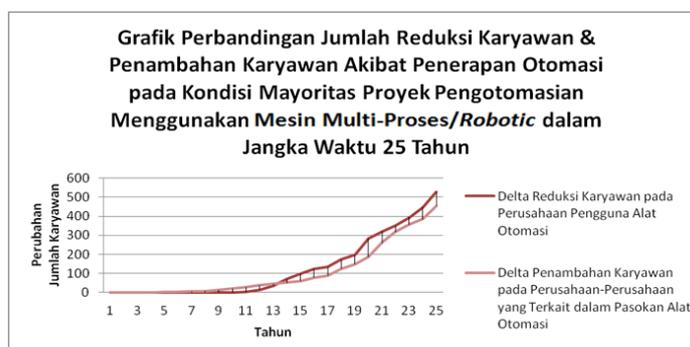


Gambar 8. Hasil Pengujian Model pada Kondisi Laju Permintaan Alat Otomasi Rendah

Laju pertumbuhan proyek pengotomasi memiliki keterkaitan dengan keputusan penambahan karyawan serta pertumbuhan jumlah perusahaan agen, dimana ketika proyek pengotomasi rendah, maka perusahaan yang bersangkutan dengan proses pemasokan alat otomasi memiliki probabilitas yang kecil untuk mengalami kekurangan kapasitas, hal tersebut membuat kejadian keputusan penambahan karyawan dan perkembangan perusahaan-perusahaan dalam sistem menjadi kecil sementara reduksi karyawan pada perusahaan pengguna alat otomasi terus terjadi. Dengan demikian, berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka model dapat dikatakan valid.

5.1.5. Pengujian Model Dengan Mayoritas Proyek Pengotomasi Menggunakan Alat Otomasi Mesin Multi-Proses/ *Robotic* (Impor)

Perbandingan total karyawan reduksi dan total penambahan karyawan per tahun dalam bentuk grafik pada kondisi mayoritas proyek pengotomasi menggunakan alat otomasi mesin multi-proses/*robotic* (impor) dalam jangka waktu 25 tahun seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Pengujian Model pada Kondisi Mayoritas Proyek Pengotomasi Menggunakan Alat Otomasi Mesin Multi-Proses/ *Robotic* (Impor)

Perusahaan vendor mesin multi-proses/*robotic* masih didominasi oleh perusahaan asing sehingga penanganan order terhadap mesin multi-proses/*robotic* yang dilakukan oleh tenaga kerja dalam negerinya terkait pada jasa order, perakitan, dan pengintegrasian sistem (proses produksi dilakukan diluar negeri). Dapat dilihat pada grafik di Gambar 9, bahwa terdapat penurunan pada total reduksi karyawan serta total penambahan karyawan pada kondisi mayoritas proyek pengotomasian menggunakan alat otomasi mesin multi-proses/*robotic* apabila dibandingkan dengan *output* pada kondisi normal. Penurunan total reduksi dan penambahan karyawan tersebut diakibatkan oleh terjadinya penurunan pada total proyek pengotomasian yang terjadi karena waktu kedatangan mesin multi-proses/*robotic* yang cenderung lebih lama dibandingkan alat otomasi berbasis PLC. Hal tersebut membuat perusahaan pengguna membutuhkan rentang waktu yang lebih lama untuk melakukan pemesanan alat otomasi pada sub sistem produksi selanjutnya. Sedangkan penurunan pada total penambahan karyawan diakibatkan oleh keterlibatan pekerja dalam negeri yang lebih sedikit pada proses pembuatan mesin multi-proses/*robotic* (hanya mencakup jasa order, perakitan, dan pengintegrasian sistem).

5.2. Analisis

Berikut ini merupakan analisis keseluruhan model berdasarkan skenario yang telah dilakukan.

