

SIMULASI PEMANTAUAN UNIT PRODUKSI YANG MELIBATKAN PRODUK DAN MESIN PERKAKAS

Rachmad Hartono^{1,2)}, Sri Raharno¹⁾, Yatna Yuwana Martawirya¹⁾,
Bagus Made Arthaya³⁾

¹⁾Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung, 40153

³⁾Jurusan T.E.K. Mekatronika, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, 40141

e-mail: rachmad_hartono@unpas.ac.id ; harnos@ftmd.itb.ac.id ;

yatna@ftmd.itb.ac.id; bagusart@home.unpar.ac.id

Abstrak

Pada makalah ini akan diuraikan suatu cara untuk melakukan pemantauan suatu unit produksi yang meliputi pemantauan aktivitas mesin dan pemantauan posisi produk yang sedang diproses. Aktivitas ini merupakan langkah awal untuk mengimplementasikan konsep Sistem Produksi Terdistribusi Mandiri (SPTM) pada suatu unit produksi riil. Pada SPTM setiap elemen produksi dimodelkan oleh suatu objek cerdas di dalam komputer. Permasalahan pada unit produksi diselesaikan oleh model di komputer. Penyelesaian yang dihasilkan model ini diterapkan pada unit produksi riil. Agar model di komputer selalu terbaru (up to date), model tersebut setiap saat harus diperbarui kondisinya sesuai dengan kondisi riil di unit produksi. Pemantauan kondisi riil suatu unit produksi merupakan suatu aktivitas yang memerlukan ketelitian dan sulit dilakukan secara manual. Oleh karenanya pemantauan kondisi riil ini harus dapat dilakukan secara otomatis dengan menggunakan metoda yang sederhana. Pemantauan kondisi mesin dilakukan dengan cara mengubah kondisi status yang direpresentasikan dengan kondisi saklar yang terpasang pada setiap mesin yang disesuaikan dengan kondisi riil mesin. Pemantauan posisi produk dilakukan dengan cara memindai (men-scan) label produk setiap kali produk tersebut berada di suatu posisi yang telah ditentukan. Dari simulasi pemantauan ini kondisi model dapat diperbarui berdasar pada perubahan kondisi saklar dan perubahan posisi produk di suatu unit produksi.

Kata kunci: SPTM, pemantauan, otomatis, sederhana

PENDAHULUAN

Sistem produksi terdistribusi mandiri (SPTM) adalah suatu sistem produksi yang elemen-elemen produksinya merupakan elemen mandiri, yang perencanaan/ pengendalian produksinya dilakukan secara terdistribusi pada dan oleh elemen produksi mandiri, yang mampu menghindari adanya konflik di antara elemen produksi mandirinya karena adanya koordinasi antar elemen produksi mandiri tersebut. Pada SPTM, setiap elemen produksi dianggap memiliki kecerdasan dan diberi kebebasan untuk menentukan keputusan sesuai dengan ruang lingkungannya berdasarkan kondisi lingkungan dan kondisi dirinya.

Saat ini banyak peralatan produksi yang dilengkapi dengan pengendali yang dapat melakukan perhitungan dan pengambilan keputusan yang diperlukan bagi pengendalian peralatan produksi tersebut. Namun demikian terdapat pula elemen produksi yang tidak mempunyai perangkat pengendali seperti benda kerja, perkakas potong, alat bantu pegang dan sebagainya. Dengan demikian anggapan bahwa setiap elemen produksi yang mempunyai kecerdasan pada SPTM akan sulit diterapkan.

Untuk menjembatani kesenjangan antara konsep SPTM dengan kondisi riil sistem produksi dibuatlah suatu model yang dapat mewakili elemen-elemen produksi sistem produksi riil sesuai dengan konsep SPTM. Adanya perkembangan yang cepat di bidang teknologi komputasi, memungkinkan untuk membuat model sistem produksi dalam bentuk perangkat lunak.

Dalam bentuk perangkat lunak, setiap model yang mewakili elemen produksi riil diberi atribut dan metoda untuk mengambil keputusan. Atribut yang diberikan ke model disesuaikan dengan masalah yang ingin diselesaikan dalam pemodelan tersebut. Metoda atau fungsi pengambilan keputusan yang diberikan ke model disesuaikan dengan ruang lingkup penyelesaian masalah. Berdasarkan atribut yang dan metoda yang dimiliki model, setiap model dapat menilai suatu keadaan dirinya dan keadaan sekitarnya sehingga dapat mengambil keputusan sesuai dengan metoda yang telah diajarkan ke model yang bersangkutan.

