

Peningkatan Produktiviti Syarikat Pembuatan Melalui Penambahbaikan Fleksibiliti dan Kecekapan Masa: Satu Kajian Simulasi

Mohd Nizam Ab Rahman^a, Wan Hasrulnizzam Wan Mahmood^{a,b*}, Baba Md Deros^a

^aFakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia

^bFakulti Kejuruteraan Pembuatan, Universiti Teknikal Malaysia Melaka, Malaysia

*Corresponding author: hasrulnizzam@utem.edu.my

Article history

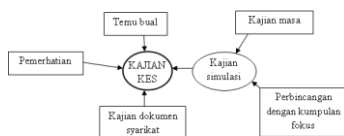
Received : 7 September 2012

Received in revised form :

14 January 2013

Accepted: 15 April 2013

Graphical abstract



Rajah 1: Peningkatan produktiviti ke arah kajian kes

Abstract

This paper provides the results of a simulation study in order to enhance productivity through the improvement of flexibility performance and time efficiency in manufacturing company. A composite aero manufacturing company was selected as a case study. From two simulation analysis using ARENA software, both flexibility performance and time efficiency have potential to improve productivity and reduce cost. It proves that the flexible resource management including logistics can help raise productivity improvements. The study also found that the computer simulation can provide individual or group work to assess the improvement alternatives more effective.

Keywords: Flexibility performance; time efficiency; simulation; aero composite manufacturing; productivity

Abstrak

Kertas kerja ini merupakan satu laporan kajian simulasi yang dijalankan untuk meningkatkan produktiviti menerusi penambahbaikan prestasi fleksibiliti dan kecekapan masa di syarikat pembuatan. Sebuah syarikat pembuatan aero komposit dipilih sebagai syarikat kajian kes. Daripada dua analisis simulasi yang menggunakan perisian ARENA, prestasi fleksibiliti dan kecekapan masa didapati berpotensi untuk meningkatkan produktiviti serta mengurangkan kos. Ia juga membuktikan kecekapan pengurusan sumber secara fleksibel termasuk logistik dapat membantu meningkatkan penambahbaikan produktiviti syarikat. Kajian ini mendapati simulasi berkomputer dapat memberikan individu atau kumpulan kerja untuk menilai alternatif penambahbaikan secara lebih efektif.

Kata kunci: Prestasi fleksibiliti; kecekapan masa; simulasi; pembuatan aero komposit; produktiviti

© 2013 Penerbit UTM Press. All rights reserved.

1.0 PENDAHULUAN

Peningkatan produktiviti merupakan satu usaha berterusan. Pelbagai syarikat termasuk sektor perkilangan dan perkhidmatan berusaha meningkatkan produktiviti, namun sering berlaku kegagalan pada penambahbaikan prestasi menyeluruh. Pengukuran produktiviti merupakan satu mekanisme pengurusan yang penting dan amat berkesan untuk mengawal serta memastikan prestasi organisasi selari dengan objektif yang telah ditetapkan. Ia bertujuan untuk menghasilkan maklumat yang relevan tentang prestasi organisasi yang boleh digunakan untuk memperkukuhkan pengurusan dalam membuat keputusan, mencapai matlamat dan memperbaharui keseluruhan prestasi, dan meningkatkan akauntabiliti [1]. Neely *et al.* [2] turut mendapati bahawa ia sesuai digunakan untuk menilai keberkesanan aktiviti yang spesifik. Terdapat dua unsur penting yang kurang mendapat perhatian dalam usaha penambahbaikan produktiviti iaitu fleksibiliti dan kecekapan masa. Ini kerana,

syarikat lebih menumpukan peningkatan prestasi kualiti produk dan pengurangan kos operasi yang dianggap sebagai pengukuran prestasi utama. Walaupun banyak literatur yang menggabungkan perhubungan antara prestasi, hanya sedikit yang membincangkan tentang bagaimana penambahbaikan prestasi fleksibiliti dan kecekapan masa dapat dicapai.

Kecekapan masa boleh ditentukan menerusi masa pemprosesan, masa mendulu, dan pengurangan jumlah kerja dalam proses. Masa pemprosesan adalah tertumpu pada setiap proses yang terlibat dalam satu aliran nilai produk [3]. Ia dilakukan untuk mengukur kecekapan proses secara individu dan digunakan untuk pengiraan bagi keperluan jumlah pekerja, mesin atau peralatan [4]. Ia turut mengambil kira fleksibiliti proses dan kebolehpayaan pemprosesan pada waktu kritikal. Ia juga dibuat untuk melihat potensi penambahbaikan berterusan yang melibatkan penilaian masa dalam setiap proses pembuatan termasuk masa pengurusan inventori, masa menunggu, masa

melalu dan lain-lain masa yang tidak memberikan nilai tambah kepada masa mendulu [5].

Masa mendulu merupakan jumlah masa diperlukan untuk menghasilkan produk akhir ke pasaran atau pelanggan [6]. Ia merujuk kepada kecekapan operasi pembuatan secara menyeluruh dan digunakan sebagai rujukan utama dalam perundingan bersama pelanggan termasuk penghantaran produk dan pembekalan. Pengurangan masa mendulu dapat mempercepatkan masa produk ke pasaran dan pada masa yang sama dapat meningkatkan kapasiti pengeluaran. Beberapa literatur mendapati bahawa prestasi masa mendulu turut dikaitkan dengan prestasi masa pemprosesan, walaupun terdapat syarikat yang gagal mengurangkan masa mendulu dengan pengurangan masa pemprosesan. Kegagalan mengurangkan masa mendulu disebabkan oleh ketidakseimbangan prestasi masa pemprosesan dan komitmen pekerja yang tidak konsisten [7]. Ia juga melibatkan faktor pengalaman pekerja yang berkadat langsung dengan peningkatan prestasi masa.

Terdapat beberapa istilah digunakan untuk menerangkan kerja dalam proses termasuk kerja separa siap, kerja belum siap, dan kerja tertangguh. Namun, ia merupakan liabiliti dalam pengurusan inventori. Ini kerana, ia mempunyai potensi risiko kerosakan serta penambahan kos dalam menguruskan lebih inventori [8]. Ia juga menunjukkan ketidakcekan teknik penjadualan pengeluaran [9]. Malah, ia menyukarkan pengukuran prestasi masa dibuat termasuk ramalan pengeluaran [10]. Oleh itu, pengurangan jumlah kerja dalam proses dapat meningkatkan kecekapan operasi kerana bilangan pengeluaran dan masukan dapat ditentukan secara lebih teratur termasuk bilangan pekerja atau peralatan.

