



Simulasi Sistem Produksi Dan Penerapan Sistem Produksi Hybrid Push/Pull: Studi Kasus PT. Moreen JBBK

Harrtyan Muhammad^{1*}, RR. Ratih Dyah Kusumastuti¹

¹ Departemen Manajemen, Fakultas Ekonomi & Bisnis, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat, 16424, Indonesia.

*Correspondence: harrtyanm@gmail.com

Diterima: 25 Juni 2024

Direvisi: 25 Juli 2024

Disetujui: 29 Agustus, 2024

ABSTRAK

Latar belakang: Penelitian ini membahas mengenai dampak penerapan sistem hybrid push/pull pada perusahaan produsen komponen otomotif yang menggunakan sistem produksi push pada proses produksinya. Hasil dari penelitian banyak ahli menunjukkan bahwa dengan penetapan sistem produksi hybrid perusahaan bisa mendapatkan keuntungan dari dua tipe produksi yaitu sistem produksi push dan juga pull, serta dapat mengurangi kelemahan dari masing-masing sistem. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan manfaat terhadap perbaikan sistem produksi dan menjadi pertimbangan terhadap perusahaan dalam optimalisasi terhadap proses produksinya. Perusahaan yang dijadikan objek penelitian adalah PT. Moreen JBBK, produsen komponen otomotif yang berlokasi di Jababeka, Cikarang, Jawa Barat. **Metode:** Analisis sistem produksi dan juga penerapan sistem produksi hybrid push/pull pada penelitian ini akan dilakukan dengan metode simulasi discrete event dengan menggunakan software simulasi Arena. **Temuan:** Teknik analisis statistik yang digunakan untuk pengujian hipotesis adalah Korelasi Pearson. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketangkasan belajar berkorelasi positif dengan perilaku kerja inovatif, $r(537) = 0,61$, $p < 0,001$. **Kesimpulan:** Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan oleh universitas dalam mengembangkan program yang dapat membantu mengasah kemampuan *learning agility* sehingga meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam berinovasi.

KATAKUNCI: perilaku kerja inovatif, *learning agility*, korelasional, mahasiswa.

ABSTRACT

Background: This study discusses about the impact of applying hybrid push/pull production system to automotive component manufacturer which uses push production system in its production process. Many experts have conducted research on the hybrid push/pull production system. The results of the study indicate that with the establishment of hybrid production system the company can take the benefit from two types of production push and pull, and can reduce the weaknesses of each system. The push system has a weakness in its high inventory levels, while the pull system has a weakness in long lead time production. The purpose of this study is to provide benefits to the improvement of production systems and into consideration of the company in the optimization of the production process. The company that used as research object is PT. Moreen JBBK, a company that produces automotive components located in Jababeka, Cikarang, West Java. **Method:** Analysis of production system and also implementation of hybrid push/pull production system in this research will be conduct by discrete event simulation method using Arena simulation software. **Findings:** The statistics analysis technique used for hypothesis testing was Pearson's Correlation. The result showed that learning agility is positively correlated with the innovative work behavior, $r(537) = 0,61$, $p < 0,001$. **Conclusion:** After this study, the result might be used as one of the references for university to develop program where student could develop their learning agility and become more innovative.

KEYWORDS: innovative work behavior, learning agility, correlational research, undergraduate student.

Cite This Article: Muhammad, H., & Kusumastuti, R. R. D. (2024). Simulasi sistem produksi dan penerapan sistem produksi hybrid push/pull: Studi kasus PT. Moreen JBBK. *Journal of Economic Resilience and Sustainable Development* 1(2), 159–174. <https://doi.org/10.61511/ersud.v1i2.2024.1070>

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1. Pendahuluan

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) sektor industri manufaktur atau pengolahan merupakan the leading sector yang memberikan sumbangan terbesar dalam Produk Domestik Bruto (PDB) dan memberi dampak pada pertumbuhan ekonomi Indonesia (BPS, 2016). Pada tahun 2016 pertumbuhan kumulatif sektor industri pengolahan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) sebesar 4,61 persen sampai Triwulan III tahun 2016 (BPS, 2016). Kinerja perekonomian Indonesia pada triwulan III tahun 2016 terhadap PDB berdasarkan harga konstan meningkat sebesar 3,20 persen dari Rp. 2.353.522,9 miliar menjadi Rp. 2.428.722,3 miliar. Sedangkan kontribusi sektor industri pengolahan terhadap PDB pada triwulan III tahun 2016 sebesar Rp. 511.165,2 miliar atau sebesar 19,90 persen. (BPS, 2016)

Kontribusi industri kendaraan bermotor terhadap pendapatan domestik bruto (PDB) (GAIKINDO, 2016). Data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan, bahwa sektor alat angkutan mencatatkan pertumbuhan paling tajam sejak 2013, yakni tumbuh sebesar 8,39% pada kuartal II/2016 (GAIKINDO, 2016).