Masalah yang terdapat pada sistem produksi riil dipindahkan ke model dalam bentuk perangkat lunak. Semua atribut yang dimiliki oleh elemen produksi riil dipindahkan ke model. Model akan saling berinteraksi dengan model yang lain sehingga akan dihasilkan suatu keputusan yang dianggap terbaik. Keputusan yang dihasilkan model diterapkan ke sistem produksi riil.

Selain dapat menyelesaikan masalah dengan cara yang lebih cepat, model juga dapat memperkirakan kondisi sistem produksi yang akan terjadi di masa mendatang. Perkiraan kondisi sistem produksi di masa mendatang sangat ditentukan oleh atribut-atribut model yang dimilikinya. Agar perkiraan tersebut mempunyai tingkat akurasi tinggi, atribut-atribut model senantiasa harus diperbarui setiap kali terjadi perubahan kondisi sistem produksi.

Sistem produksi umumnya melibatkan elemen-elemen produksi dalam jumlah banyak. Pembaruan atribut-atribut model sesuai dengan kondisi riil sistem produksi merupakan suatu aktivitas yang perlu dilakukan secara cermat dan teliti. Pembaruan atribut model akan merupakan masalah tersendiri bila dilakukan secara manual karena melibatkan data yang begitu banyak dengan keterkaitan data yang kompleks.

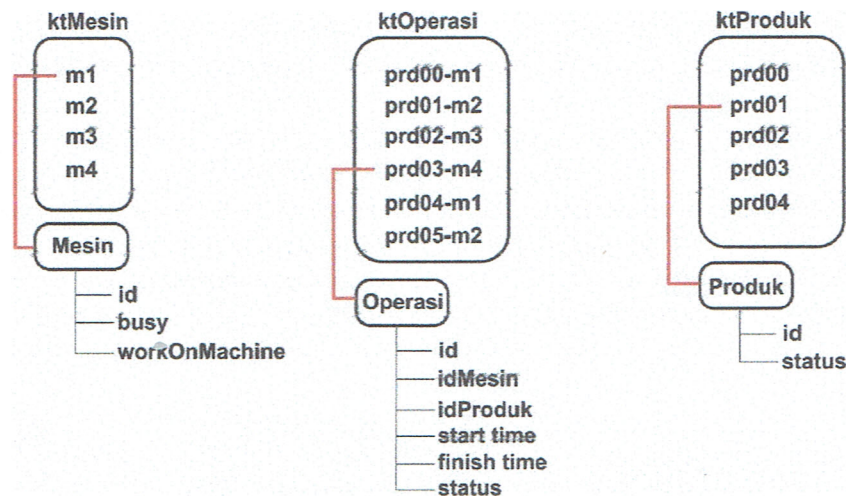
Salah satu alternatif untuk memperbarui atribut model sesuai dengan kondisi riil elemen produksi adalah melengkapi setiap elemen produksi dengan perangkat tertentu dan perangkat tersebut dihubungkan dengan perangkat lunak. Kondisi perangkat-perangkat yang dilekatkan ke setiap elemen produksi mencerminkan kondisi elemen-elemen produksi riil. Setiap terjadi perubahan kondisi pada perangkat tersebut, mengakibatkan perubahan atribut model sesuai dengan elemen produksi yang mana yang kondisinya mengalami perubahan.

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk mencari alternatif solusi untuk menghubungkan sistem produksi riil dengan model di perangkat lunak. Sistem produksi riil yang dimodelkan adalah sistem produksi yang hanya terdiri dari mesin perkakas dan produk. Model yang digunakan adalah model berorientasi objek. Perangkat pendeteksi perubahan kondisi model adalah saklar yang diletakkan pada setiap mesin perkakas dan pemindai (*scanner*) kartu kode batang (*barcode*) yang ditempelkan pada produk.