Kajian literatur juga mendapati prestasi fleksibiliti dalam sistem pembuatan merupakan salah satu ukuran penting dalam produktiviti. Ia merujuk kepada kebolehpayaan sistem pembuatan untuk bertindakbalas terhadap perubahan yang berlaku pada reka bentuk atau kaedah pemprosesan produk [11]. Ia bergantung kepada trend permintaan [12], bilangan penghantaran [13, 14] dan kecekapan penghantaran [12]. Avittathur dan Swamidass [15] mendapati bahawa prestasi fleksibiliti dalam organisasi dipengaruhi oleh pembekal, sementara Badri *et al.* [16] menegaskan bahawa kepakaran teknologi serta peralatan tertentu perlu selaras dengan tahap prestasi dalam fleksibiliti.

Sebagai rumusan, terdapat jurang dalam kajian terdahulu yang mana prestasi fleksibiliti dan kecekapan masa tidak dijalankan secara lebih terperinci. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk: (a) mengenal pasti elemen yang boleh digunakan untuk penambahbaikan produktiviti menerusi peningkatan prestasi fleksibiliti dan kecekapan masa; dan (b) memberikan satu perspektif baru dalam membuat keputusan terhadap pihak pengurusan syarikat kajian kes melalui simulasi berkomputer.

■2.0 SIMULASI: SATU ALTERNATIF DALAM KAEDAH MEMBUAT KEPUTUSAN

Simulasi merupakan teknik atau kaedah yang popular digunakan untuk meramal keputusan jangkaan bagi tujuan penambahbaikan dalam sektor perkilangan [17, 18]. Ia juga merupakan kaedah yang digunakan untuk mengetahui perjalanan sebenar sistem operasi dengan tidak melibatkan penggunaan mesin atau peralatan sebenar. Menggunakan pendekatan simulasi, penjadualan operasi dapat dilakukan dengan lebih mudah dengan hanya merujuk data sedia ada. Walaupun demikian, simulasi tidak memberikan jawapan kepada penyelesaian masalah sesebuah sistem operasi namun ia boleh bertindak

sebagai satu alternatif yang boleh digunakan dalam membuat keputusan kritikal.

Daripada literatur, penyelidikan yang menggunakan kaedah simulasi perlu melibatkan perincian matlumat semasa tentang suatu sistem operasi yang boleh membantu industri membuat keputusan tepat berdasarkan perancangan yang telah dipersetujui. Beberapa parameter perlu diambilkira bagi memudahkan proses membuat keputusan dilakukan seperti bilangan pekerja, mesin atau peralatan, tempoh proses dan perjalanan bekalan, dan aliran operasi menyeluruh. Perkara ini telah dibuktikan oleh Turner dan Williams [19] yang menggunakan simulasi untuk membangun dan memberikan alternatif penambahbaikan dalam sektor perkilangan automotif. Ia juga dapat mengintegrasikan rangkaian pembekalan dan ujian pemprosesan yang turut memberi pengaruh kepada pelanggan, permintaan dan inventori. Ketidakpastian tentang kebolehpayaan operasi semasa dan akan datang dapat dikurangkan malah meningkatkan keyakinan pekerja untuk setiap cadangan penambahbaikan. Malah, ia juga memberikan tanggapan positif kepada seluruh organisasi terhadap pelaburan yang bakal dijalankan. Ini kerana, simulasi dapat mengurangkan risiko penggunaan peralatan sebenar dalam perancangan sistem operasi serta tidak melibatkan kos yang tinggi dalam proses penambahbaikan. Tambahan lagi, Marvel *et al.* [20] mendapati pengurus operasi dapat membangunkan model sistem pengeluaran yang berasaskan kepada senario “bagaimana jika (*what if*)” dalam simulasi untuk menentukan fokus dalam penambahbaikan berterusan dalam organisasi.

Pembangunan model simulasi dalam menentukan alternatif membuat keputusan merupakan suatu proses yang memerlukan perancangan yang terperinci. Ia melibatkan proses perancangan kapasiti dan pengukuran masa yang terlibat dalam sistem operasi yang dikaji. Setiap perisian tersebut mestilah memberikan impak positif kepada sistem operasi dan mampu memberikan penambahbaikan produktiviti termasuk pengurangan kos, pengurangan masa pengeluaran dan kecekapan mesin atau peralatan. Oleh itu, kajian ini penting untuk memberikan contoh aplikasi simulasi yang dapat digunakan oleh penganalisis operasi dan penyelidik dalam memberikan penambahbaikan berterusan dalam organisasi.

Terdapat banyak perisian simulasi berkomputer telah dihasilkan termasuklah Witness, AutoMod, ProModel, Arena dan Quest (Ds Delmia), yang mana mempunyai tujuan dan matlamat yang sama. Namun begitu, kajian ini menggunakan perisian Arena kerana berdasarkan kepada literatur ianya lebih dipilih kerana lebih mersa pengguna dan terdapat elemen animasi yang boleh digunakan untuk membantu kaedah persembahan dan meningkatkan kefahaman dalam membuat keputusan. Ia boleh diubah mengikut pilihan simulator dengan mengubah spesifikasinya secara terperinci yang diwakili oleh ikon-ikon tertentu. Tambahan lagi, analisis kajian simulasi dapat dipelbagaikan tanpa memberikan sebarang risiko terhadap aktiviti semasa yang dijalankan. Ia meliputi pelbagai lapangan kajian yang dinamik serta kompleks ke arah mendapatkan penyelesaian terbaik dalam usaha meningkatkan produktiviti pada kos yang minimum [21].

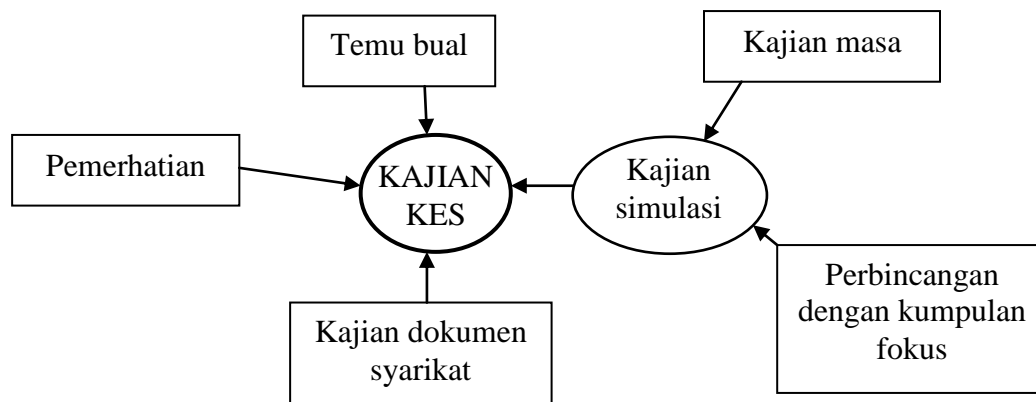
■3.0 KAEDAH KAJIAN

Kajian ini dijalankan berasaskan kepada kaedah triangulasi seperti Rajah 1. Daripada Rajah 1, satu kajian kes dijalankan ke atas syarikat pembuatan komponen aerokomposit untuk memahami senario sistem operasi pengeluaran sebenar. Kajian kes ini merangkumi kajian temu bual dengan kumpulan pengurusan utama syarikat, kajian dokumen termasuk

dokumentasi dan majalah syarikat, dan kajian simulasi ke atas salah satu proses utama di syarikat kajian kes. Kajian simulasi yang turut melibatkan perbincangan dengan kumpulan fokus dan kajian masa dilakukan untuk meneliti kaedah penambahbaikan prestasi syarikat terutamanya prestasi fleksibiliti dan kecekapan masa pengeluaran.