1. Pada grafik perbandingan total karyawan reduksi dan total penambahan karyawan per tahun, terlihat bahwa mayoritas reduksi karyawan mulai terjadi pada tahun ke-11. Hal tersebut dikarenakan pada tahun-tahun awal perusahaan melakukan penerapan alat otomasi, perusahaan masih dapat menampung dan mengalokasikan karyawan-karyawannya sehingga belum terjadi reduksi karyawan akibat penerapan alat otomasi.
2. Jumlah dan laju kecepatan proyek pengotomasian berpengaruh terhadap banyaknya penambahan karyawan, namun pada suatu waktu jumlah penambahan karyawan secara berangsur akan menurun karena perusahaan telah cukup besar untuk menampung seluruh permintaan proyek alat otomasi, di lain pihak jumlah reduksi karyawan pada perusahaan pengguna alat otomasi konstan. Dengan demikian pada beberapa tahun kedepan jumlah reduksi karyawan dapat menjadi lebih besar dibandingkan jumlah penambahan karyawan.
3. Apabila mayoritas proyek pengotomasian dilakukan dengan menggunakan mesin multi-proses/*robotic* dimana proses produksinya dilakukan di luar negeri (impor), maka jumlah penambahan karyawan akan menjadi lebih sedikit dibandingkan jumlah reduksi karyawan pada perusahaan pengguna alat otomasi karena keterlibatan pekerja dalam negeri pada proses pembuatan mesin multi-proses/*robotic* terbatas pada proses perakitan dan instalasi.
4. Jumlah pekerja yang mengalami reduksi bergantung pada besarnya daya tampung perusahaan pengguna alat otomasi. Dimana besarnya daya tampung perusahaan dipengaruhi oleh tingkat order konsumen yang dimiliki oleh perusahaan tersebut, apabila tingkat order konsumen perusahaan tersebut tinggi maka kemungkinan besar perusahaan tersebut akan melakukan pengembangan perusahaan sehingga daya tampung perusahaan untuk pengalokasian pekerja akibat penerapan alat otomasi dapat menjadi lebih besar dan jumlah pekerja yang mengalami reduksi menjadi lebih sedikit.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Penelitian ini telah menghasilkan model simulasi berbasis agen yang dapat menggambarkan efek penerapan alat otomasi terhadap jumlah lapangan kerja yang ditinjau dari perbandingan jumlah pekerja yang mengalami reduksi pada perusahaan pengguna alat otomasi terhadap jumlah penambahan karyawan yang dilakukan oleh perusahaan-perusahaan yang terkait dalam pasokan alat otomasi.

Berdasarkan skenario yang telah dilakukan dengan menggunakan data hipotesis, dihasilkan suatu *output* bahwa jumlah dan laju kecepatan proyek pengotomasian berpengaruh terhadap banyaknya penambahan karyawan, namun pada suatu waktu jumlah penambahan karyawan secara berangsur akan menurun sementara jumlah reduksi karyawan pada perusahaan pengguna alat otomasi konstan. Dengan demikian dalam jangka waktu panjang jumlah reduksi karyawan dapat menjadi lebih besar dibandingkan jumlah penambahan karyawan dan diperlukan lapangan kerja baru sehingga pekerja yang mengalami reduksi akibat penerapan alat otomasi dapat tertampung, seperti pada bidang pariwisata, jasa organizer, bidang transportasi, bidang kuliner, bidang seni, dll.

6.2. Saran

Pada penelitian lebih lanjut diharapkan untuk dilakukan pengambilan data-data yang lebih akurat dan lebih representatif sehingga dapat dilakukan validasi model yang dapat dibandingkan dengan data sesungguhnya. Selain itu juga disarankan untuk dilakukan pengurangan pada penggunaan asumsi, pertimbangan terhadap faktor ekonomi makro, pencarian informasi lebih lanjut mengenai logika penambahan pekerja tidak langsung pada perusahaan manufaktur, serta dilakukan pertimbangan mengenai perkembangan perusahaan dalam negeri dalam pembuatan mesin multi-proses/*robotic*.

REFERENSI

- AutoMotoTV.(2011). *Toyota Factory in Mississippi USA*, [Online].<http://www.youtube.com/watch?v=hg5RlapdEtE>. Diakses tanggal 21 Maret 2013.
- Daellenbach, H. G.(1994). *Systemand Decision Making : A Management Science Approach*. John Wiley & Sons, Ltd, England.
- Devi, F.O.(2013).*Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen untuk Analisis Pengaruh Penerapan Otomasi Industri Terhadap Lapangan Kerja*.Tugas Sarjana – Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Groover, M.P.(2001).*Automation, Production Systems, and Computer-Integrated ManufacturingSecond Edition*. Prentice-Hall, Amerika.
- Groover, M.P., Weiss, M., Nagel, R.N., dan Odrey, N.G.(1986). *Industrial Robotics : Technology, Programming, and Applications*. McGraw Hill.
- Mintchell, M.(2010). *How Much Unemployment Will Automation Cause?*, [Online].<http://www.automationworld.com/information-management/how-much-unemployment-will-automation-cause>.Diakses tanggal 3 Januari 2013.

North, M. J., dan Macal, C. M.(2007).*Managing Business Complexity : Discovering Strategic Solutions with Agent-Based Modeling and Simulation*. Oxford University Press, New York.

Owen, G.(2012). *Toyota Production Process*,
[Online].<http://www.youtube.com/watch?v=p2bSuqdDD1k>. Diakses tanggal 21 Maret 2013.

Sterman, J.(2000).*Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw Hill, USA.

Artikel non-personal, 25 Desember 2012, *Automation*, Wikipedia,
<http://en.wikipedia.org/wiki/Automation>,diakses tanggal3 Januari 2013.