1. Pemodelan Sistem Produksi

Sistem produksi dimodelkan sebagai suatu sistem yang terdiri dari sekumpulan objek produk, sekumpulan objek mesin, dan sekumpulan objek operasi produksi. Objek produk dan objek mesin masing-masing mewakili produk dan mesin pada sistem produksi riil. Objek operasi merupakan rencana operasi yang harus dilakukan pada sistem produksi pada kurun waktu tertentu yang melibatkan produk dan mesin. Objek operasi tidak mewakili elemen produksi riil pada sistem produksi. Model sistem produksi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model sistem produksi yang terdiri dari produk, mesin, dan operasi

Produk dimodelkan sebagai objek yang mempunyai atribut id dan status. Atribut id produk mencerminkan identitas produk dan mempunyai nilai unik untuk setiap produk. Atribut status produk mencerminkan kondisi produk. Atribut status produk bernilai nol jika produk tersebut belum mengalami proses pengerjaan. Atribut status produk bernilai satu bila produk sedang mengalami pengerjaan. Atribut status produk bernilai dua bila produk telah selesai dikerjakan. Setiap produk memiliki satu proses pengerjaan.

Mesin perkakas dimodelkan sebagai objek yang mempunyai atribut id, busy, dan workOnMachine. Atribut id mesin mencerminkan identitas mesin dan mempunyai nilai unik untuk setiap mesin. Atribut busy mencerminkan kondisi mesin apakah sedang mengerjakan proses tertentu atau berada pada kondisi tidak mengerjakan proses apapun. Atribut busy bernilai nol jika mesin yang bersangkutan berada pada kondisi tidak mengerjakan proses apapun. Atribut busy bernilai satu bila mesin sedang mengerjakan suatu proses pada benda kerja. Atribut workOnMachine mencerminkan apakah di meja mesin perkakas masih terdapat benda kerja. Atribut workOnMachine bernilai nol bila di meja mesin perkakas tidak terdapat benda kerja. Atribut workOnMachine bernilai satu bila di meja mesin perkakas terdapat benda kerja.

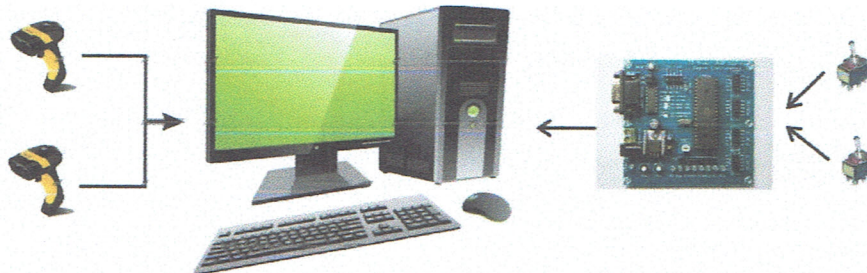
Operasi dimodelkan sebagai objek yang mempunyai atribut id, idMesin, idProduk, startTime, finishTime, dan status. Atribut id operasi mencerminkan identitas operasi. Atribut id operasi merupakan gabungan dari id produk dan id mesin yang berkaitan dengan operasi yang bersangkutan. Atribut idMesin merupakan id mesin perkakas yang digunakan untuk melaksanakan operasi yang bersangkutan. Atribut idProduk merupakan id produk yang dikerjakan pada operasi yang bersangkutan. Atribut startTime merupakan waktu dimulainya operasi yang bersangkutan menurut jadwal yang telah ditentukan. Atribut finishTime merupakan waktu selesainya operasi yang bersangkutan menurut jadwal yang telah ditentukan. Atribut status operasi mencerminkan kondisi operasi. Atribut status operasi bernilai nol jika operasi tersebut belum dikerjakan. Atribut status operasi bernilai satu bila operasi sedang dikerjakan. Atribut status operasi bernilai dua bila operasi telah selesai dikerjakan.

2. Perangkat Pendeteksi Perubahan Kondisi Elemen Produksi

Perubahan kondisi elemen produksi yang perlu dipantau pada penelitian ini adalah kondisi mesin apakah sedang dalam keadaan mengerjakan suatu proses tertentu atau berada pada kondisi tidak mengerjakan apapun dan posisi produk pada sistem produksi.

Pada penelitian ini, setiap mesin dilengkapi dengan satu saklar, dan setiap benda kerja dilengkapi dengan kartu kode batang (*barcode card*). Skematik perangkat pendeteksi dapat dilihat pada Gambar 2.