Bagi perincian kajian simulasi, hanya proses pelapisan dipilih kerana melibatkan pemprosesan komponen tunggal. Ini kerana, ia adalah unik dan tidak melibatkan pemprosesan komponen atau produk lain. Ia melibatkan acuan khas sebagai peralatan utama dan melibatkan pekerja yang paling ramai di syarikat kajian kes. Ia juga kompleks dan mempunyai lebih daripada 50 lapisan bahan komposit secara purata termasuk teras produk yang perlu disatukan untuk satu panel komponen atau produk. Proses pelapisan boleh dikategorikan sebagai proses pemasangan kit komposit yang tertakluk kepada kertas kerja atau dokumentasi khas bagi setiap panel komponen atau produk.

Kumpulan fokus terdiri daripada wakil pengurusan atasan, wakil pengurusan pertengahan dan wakil operator pengeluaran yang terlibat secara langsung dengan proses pelapisan berpendapat bahawa kajian simulasi ini berupaya untuk membuktikan penambahbaikan berterusan terutamanya dalam meningkatkan prestasi masa dan fleksibiliti. Pencapaian dalam penambahbaikan dalam prestasi pembuatan ini dapat meningkatkan moral pekerja dan kepercayaan terhadap sesuatu tindakan atau perubahan yang dilakukan. Misalnya, pelaksanaan 5S di kawasan kerja mendapat sambutan yang baik kerana 5S bukan sahaja dapat menjadikan tempat kerja lebih sistematik malah meningkatkan disiplin pekerja untuk melakukan tugas dengan lebih berkesan. Ia turut disokong oleh kajian Ho dan Fung [22], Ho [23], dan Pheng [24] yang membuktikan bahawa pelaksanaan 5S dapat mendisiplinkan pekerja malah menjadikan pekerja lebih produktif dan kreatif.

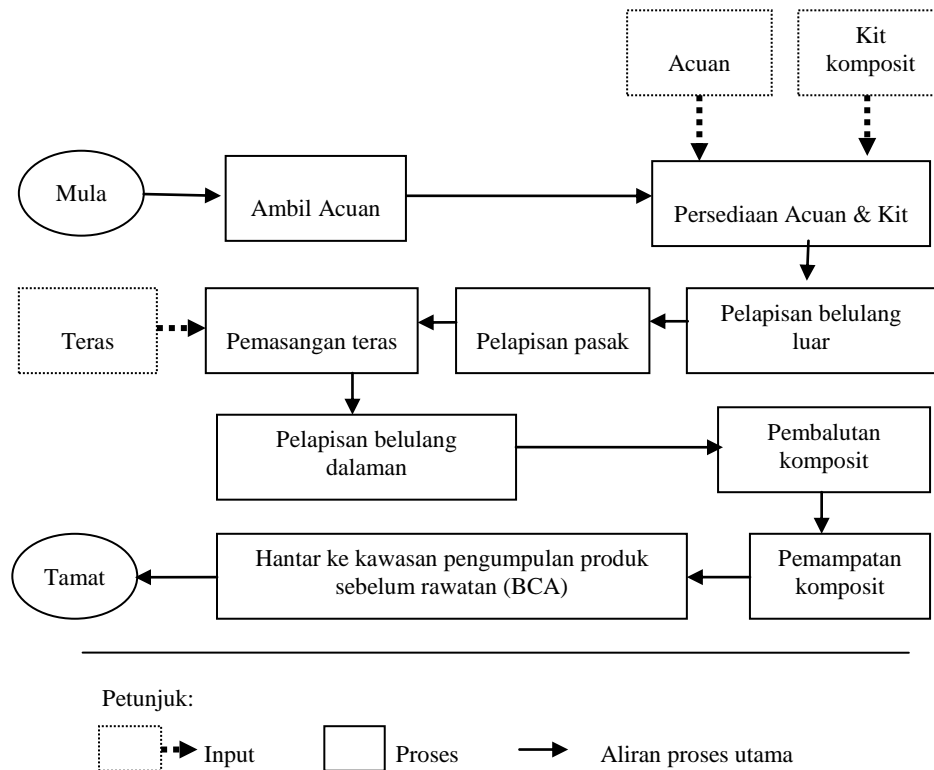


Rajah 1 Pendekatan triangulasi ke atas kajian kes

Kumpulan fokus berpendapat bahawa penambahbaikan yang boleh dicapai mestilah tidak melibatkan perubahan dalam aliran kerja piawai kerana pemprosesan produk di syarikat kajian kes adalah tertakluk kepada dokumentasi yang telah ditetapkan oleh pelanggan. Skop kajian simulasi adalah berdasarkan perisian ARENA 13.0 dan beberapa anggapan bagi tujuan kesahan. Tannock *et al.* [25] berpendapat bahawa “anggapan” perlu dibuat untuk menetapkan situasi atau satu fenomena kerana sekiranya terdapat perubahan terhadap ciri-ciri data dalam kajian simulasi, maka keputusan ujian boleh diragui. Malah, Kumar dan Phronmathed [26], dan Wassim Masmoudi *et al.* [27] turut memberikan pendapat sedemikian. Berikut akan menerangkan pengenalan kepada projek, dan pembentukan model simulasi dan pemungutan data termasuk pekerja, waktu bekerja, syif, dan masa pemprosesan. Analisis simulasi pula meliputi cadangan-cadangan penambahbaikan, batasan dan kesahan kajian.