Seiring dengan perkembangan industri otomotif, permintaan produksi pada industri komponen dalam negeri pun meningkat. Menurut Kementerian Perindustrian, Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) sudah mencapai 85 persen (Liputan 6, 2017). Angka ini, menurut mereka, sebaiknya ditingkatkan.

Penerapan sistem produksi yang dapat mengoptimalkan produktivitas merupakan tantangan yang dihadapi oleh setiap produsen. Saat ini dengan tingkat persaingan semakin tinggi dengan permintaan konsumen yang semakin terdiferensiasi, biaya yang rendah, dan juga kualitas yang tinggi menjadi faktor yang penting untuk memenangkan persaingan (Jeroen & Reinot, 2010).

Sistem hybrid push/pull adalah sistem integrasi dari karakteristik kinerja yang bertentangan dari kedua sistem push dan pull sehingga didapat kinerja sistem yang lebih baik (Ghrayeb, et al, 2008). Pada sistem hybrid push/pull, stasiun produksi hulu dikendalikan oleh produksi push, sedangkan produksi dari stasiun produksi hilir dikendalikan oleh sistem produksi pull (Cochran, J. K. 2008).

PT. Moreen JBBK adalah produsen komponen otomotif sepeda motor dalam negeri. Perusahaan ini juga termasuk dalam sektor industri pengolahan yang mempunyai kontribusi terbesar terhadap PDB. Oleh karena itu, perbaikan kinerja pada PT. Moreen JBBK diharapkan dapat berkontribusi pada pertumbuhan industri otomotif dan juga perekonomian Indonesia. Saat ini PT Moreen JBBK melakukan aktivitas produksinya dengan sistem push dengan membuat Master Production Schedule (MPS) dan Material Resource Planning (MRP) berdasarkan peramalan permintaan dari konsumennya. Permasalahan yang dihadapi oleh PT. Moreen JBBK adalah perkiraan permintaan yang telah dibuat berbeda dengan permintaan aktual. Akibatnya keseluruhan biaya operasional pun ikut meningkat dikarenakan inventori dalam sistem yang menumpuk. Kondisi tersebut yang membuat diperlukannya analisis sistem produksi pada PT. Moreen JBBK saat ini untuk mengoptimalkan sistem produksi yang diharapkan mampu meningkatkan produktivitas dan juga mengurangi tingkat inventori yang ada.

Pada umumnya terdapat tiga kategori sistem produksi yang berkembang saat ini, yakni push, pull dan hybrid (Takahashi & Nakamura, 2004). Metode untuk merilis pesanan produksi ke unit kerja yang menjadi dasar pembeda sistem produksi push dan pull, sedangkan sistem produksi hybrid merupakan gabungan dari kedua sistem sebelumnya.

1.1 Sistem Produksi Push

Perilaku Sistem produksi push merupakan sistem produksi yang menerapkan strategi perencanaan terpusat. Perencanaan tersebut akan mempengaruhi sejak tahapan awal hingga tahapan akhir dalam suatu proses produksi (Ip, et al, 2002). Produksi dalam sistem

ini didorong oleh asumsi permintaan di masa mendatang yang dapat diketahui melalui data historis pemesanan atau dengan melakukan peramalan permintaan (demand forecasting).

Sistem produksi push dapat digambarkan sebagai sistem perencanaan top-down karena semua keputusan kuantitas produksi berasal dari perkiraan permintaan yang disusun pada Master Production Schedule (MPS) yang akan dieksekusi dengan menggunakan material resource planning (MRP).

Karakteristik sistem ini dapat meminimalkan delivery lead time karena sudah tersedianya komponen work in process (WIP) maupun produk jadi akibat produksi yang sesuai dengan jadwal dan tidak terputus (Hochreiter, 1999). Namun, hal itu menyebabkan volume produksi tinggi, baik dalam bentuk produk setengah jadi ataupun produk jadi. Akibatnya, sistem memiliki persediaan yang tinggi yang berakibat pada biaya penyimpanan yang tinggi pula (Hochreiter, 1999).

1.2 Sistem Produksi Pull

Sistem produksi pull memulai produksinya berdasarkan sinyal penyelesaian proses dari tahapan selanjutnya pada suatu sistem (Deleersnyder, et al, 1989). Produksi dalam sistem ini akan memberi sinyal kepada proses produksi sebelumnya untuk mengambil produk yang diperlukan dari hasil proses produksi sebelumnya hanya dalam jumlah dan waktu yang dibutuhkan, dan sinyal ini juga memicu terjadinya produksi untuk pengisian kembali persediaan barang yang telah digunakan atau diambil untuk kebutuhan proses selanjutnya (Heizer & Render, 2014).