Setiap saklar yang dipasang pada mesin perkakas, salah satu kakinya dihubungkan dengan kaki I/O mikrokontroller dan satu kaki yang lainnya dihubungkan dengan *ground*. Bila saklar berada dalam kondisi terbuka, maka kondisi tegangan di kaki mikrokontroller yang terhubung ke saklar yang bersangkutan bernilai *high*. Bila saklar berada dalam kondisi tertutup, maka kondisi tegangan di kaki mikrokontroller yang terhubung ke saklar yang bersangkutan bernilai *low*. Kondisi setiap saklar akan dikirimkan oleh mikrokontroller ke komputer melalui komunikasi serial.



Gambar 2. Skematik perangkat pendeteksi perubahan kondisi sistem produksi

Barcode scanner digunakan untuk memindai (*scan*) kartu kode batang yang dilekatkan pada produk. Kartu kode batang berisi id produk yang bersangkutan. Beberapa *barcode scanner* diletakkan pada beberapa lokasi tertentu pada area sistem produksi. Setiap benda kerja yang masuk ke bagian tersebut akan dipindai dan hasilnya akan dikirimkan ke komputer. Setiap kali suatu produk mengalami pemindaian, status produk akan ditambah satu.

3. Program Pemantau Kondisi Sistem Produksi

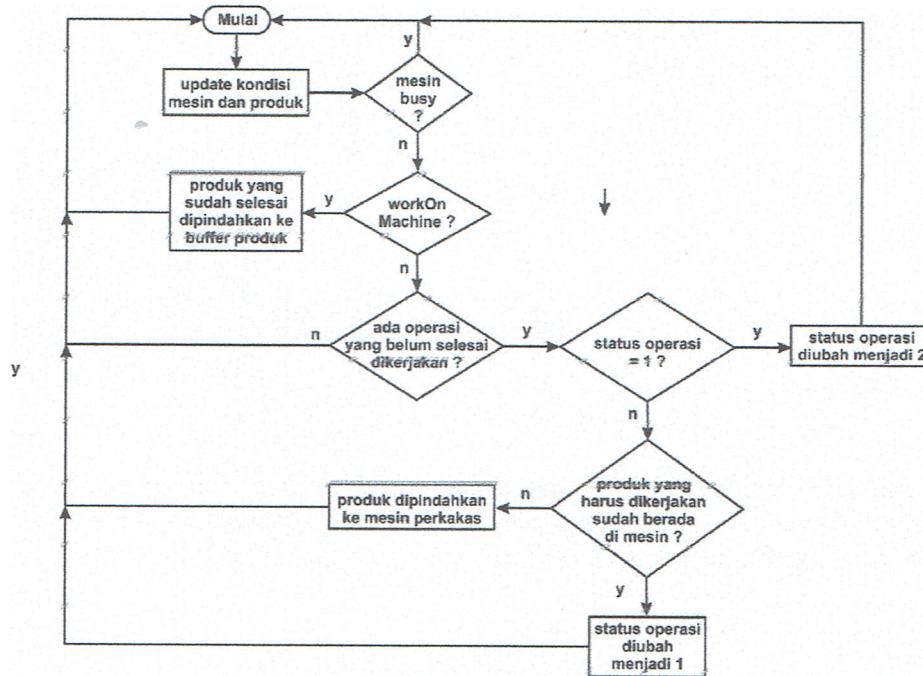
Program pemantau kondisi sistem produksi dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Java. Program aplikasi yang digunakan adalah NetBeans IDE 8.1. Program aplikasi NetBeans IDE 8.1 mendukung pemrograman berorientasi objek.

Program aplikasi NetBeans IDE 8.1 mempunyai fasilitas *threading*. *Threading* merupakan bagian program yang dieksekusi secara kontinyu dan tidak tergantung pada bagian program yang lain. Satu aplikasi program dapat terdiri dari beberapa *threading* dan masing-masing *threading* menangani tugas yang berbeda.

Program pemantau kondisi sistem produksi terdiri dari tiga *threading*. *Threading* pertama menangani komunikasi serial. Sinyal digital yang diterima dari mikrokontroller disimpan dalam suatu memori komputer. *Threading* kedua menangani pemindaian yang dilakukan oleh *barcode scanner*. Hasil pemindaian disimpan dalam suatu memori komputer. *Threading* ketiga menangani pemantauan kondisi sistem produksi berdasarkan data yang telah disimpan di kedua memori komputer oleh kedua *threading* yang lain.