■4.0 PENGENALAN KEPADA PROJEK

Proses pelapisan dimulakan dengan proses mendapatkan acuan yang telah dirawat di tempat persediaan acuan. Acuan akan dibawa secara manual ke kawasan kerja pelapisan di bilik bersih. Bilangan acuan yang diambil adalah bergantung pada permintaan produk harian seperti yang terdapat dalam jadual perancangan pengeluaran. Sekurang-kurangnya dua orang pekerja diperuntukkan untuk mendapatkan acuan. Berbeza dengan kit komposit yang diambil di tempat penyediaan kit pada hari sebelumnya. Kit komposit terlebih dahulu disimpan di rak sementara kit komposit yang berada di kawasan kerja pelapisan di mana bilangan acuan adalah sama dengan bilangan kit komposit yang telah diambil. Pada masa yang sama teras produk dikeluarkan dari bilik penstoran teras di gudang untuk dimasukkan ke dalam oven bagi tujuan rawatan sekurang-kurangnya dua jam. Kerja harian di proses pelapisan hanya melibatkan proses mendapatkan acuan dengan anggapan kit komposit dan teras produk telah disediakan sebelum mula aktiviti pelapisan pada rak-rak sementara.



Rajah 2 Carta aliran proses pelapisan

Setelah acuan diletakkan pada stesen kerja, acuan dan kit komposit akan diperiksa kembali untuk pengesahan dan dokumentasi. Proses ini amat penting kerana setiap dokumentasi akan dirujuk oleh pelanggan semasa penghantaran produk. Ia turut meliputi persediaan peralatan sokongan dan bahan komposit lain bagi tujuan pelapisan. Terdapat sepuluh stesen kerja yang boleh digunakan untuk proses pelapisan, dua rak komposit bagi tujuan pelapisan, satu rak kit komposit, dan satu rak teras produk. Pada suatu tempoh kerja (syif) sebanyak sepuluh panel dapat dihasilkan secara serentak. Proses seterusnya adalah pelapisan belulang luar diikuti dengan pelapisan pasak, pemasangan teras produk, pelapisan belulang dalaman, pembalutan komposit, pemampatan komposit dan diakhiri dengan penghantaran panel ke kawasan simpanan produk sebelum rawatan (BCA).

Proses-proses ini melibatkan kit komposit termasuk bahan komposit pelbagai gentian dan bahan komposit lain yang digunakan untuk tujuan mampatan dan balutan. Seorang pekerja sahaja yang diperuntukkan dalam menjalankan tugas ini kecuali penghantaran panel ke BCA yang memerlukan sekurang-kurangnya dua orang pekerja. Setiap lapisan bahan komposit yang disusun perlu mengikut prosedur kerja piawai yang meliputi sudut lapisan dan bentuk potongan lapisan komposit yang pelbagai. Kegagalan pekerja dalam pelapisan bahan komposit menyebabkan ketidakakuran produk yang tidak boleh dikitar semula malah kerugian pada kos yang tinggi. Masalah ketidakseimbangan ketebalan dan kekuatan panel adalah antara contoh ketidakakuran yang disebabkan oleh proses pelapisan yang dipersetujui oleh kumpulan kualiti semasa pemeriksaan akhir produk sebelum penghantaran produk kepada pelanggan. Peratusan purata ketidakakuran kualiti bagi proses pelapisan ialah 11 %.

Jadual 1 menunjukkan lain-lain keterangan proses yang meliputi bilangan pekerja/syif, waktu kerja/syif, dan waktu

rehat/syif. Berdasarkan Jadual 1, jumlah pekerja yang terlibat dalam proses pelapisan adalah seramai 15 orang/hari dibahagi dalam 2 syif. Setiap syif meliputi 8 jam waktu bekerja termasuk 75 minit waktu rehat. Pekerja-pekerja dikehendaki bekerja selama tempoh 5 hari/minggu menjalankan aktiviti proses pelapisan selama 6 jam dan 45 minit per hari secara efektif selepas ditolak waktu rehat. Waktu kerja bagi setiap syif adalah secara bergilir-gilir setiap minggu.

Jadual 1 Lain-lain keterangan bagi proses pelapisan

Item	Syif A	Syif B	Jumlah /Tempoh
Bilangan pekerja/syif	8	7	15/hari
Waktu kerja/syif	8.00 am – 16.00 pm	16.00 pm – 24.00 am	8 jam/syif
Waktu rehat/syif	9.30 am – 9.45 am 13.00 pm – 14.00 pm	17.30 pm – 17.45 pm 20.00 pm – 21.00 pm	15 minit/syif 60 minit/syif

Bagi analisis simulasi, taburan data kajian masa dianalisis dengan menggunakan aplikasi *Input Analyzer* dalam perisian ARENA bagi mendapatkan taburan data yang paling relevan dan mempunyai ralat pengukuran paling rendah seperti dipamerkan dalam Jadual 2. Daripada Jadual 2, didapati bahawa taburan data *Beta* dikenal pasti sebagai taburan data utama dalam proses pelapisan diikuti dengan taburan *Weibull* dan taburan *Lognormal*. Penentuan jenis taburan data ini penting kerana keputusan analisis adalah berbeza mengikut data atau input yang dimasukkan ke dalam pengkalan data simulasi [18].

Jadual 2 Keputusan *Input Analyzer* bagi penentuan masa proses pelapisan

Proses	Masa pemprosesan (minit) (Semasa)	Ralat pengukuran (%)
Ambil acuan	$12.5+5 *Beta(1.94, 2.32)$	0.75
(masa cadangan penambahbaikan)	$2.52+0.96*Beta(1.89, 2.28)$	0.78
Persediaan acuan & kit komposit	$52.5+Weib(5.65, 165)$	1.10
Pelapisan belulang luar	$16.5+Weib(5.1, 1.73)$	2.12
Pelapisan pasak	$14.5+Weib(5.86, 2.18)$	2.23
Pemasangan teras	$77.5+Logn(6.78, 6.61)$	3.03
Pelapisan belulang dalaman	$9.5+Logn(5.38, 4.23)$	8.20
Pembalutan komposit	$64.5+11*Beta(1.09, 1.71)$	3.29
Pemampatan komposit	$59.5+15*Beta(0.98, 1.36)$	2.18
Hantar ke BCA	$8.5+5*Beta(2.9, 2.29)$	0.05

5.0 PEMBENTUKAN MODEL SIMULASI: ANALISIS DAN PERBINCANGAN

5.1 Analisis Simulasi Pertama

Pembentukan model kajian simulasi pertama ditetapkan dengan hanya mengambil kira proses pelapisan Syif A. Tempoh kajian model adalah meliputi 8 jam operasi per hari dan data-data yang diproses adalah melibatkan aktiviti pemprosesan yang dijalankan oleh pekerja Syif A. Bagi tujuan analisis, sebanyak 8 unit panel dijadikan sebagai jumlah permintaan (output) di mana masa pemprosesan bagi perincian proses adalah seperti Jadual 2. Berdasarkan kepada analisis simulasi data semasa (Jadual 2), didapati bahawa pekerja Syif A adalah gagal untuk menghasilkan lapan unit panel dalam tempoh 8 jam waktu kerja seperti mana yang dijadualkan dalam perancangan pengeluaran. Ia disahkan oleh kumpulan fokus kerana ketika ini pekerja diberikan kerja lebih masa untuk mendapatkan bilangan panel yang dicadangkan. Perbincangan dibuat untuk menambahbaik sistem pengeluaran sediaada. Menurut kumpulan fokus, masa pemprosesan adalah berada pada tahap optimum dan penambahbaikan boleh ditumpukan kepada logistik atau jarak stesen kerja. Dengan mengambil kira pertimbangan tersebut, penulis mencadangkan agar jarak ambil acuan dikurangkan. Pintu tambahan diperlukan supaya aliran ambil acuan baru dapat diadakan. Perubahan ini akan mengurangkan jarak pada kadar 1/5 berbanding jarak asal dan masa pemprosesan bagi ambil acuan dapat dikurangkan sekurang-kurangnya 3 minit dan maksimum 4 minit di mana taburan data adalah taburan *Beta* seperti mana yang ditunjukkan dalam Jadual 2 (masa cadangan penambahbaikan ambil acuan).