Diagram alir *threading* yang ketiga dapat dilihat pada Gambar 3. *Threading* ketiga dieksekusi tiap satu detik. Langkah pertama pada *threading* ini adalah memperbarui kondisi mesin dan produk berdasarkan data yang telah tersimpan di memori komputer. Langkah berikutnya adalah mencari mesin yang sedang tidak mengerjakan apapun. Bila tidak terdapat mesin yang dimaksudkan, maka iterasi dimulai lagi dari awal. Bila terdapat mesin yang dimaksudkan, langkah selanjutnya adalah memeriksa apakah pada meja mesin perkakas terdapat benda kerja atau tidak.

Bila pada mesin perkakas masih terdapat benda kerja, maka program akan memberi peringatan agar benda kerja tersebut dipindahkan dari meja mesin perkakas ke buffer produk. Iterasi dimulai lagi dari awal. Bila pada mesin perkakas tidak terdapat benda kerja, berarti mesin perkakas berada pada kondisi untuk mengerjakan operasi berikutnya yang telah dijadwalkan.



Gambar 3. Diagram alir program pemantauan kondisi sistem produksi

Mesin mencari operasi yang belum selesai dikerjakan. Bila semua operasi telah selesai dikerjakan, maka mesin telah menyelesaikan seluruh operasi yang dibebankan kepadanya. Bila masih ada operasi yang belum selesai dikerjakan, maka langkah selanjutnya adalah memeriksa status operasi apakah operasi tersebut belum dikerjakan atau sedang dikerjakan.

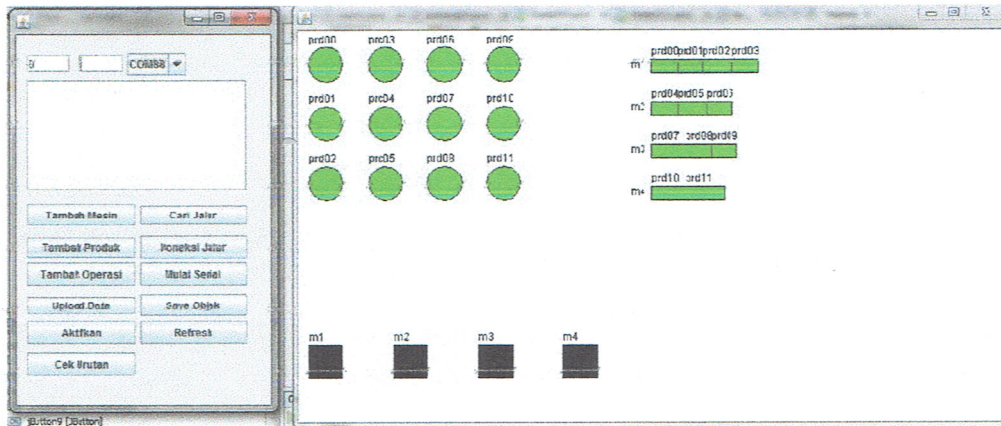
Bila operasi yang ditemukan mesin mempunyai status sama dengan satu, maka status operasi diubah menjadi dua. Iterasi dimulai lagi dari awal. Bila operasi yang ditemukan mesin mempunyai status tidak sama dengan satu, maka langkah berikutnya adalah memeriksa apakah produk yang harus dikerjakan pada operasi tersebut berada pada meja mesin perkakas.

Bila produk yang harus dikerjakan belum berada pada meja mesin perkakas, maka program akan memberi peringatan agar produk yang bersangkutan dipindahkan dari buffer produk ke meja mesin perkakas. Iterasi dimulai lagi dari awal. Bila produk yang harus dikerjakan sudah berada di atas meja mesin perkakas, produk akan langsung dikerjakan dan status operasi yang bersangkutan diubah menjadi satu.

PENGUJIAN PROGRAM

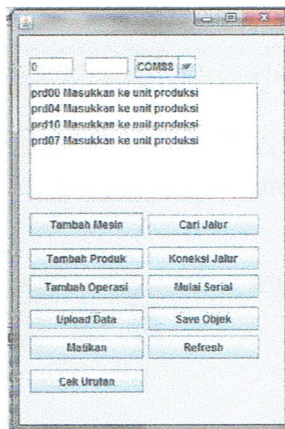
Program yang telah dibuat perlu diuji apakah program tersebut dapat mensimulasikan pemantauan perubahan kondisi sistem produksi. Pada pengujian ini, terdapat 12 produk yang harus diselesaikan dalam kurun waktu tertentu pada 4 buah mesin perkakas. Jadwal operasi setiap mesin dan produk telah ditentukan sebelumnya. Produk mengalami pemindahan posisi dari buffer produk ke meja mesin perkakas dan sebaliknya.