Daripada analisis simulasi, didapati bahawa cadangan untuk mengadakan pintu tambahan untuk ambil acuan dapat memberikan kecekapan pengeluaran yang diharapkan. Jadual 3 menunjukkan ringkasan keputusan analisis simulasi semasa dan cadangan bagi pekerja dan input/output. Daripada Jadual 3,

didapati bahawa pengurangan masa dalam logistik ambil acuan dapat menjadikan output berjaya dihasilkan mengikut jumlah input pada waktu kerja normal malah dapat mengurangkan peratusan penglibatan pekerja daripada 83.78% kepada 81.19%. Ini bermaksud bahawa dengan adanya penambahbaikan ini, pekerja mempunyai lebih masa untuk melakukan aktiviti tambahan jika perlu. Aktiviti-aktiviti tambahan yang dimaksudkan termasuklah kerja pembersihan tempat kerja mengikut amalan 5S, kitar semula, dan lain-lain yang mana berpotensi memberikan nilai tambah kepada organisasi dari segi efektif kos dan penambahbaikan berterusan. Ho [23] membuktikan bahawa masa bagi melaksanakan aktiviti penambahbaikan tidak memerlukan masa kerja tambahan namun kecekapan operasi dapat memberikan masa tambahan tersebut kerana pekerja telah dibayar imbuhan dalam tempoh waktu bekerja.

Jadual 3 Ringkasan keputusan analisis simulasi semasa dan cadangan (pekerja dan input/output)

Butiran	Semasa (tanpa kerja lebih masa)	Semasa (dengan 1 jam kerja lebih masa bagi dua pekerja)	Cadangan
Penglibatan pekerja	83.78%	77.37%	81.19%
Waktu kerja (jam)	8	9	8
Input (unit panel)	8	8	8
Output (unit panel)	3	8	8
WIP (unit panel)	Beg Akhir = 3	-	-
	Hantar ke BCA = 2		
Kos Tambahan (RM)	-	RM 50.00/hari	

Dalam pada itu, prestasi semasa yang melibatkan sekurang-kurangnya 2 orang pekerja kerja lebih masa dalam tempoh 1 jam dapat mengurangkan peratusan pekerja sehingga 77.37 % secara purata di mana sebanyak 79.89 % kerja efektif pekerja yang bekerja pada waktu kerja normal dan 74.85 % merupakan peratusan kerja efektif bagi pekerja lebih masa. Turut disahkan oleh kumpulan fokus bahawa bagi pengeluaran output iaitu 8 unit panel sehari, pihak syarikat terpaksa menanggung kos tambahan sekurang-kurangnya RM50.00 sehari bagi kerja lebih masa. Bagi tempoh setahun pihak syarikat akan menanggung kos kerja lebih masa di proses pelapisan ini sekurang-kurangnya RM13000.00. Jumlah kos tambahan tahunan tersebut adalah melebihi kos ubahsuai bagi pintu tambahan di bilik bersih untuk cadangan penambahbaikan logistik ambil acuan. Dengan mempertimbangkan cadangan ini, pihak syarikat akan dapat pulangan modal dalam tempoh 11 bulan operasi.

Berdasarkan kepada kumpulan fokus, tempoh 1 jam kerja lebih masa tersebut adalah kadar minimum diberikan ekoran tiada kegagalan proses yang terlibat sepanjang tempoh bekerja. Kegagalan proses yang dimaksudkan termasuklah kegagalan peralatan dan masalah ketidakakuratan kit komposit serta kemalangan di tempat kerja. Kerja lebih masa diperlukan bagi menggantikan pekerja yang cuti sakit atau cuti rehat sepanjang waktu kerja. Pekerja baru yang terlibat dalam proses pelapisan

ini diberikan kerja lebih masa untuk meningkatkan kecekapan kerja, jika perlu.

Jadual 4 Ringkasan keputusan analisis simulasi semasa dan cadangan (masa pemprosesan)

Butiran aktiviti	Semasa (tanpa kerja lebih masa)		Semasa (dengan satu jam kerja lebih masa bagi dua pekerja)		Cadangan	
	Masa kerja Efektif (minit)	Masa menunggu (minit)	Masa kerja Efektif (minit)	Masa menunggu (minit)	Masa kerja Efektif (minit)	Masa menunggu (minit)
Ambil acuan	14.84	7.36	14.84	7.37	2.96	1.43
Persediaan acuan & kit komposit	69.08	0.00	67.46	0.00	68.35	0.00
Pelapisan belulang luar	67.12	43.97	68.78	49.41	65.06	0.00
Pelapisan pasak	10.81	78.91	11.72	40.90	11.31	83.14
Pemasangan teras	13.85	0.00	11.86	0.00	12.51	0.00
Pelapisan belulang dalaman	20.99	14.44	20.69	11.89	20.99	0.00
Pemalutan komposit	20.85	14.45	86.08	14.45	20.57	12.63
Pemampatan komposit	85.17	0.000	86.08	0.00	86.28	13.42
Hantar ke BCA	58.87	7.42	58.87	7.42	58.87	1.48
Keseluruhan aktiviti	361.60	166.57	426.41	131.46	346.93	112.11
% penambahbaikan			Semasa (tanpa kerja lebih masa)		4.06%	32.70%
			Semasa (dengan satu jam kerja lebih masa bagi dua pekerja)		18.64%	14.72%

Jadual 4 menunjukkan keputusan analisis masa pemprosesan termasuk masa kerja efektif dan masa menunggu bagi setiap aktiviti yang terlibat. Daripada Jadual 4, didapati bahawa pengurangan masa ambil acuan dalam mengurangkan masa menunggu terutamanya bagi pelapisan belulang luar daripada 43.97 minit kepada tiada masa menunggu berbanding dengan prestasi semasa yang tidak melibatkan kerja lebih masa. Ini menunjukkan bahawa satu penambahbaikan yang ketara kerana masa menunggu yang terlibat dalam pertengahan proses dapat memberikan impak negatif kepada keseluruhan proses. Masa kerja efektif bagi lain-lain proses tidak termasuk ambil acuan turut meningkat ekoran daripada pengurangan masa menunggu. Keputusan ini turut memberikan sebanyak 4.06 % penambahbaikan masa kerja efektif dan 32.70 % pengurangan masa menunggu berbanding dengan prestasi semasa tanpa kerja lebih masa.