Jarak antara buffer produk dengan mesin perkakas dianggap cukup dekat. Setiap kali produk datang ke buffer produk atau ke meja mesin perkakas, kartu kode batang yang menempel di kartu kode batang dipindai oleh *barcode scanner*. Kondisi awal sistem produksi diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi awal sistem produksi

Ketika tombol Aktifkan di-klik, program akan memeriksa kondisi setiap objek dan melakukan aksi sesuai dengan diagram alir yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah tombol Aktifkan ditekan program akan memberi peringatan pada *listbox* seperti tampak pada Gambar 5.



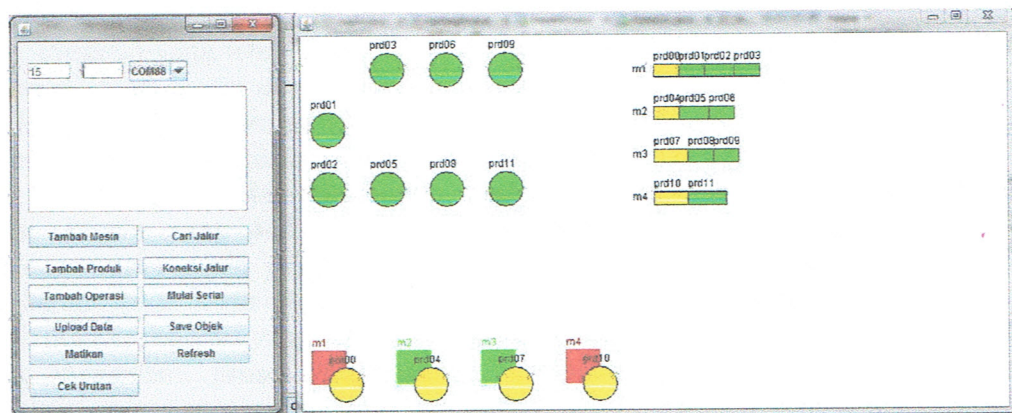
Gambar 5. Perintah untuk memindahkan beberapa produk ke unit produksi

Setelah produk-produk tersebut sampai di unit produksi, produk-produk tersebut dipindai oleh *barcode scanner* sehingga status produk berubah. Iterasi berikutnya, program akan memberikan peringatan pada *listbox* seperti tampak pada gambar 6.

Mesin yang telah mulai mengerjakan benda kerja posisi saklarnya diubah sehingga kondisi mesin berubah. Iterasi berikutnya, program akan menampilkan mesin-mesin yang sedang memproses benda kerja dan mengubah status operasi yang saat ini sedang dikerjakan. Operasi yang saat ini sedang dikerjakan diberi warna kuning pada *Gant chart*. Tampilan program pada saat beberapa mesin sedang mengerjakan benda kerja dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Peringatan agar semua mesin mengerjakan semua produk



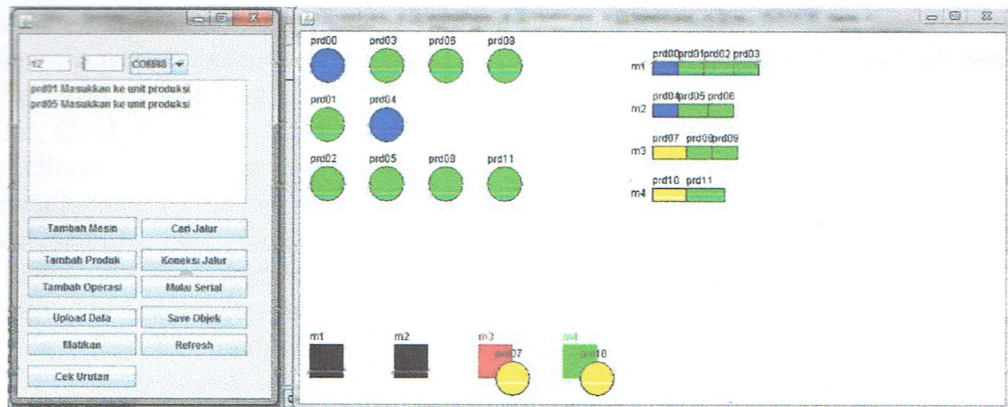
Gambar 7. Beberapa mesin mengerjakan benda kerja

Mesin yang telah selesai mengerjakan benda kerja status saklarnya akan diubah dari posisi *on* ke *off*. Iterasi berikutnya, program akan memberikan peringatan pada *listbox* seperti tampak pada Gambar 8.