Didapati bahawa masa kerja efektif bagi prestasi semasa yang melibatkan kerja lebih masa bagi 2 orang pekerja dalam tempoh sembilan jam waktu kerja iaitu 426.41 minit menunjukkan jumlah masa yang tinggi berbanding dengan waktu kerja efektif cadangan. Ini membuktikan bahawa pada prestasi semasa, pekerja memerlukan sekurang-kurangnya 426.41 minit untuk menghasilkan lapan unit panel per syif. Masa yang diperlukan adalah melebihi masa efektif cadangan sebanyak 18.64 %.

5.2 Analisis Simulasi Kedua

Bagi kajian simulasi kedua, penulis turut pertimbangkan cadangan kumpulan fokus untuk menganalisis logistik acuan di syarikat kajian kes. Ini kerana, proses pelapisan menggunakan acuan produk utama dan acuan boleh dianggap tiada sebarang masalah kualiti semasa proses pelapisan. Kemudian, acuan dari bilik bersih (proses pelapisan) akan dibawa kepada BCA untuk dikumpulkan mengikut jumlah tertentu untuk rawatan komposit menggunakan autoklaf (AC). Malah, acuan-acuan disusun secara bertingkat untuk mengoptimalkan penggunaan AC. Masa pemprosesan bagi

rawatan komposit di AC adalah tetap namun proses masukan dan pengeluaran acuan sering berubah. Produk komposit yang telah dirawat kemudiannya dibawa ke tempat pengumpulan produk selepas rawatan (ACA). Di ACA, susunan acuan bertingkat diceraikan kepada satu acuan untuk dihantarkan kepada kawasan ceraian acuan (DWA) untuk proses pemisahan acuan dan panel produk. Seterusnya, acuan akan diselenggara dan dirawat menggunakan oven untuk digunakan pada proses pelapisan. Menurut kumpulan fokus, jumlah acuan adalah melebihi jumlah permintaan produk harian. Oleh itu, acuan yang telah dirawat akan dihantar ke kawasan penyediaan acuan (MPA) untuk diperiksa dan proses dokumentasi. Logistik acuan berakhir di MPA kerana acuan yang telah dirawat dan tiada sebarang masalah kualiti dianggap efektif untuk digunakan.

Jadual 5 menunjukkan keputusan kajian masa logistik (dari-ke) acuan. Daripada Jadual 5, didapati bahawa logistik acuan dari ACA ke DWA melibatkan lebih masa berbanding dengan lain-lain. Daripada pemerhatian, penulis mendapati bahawa jarak antara kedua-dua tempat kerja ini adalah lebih jauh, malah acuan pada ketika ini masih dilengkapi dengan peralatan sokongan termasuk peralatan rawatan komposit dan pemisahan produk. Oleh itu, masa penghantaran acuan menjadi lebih lama kerana pergerakannya dilakukan secara manual. Dalam pada itu, diperhatikan bahawa masa acuan dari BCA ke AC, dan AC ke ACA lebih lama mengikut nisbah jarak. Ini kerana, pergerakan acuan adalah secara kumpulan dan tersusun yang menjadikan pergerakannya lebih sukar. Ia juga perlu dilakukan secara berhemah bagi memastikan kualiti produk walaupun menggunakan trak angkat susun.

Jadual 5 Keputusan *Input Analyzer* bagi penentuan masa logistik acuan

Dari-Ke	Masa pemprosesan (minit)	Ralat pengukuran (%)
BB-BCA (masa semasa) (masa cadangan penambahbaikan)	Normal(11, 0.632)	0.09
	Tria (5, 5.5, 6)	20.16
BCA-AC	13.5+4*Beta(0.552, 0.747)	0.70
AC-ACA	14.5+Expo(1.3)	4.12
ACA-DWA (masa semasa) (masa cadangan penambahbaikan)	Normal(21, 0.632)	0.09
	Tria (5, 5.5, 6)	20.16
DWA-Oven	11.5+4*Beta(0.552, 0.747)	0.70
Oven-MPA	17.5+4*Beta(0.578, 0.639)	9.63

Dalam kajian simulasi kedua, pemerhatian terhadap masa pemprosesan yang terlibat dalam kitaran acuan dijalankan seperti Jadual 6. Daripada Jadual 6, kajian masa bermula dengan proses pelapisan dan berakhir dengan proses rawatan acuan. Proses-proses ini merupakan masa melahu bagi acuan, namun ia adalah masa pemprosesan utama yang dikira dalam masa piawai terutamanya masa mendulu. proses rawatan komposit menggunakan autoklaf melibatkan masa pemprosesan paling lama iaitu melebihi 21 jam, diikuti dengan proses pemisahan acuan dan panel produk iaitu lebih 11 jam dan proses pelapisan yang melibatkan masa pemprosesan selama enam atau tujuh jam. Manakala, lain-lain masa pemprosesan kurang dari tempoh 1 jam. Dalam kajian simulasi kedua, hanya acuan sahaja diambil kira. Mesin dan lain-lain termasuk bilangan pekerja tidak diambil kira dalam analisis kajian simulasi. Masa operasi adalah berdasarkan kepada 24 jam per hari.

Jadual 6 Keputusan *Input Analyzer* bagi penentuan masa proses penyediaan acuan

Proses	Masa pemprosesan (minit)	Ralat Pengukuran (%)
Proses pelapisan	321+11*Beta(0.885, 0.671)	0.86
Proses longgokan acuan	27.5+8*Beta(0.61, 0.58)	6.80
Proses rawatan komposit	1.23e+003+82*Beta(0.126, 0.141)	12.32
Proses ceraian acuan	32.5+Gamm(1.98, 1.57)	4.98
Proses pemisahan acuan dan panel produk	660+27*Beta(0.277, 0.385)	11.76
Proses rawatan acuan	59.5+4*Beta(0.747, 0.522)	0.70

Jadual 7 Ringkasan keputusan analisis simulasi semasa dalam tempoh 42 jam operasi

Input	Output	WIP	Masa kerja Efektif (minit)	Masa menunggu (minit)	Masa logistik (minit)	Total masa pemprosesan (minit)
15	14	1	2400.62	6.17	97.38	2504.19
16	9	7	2408.08	6.46	92.92	2507.47
17	0	17	-	-	-	-
18	18	0	2358.97	7.48	96.71	2463.17
19	0	19	-	-	-	-
20	14	6	2401.08	7.98	98.08	2507.14
21	0	21	-	-	-	-
22	0	22	-	-	-	-
23	0	23	-	-	-	-
24	0	24	-	-	-	-
25	0	25	-	-	-	-
26	15	11	2406.41	6.80	96.07	2509.29
27	19	8	2407.75	5.20	93.34	2506.30
28	0	28	-	-	-	-
29	29	0	2354.92	7.47	102.56	2464.95
30	30	0	2376.91	7.12	95.76	2479.79

Aliran acuan proses yang melibatkan logistik acuan tidak berubah tetapi susun atur atau kedudukan tempat kerja disemak semula dengan beberapa cadangan penambahbaikan. Perbincangan dengan kumpulan fokus, mendapati bahawa lokasi BCA dan ACA boleh ditukarkan. Ini kerana, pada operasi semasa terdapat silang laluan logistik semasa keluar masuk acuan ke dalam autoklaf. Malah, ia dilaporkan mempunyai risiko kemalangan acuan. Oleh itu, jika penambahbaikan ini dilakukan, masa logistik akan berubah seperti masa cadangan logistik pada Jadual 5.

Jadual 8 menunjukkan ringkasan keputusan analisis simulasi cadangan dalam tempoh 42 jam operasi. Daripada Jadual 8, didapati bahawa tiada acuan yang gagal disediakan dalam tempoh 42 jam operasi. Walaupun demikian, terdapat kerja dalam proses bagi nilai input tertentu. Nilai input yang optimum bagi cadangan penambahbaikan adalah 15, 16, 18, 20, 26, 27, 29 dan 30 unit acuan di mana nilai input dan output adalah sama bagi 42 jam operasi. Dapat diperhatikan bahawa input iaitu 18, 29 dan 30 unit acuan berada pada tahap optimum bagi logistik semasa dan cadangan. Sekiranya pihak syarikat menetapkan nilai input tersebut sebagai pilihan input maka mereka tidak perlukan sebarang penambahbaikan dari segi logistik acuan yang dicadangkan.

Jadual 8 Ringkasan keputusan analisis simulasi cadangan dalam tempoh 42 jam operasi

Input	Output	WIP	Masa kerja Efektif (minit)	Masa menunggu (minit)	Masa logistik (minit)	Total masa pemprosesan (minit)
15	15	0	2400.57	7.45	81.51	2489.54
16	16	0	2414.57	6.86	77.03	2498.47
17	8	9	2425.02	8.52	78.92	2512.47
18	18	0	2358.76	7.77	80.52	2447.05
19	12	5	2429.99	6.34	79.96	2516.29
20	20	0	2407.18	6.51	81.66	2495.36
21	7	14	2427.98	6.93	80.29	2515.21
22	7	15	2426.48	7.84	79.82	2514.15
23	7	16	2428.47	6.19	81.52	2516.19
24	10	14	2429.06	7.81	78.08	2514.95
25	14	11	2427.43	5.74	78.41	2511.59
26	26	0	2414.13	6.74	79.55	2500.43
27	27	0	2412.54	5.77	76.82	2495.14
28	12	16	2430.69	6.72	77.47	2514.90
29	29	0	2354.16	7.97	86.70	2448.83
30	30	0	2377.08	7.21	79.51	2463.80

Jadual 9 menunjukkan ringkasan peratus penambahbaikan prestasi masa cadangan berbanding prestasi semasa dalam tempoh 42 jam operasi. Dari segi peratusan penambahbaikan prestasi masa logistik, didapati bahawa sekurang-kurangnya 17.69 % penambahbaikan masa logistik dapat ditingkatkan pada input acuan iaitu 27 unit. Julat peratus penambahbaikan adalah 15.46 % hingga 17.69 % bagi nilai input dan output yang sama dalam tempoh 42 jam operasi. Berdasarkan kepada keputusan kajian simulasi kedua ini dapat dirumuskan bahawa penambahbaikan masa logistik dapat memberikan pencapaian prestasi output dan kombinasi input dan output pada tahap optimum. Ia juga dapat mengenal pasti fleksibiliti input yang terbaik dalam proses persediaan acuan di syarikat kajian kes.

Jadual 9 Ringkasan peratus penambahbaikan prestasi masa cadangan berbanding prestasi semasa dalam tempoh 42 jam operasi

Input	% penambahbaikan			
	Masa kerja Efektif	Masa menunggu	Masa logistik	Total masa pemprosesan
15	0.00	-20.79	16.29	0.58
16	-0.26	-6.15	17.09	0.35
17	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	-3.77	16.74	0.65
19	0.00	0.00	0.00	0.00
20	-0.25	18.38	16.73	0.47
21	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00
26	-0.32	0.83	17.19	0.35
27	-0.19	-10.98	17.69	0.44
28	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.03	-6.70	15.46	0.65
30	-0.00	-1.27	16.96	0.64

Hasil kajian ini menyokong kajian Abdulmalek dan Rajgopal [28] yang turut mendapati simulasi berkesan kepada analisis aliran proses dalam system pembuatan *Lean*. Greasley [29] mengenal pasti bahawa simulasi bukan sahaja dapat menganalisis penambahbaikan proses, malah dapat membantu organisasi untuk meningkatkan kecekapan mengurus aktiviti pembekalan. Jansen *et al.* [30] pula mendapati syarikat juga perlu membuat pertimbangan termasuk kesediaan, keupayaan dan kepakaran pekerja dalam merealisasikan keputusan simulasi. Ini kerana, simulasi hanya mempamerkan keputusan cadangan penambahbaikan tetapi tidak menerangkan kaedah bagaimanakah pelaksanaannya dilakukan [26].

6.0 KESIMPULAN

Kajian simulasi pertama fokus kepada prestasi masa pemprosesan, prestasi masa mendulu, prestasi pengurangan kerja dalam proses sementara kajian simulasi kedua fokus kepada prestasi fleksibiliti dan prestasi kecekapan penggunaan peralatan. Prestasi kos pembuatan turut dipertimbangkan kerana berdasarkan kepada perbincangan dengan kumpulan fokus, pertimbangan terhadap prestasi kos perlu dilakukan kerana syarikat kajian kes mengutamakan pengurangan kos dalam setiap aktiviti yang dirancang.