Gambar 8. Peringatan untuk memindahkan produk dari mesin ke buffer produk

Produk yang telah sampai ke buffer produk dipindai lagi sehingga status produk berubah. Iterasi berikutnya, program akan memberikan peringatan pada *listbox* seperti tampak pada Gambar 9.



Gambar 9. Peringatan untuk memindahkan produk dari buffer produk ke mesin perkakas

ANALISA

Program yang telah dibuat dapat merespon perubahan posisi saklar yang mewakili perubahan status mesin dan perubahan posisi produk ketika kartu kode batang identitas produk dipindai oleh *barcode scanner*. Perubahan kondisi saklar dianggap terjadi pada saat awal atau saat akhir operasi sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

Program yang telah dibuat juga dapat menunjukkan status mesin, produk maupun operasi. Mesin yang sedang mengerjakan proses pengerjaan ditunjukkan dengan perubahan warna mesin yang selalu berubah dari merah ke hijau dan sebaliknya. Mesin yang berada pada kondisi tidak mengerjakan apapun ditunjukkan dengan warna hitam. Produk maupun operasi yang belum mengalami proses pengerjaan diberi warna hijau, yang sedang mengalami proses pengerjaan diberi warna kuning, dan yang telah selesai mengalami proses pengerjaan diberi warna biru.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pengujian dan analisa dapat disimpulkan bahwa program yang telah dibuat dapat mensimulasikan pemantauan kondisi sistem produksi melalui perubahan saklar pada setiap mesin dan pemindaian setiap produk yang telah memasuki area tertentu sistem produksi. Meskipun program dapat merespon perubahan saklar dan data input dari *barcode scanner*, respon tersebut masih belum dapat mencatat waktu riil saat terjadinya perubahan tersebut.

Model produk pada penelitian ini hanya mempunyai satu proses pengerjaan. Model produk tersebut dapat dikembangkan lagi menjadi model produk yang memiliki lebih dari satu proses pengerjaan. Posisi produk juga dapat dikembangkan lagi menjadi lebih dari dua posisi di area sistem produksi.

Waktu riil kejadian juga perlu dicatat sehingga akan mempunyai pengaruh pada jadwal yang telah ditentukan sebelumnya. Berdasarkan pemantauan kondisi sistem produksi akan dapat teramalkan apakah jadwal yang telah ditentukan akan dapat dipenuhi atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Jainury, Suhartini Mohd., Ramli, Rizauddin., Rahman, Mohd Nizam Ab., dan Omar, Azhari (2014). Integrated Set Parts Supply system in a mixed-model assembly line, *Computers & Industrial Engineering*, 75, 266-273.
2. Jana, Tarun Kanti., Bairagi, Bipradas., Paul, Soumen., Sarkar., dan Saha, Jyotirmoy (2013): Dynamic schedule execution in an agent based holonic manufacturing system, *Journal of Manufacturing Systems*, 32, 801-816.

3. Simao, Jean Marcelo., Stadzisz, Cezar Paulo., dan Morel, Gerard (2006). *Manufacturing execution systems for customized production*, *Journal of Materials Processing Technology*, 179, 268-275.
4. Lee, C. H. K., Choy, K. L., Law, K. M. Y., dan Ho, G. T. S. (2014). Application of intelligent data management in resource allocation for effective operation of manufacturing systems, *Journal of Manufacturing Systems*, 33, 412-422.
5. Valckenaers, Paul., Brussel, Van Hendrik., Verstraete, Paul., Germain, Bart Saint., dan Hadeli (2007). Schedule execution in autonomic manufacturing execution systems, *Journal of Manufacturing Systems*, 26, 75-84.
6. Zhong, Ray Y., Huang, George Q., Lan, Shulin., Dai, Q. Y., Zhang, T., dan Xu, Chen (2015). A two-level advanced production planning and scheduling model for RFID-enabled ubiquitous manufacturing, *Advanced Engineering Informatics*, xxx, xxx-xxx.