Terdapat batasan kajian seperti tempoh kajian, kos, polisi dan kerahsiaan syarikat menjadikan skop kajian terpaksa dikecilkan bahkan tidak dapat diuji secara menyeluruh. Bagi tujuan penambahbaikan terhadap batasan kajian ini, beberapa cadangan kajian akan datang dipertimbangkan seperti berikut:

- melakukan kajian sebenar terhadap simulasi berkomputer yang telah didiperolehi daripada hasil kajian ini;
- mengadakan analisis perbandingan dengan beberapa proses dalam satu rangkaian produk; dan
- menguji beberapa alternatif lain yang boleh digunakan oleh syarikat pembuatan dalam meningkatkan produktiviti secara menyeluruh.

Berdasarkan kepada beberapa cadangan kajian akan datang, penulis yakin bahawa simulasi berkomputer ini dapat dipertingkatkan di kalangan pengurusan operasi perkilangan malah dapat digunakan secara efektif dalam pembuatan keputusan pada kos yang minimum.

Penghargaan

Kajian ini adalah tajaan Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) melalui geran FRGS (UKM-KK-02-FRGS0202-2010) dan Kementerian Pengajian Tinggi terutamanya Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) di bawah “Skim Latihan Akademik IPTA (SLAI)”.

References

- [1] Hervani, A. A., Helms, M. M. & Sarkis, J. 2005. Performance Measurement for Green Supply Chain Management. *Benchmarking: An International Journal* 12(4): 330–353.
- [2] Neely, A., Gregory, M. & Platts, K. 2005. Performance Measurement System Design: A Literature Review and Research Agenda. *International Journal of Operations and Production Management* 25(12): 1228–1263.
- [3] Wader, M. 2005. *Lean Tools: A pocket Guide To Implementing Lean Practices*. Madras: Productivity & Quality Publishing Private limited.

- [4] Barners, R. M. 1980. *Motion and Time Study-Design and Measurement of Work*. Edisi ke-7. Canada: John Wiley & Sons.
- [5] Vachon, S. & Klassen, R. D. 2008. Environmental Management and Manufacturing Performance: The Role of Collaboration in the Supply Chain. *International Journal of Production Economics* 111: 299–315.
- [6] Chan, F. T. S. 2003. Performance Measurement in a Supply Chain. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 21: 534–548.
- [7] Johansson, E., Bellgran, M., & Johansson, M. I. 2006. Evaluation of Materials Supply Systems During Product Development Projects. *International Journal of Production Research*. 44: 903–917.
- [8] Liu, H., Wang, H. & Yang, J. 2005. Dynamic Stability Analysis of an Inventory Control System. *Advances in System Science and Applications*. 5(3): 359–367.
- [9] Cagliano, R., Caniato, F., & Spina, G. 2006. The Linkage Between Supply Chain Integration and Manufacturing Improvement Programmes. *International Journal of Operations and Production Management*. 26(3): 282–299.
- [10] Davies, A. J., & Kochbar, A. K. 2002. Manufacturing Best Practice and Performance Studies: A Critique. *International Journal of Operations and Production Management*. 22(3): 289–305.
- [11] Chang, S.-C., Yang, C.-L., Cheng, H.-C., & Sheu, C. 2003. Manufacturing flexibility And Business Strategy: An Empirical Study of Small and Medium Sized firms. *International Journal of Production Economics*. 83(1): 13–26.
- [12] Morgan, C. 2004. Structure, Speed and Salience: Performance Measurement in the Supply Chain. *Business Process Management Journal*. 10(5): 522–536.
- [13] Gunasekaran, A., Patel, C., & McCaughey, R. E. 2004. Framework for Supply Chain Performance Measurement. *International Journal of Production Economics*. 87: 333–347.
- [14] Bhagwat, M. & Sharma, M. K. 2007. Performance Measurement of Supply Chain Management: A Balanced Scorecard Approach. *Computers and Industrial Engineering*. 53: 43–62.
- [15] Avittathur, B., & Swamidass, P. M. 2007. Matching Plant flexibility and Supplier flexibility: Lessons from Small Suppliers of US manufacturing Plants in India. *Journal of Operations Management*. 25(3): 717–735.
- [16] Badri, M. A., Davis, D. & Davis, D. 2000. Operations Strategy, Environmental Uncertainty and Performance: A Path Analytic Model of Industries in Developing Countries. *Omega*. 28(2): 155–173.
- [17] Mahmood, W. H. W., Ab Rahman, M. N., Md Deros, B. & Jaharah, A. G. 2011. Improving Production Line Performance: A Case Study. *Applied Mechanics and Materials*. 44–47: 4136–4140.
- [18] Kelton, W. D., Sadowski, R. P. & Sturrock, D. T. 2007. *Simulation with Arena*. Edisi Ke-4. New York: McGraw Hill Higher Education.
- [19] Turner, K. & Williams, G. 2005. Modeling Complexity in the Automotive Industry Supply Chain. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 16(4): 447–458.
- [20] Marvel, J. H., Schaub, M. A., & Gary Weckman, G. 2005. Validating the Capacity Planning Process and Flowline Product Sequencing Through Simulation Analysis. In *Proceeding: Winter Simulation Conference*. U.S.A.
- [21] Khan, R. M. R. 1999. Simulation Modeling of a Garment Production System Using a Spreadsheet to Minimize Production Cost. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 11(5): 287–299.
- [22] Ho, S. K. M. & Fung, C. K. H. 1994. Developing a TQM Excellence Model. *TQM Magazine*. 6: 24–30.
- [23] Ho, S. K. M. 1999. Japanese 5-S-where TQM Begins. *TQM Magazine*. 11: 311–320.
- [24] Pheng, L. S. 2001. Towards TQM-integrating Japanese 5-S Principles with ISO 9001:2000 Requirements. *TQM Magazine*. 13: 334–341.
- [25] Tannock, J., Cao, B., Farr, R., & Byrne, M. 2007. Data-driven Simulation of the Supply Chain—Insights from the Aerospace Sector. *International Journal of Production Economics* 110: 70–84.
- [26] Kumar, S. & Phrommathed, P. 2006. Improving a Manufacturing Process by Mapping and Simulation of Critical Operations. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 17(1): 104–132.
- [27] Wassim Masmoudi, Hedi Chtourou & Aref Y. Maalej. 2006. A Simulation-expert-system-based Approach for Machine Sizing of Production Systems. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 17(2): 187–198.
- [28] Abdulmalek, F. A. & Rajgopal, J. 2007. Analysing the Benefits of Lean Manufacturing and Value Stream Mapping via Simulation: A Process Sector Case Study. *International Journal of Production Economics*. 107(1): 223–236.
- [29] Greasley, A. 2008. Using Simulation to Assess the Introduction of Technology in a Continuous Operations Process. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 19(8): 979–984.
- [30] Jansen, D. R., Weert, A. V., Beulens, A. J. M., & Huime, R. B. M. 2001. Simulation Modelo Multi-Compartment Distribution in the Catering Supply Chain. *European Journal Of Operational Research*. 133: 210–224.