Sistem produksi pull memproduksi berdasarkan permintaan aktual pelanggan (Hochreiter, 1999). Saat permintaan pelanggan muncul maka akan segera dipenuhi dengan persediaan produk jadi, dan saat produk jadi tersebut menipis atau habis maka sinyal kanban dikeluarkan untuk memicu produksi pada unit proses produksi sebelumnya sehingga persediaan produk jadi kembali tersedia (Hochreiter, 1999). Proses tersebut akan terus berlanjut hingga ke proses produksi awal. Oleh karena itu, sistem produksi pull memiliki inventori barang jadi maupun setengah jadi yang rendah dalam sistemnya, karena produksi hanya dilakukan dalam jumlah yang dibutuhkan, yang jumlah tersebut berasal dari aktual permintaan. Namun sistem produksi pull seringkali menghadapi tantangan karena dapat memunculkan ketidakcukupan persediaan produk setengah jadi jika diterapkan pada kondisi tingkat permintaan dengan variasi sedang hingga tinggi, sehingga diperlukan mekanisme backordering yang cukup signifikan (Hochreiter, 1999).

1.3 Sistem Produksi Hybrid

Sistem Sistem ini menggabungkan kedua sistem produksi pull dan push, untuk memaksimalkan keunggulan serta mengurangi kerugian dari kedua sistem ini sehingga dapat tercipta performa produksi yang optimal. Sistem hybrid mampu menggabungkan kedua sistem push dan pull sehingga dapat memaksimalkan kelebihan dan meminimalkan kekurangan dari masing-masing sistem (Marmulak, 2011).

Sistem hybrid muncul karena kedua sistem sebelumnya yakni push dan pull memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, sehingga sistem ini ingin mengeliminasi kekurangan tersebut dan menguatkan keunggulan dengan mengkombinasikan kedua sistem tersebut.

Pada sistem produksi hybrid, produksi akan diawali dengan model produksi push, lalu terdapat titik dimana sistem produksi berganti menjadi model sistem pull. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, titik tersebutlah yang berupa junction point (JP). Perintah produksi awal dikeluarkan berdasarkan perkiraan permintaan bulanan hingga masuk kedalam safety stock dengan bentuk barang setengah jadi atau semi-finished products pada JP (Ghrayeb, et al, 2008). Setelah titik JP produksi akan dilanjutkan kembali saat menurunnya tingkat safety stock barang jadi (finished products) akibat permintaan pelanggan (Ghrayeb, et al, 2008). Hal tersebut akan mempengaruhi proses produksi

sebelumnya dengan memakai perintah kanban untuk memperbarui tingkat safety stock seperti model sistem produksi pull (Ghrayeb, et al, 2008).

1.4 Simulasi Event Diskrit

Sistem Discrete-event simulation menurut Law (2007) merupakan sekumpulan entitas yang bertindak serta saling mempengaruhi antar aliran dalam sistem. Discrete-event simulation merupakan model simulasi untuk sistem yang memiliki serangkaian peristiwa diskrit dalam suatu waktu. Setiap kejadian yang muncul pada jangka waktu tertentu menandai perubahan suatu kondisi dalam sistem (Robinson, 2004).

Menurut Jacobson (2006), simulasi event diskrit merupakan pendekatan dan metode analisis yang lazim digunakan dalam penelitian operasi yang memberikan kemudahan peneliti untuk menilai efisiensi sistem yang sudah terbangun dengan merumuskan “what-if” questions. Selain itu, simulasi event diskrit dapat membantu pelaku bisnis untuk mengidentifikasi dan mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah atau menyebabkan bottlenecks (Duda, 2011). Menurut Park (2005), simulasi event diskrit mengacu kepada pemodelan sistem dimana nilai entitas dalam sistem akan berubah secara diskrit atau hanya pada satu titik pada satuan waktu ketika terjadi peristiwa yang dapat merubah entitas tersebut dilaksanakan, tidak seperti sistem kontinyu yang menilai semua titik pada jangka waktu tertentu dengan persamaan matematik ketika peristiwa perubahan berlangsung.

2. Metode

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk menganalisis sebuah sistem produksi yang diterapkan pada sebuah perusahaan industri manufaktur melalui simulasi event diskrit dan menerapkan konsep sistem produksi hybrid. Sistem produksi hybrid telah dinyatakan dapat mengurangi kelemahan dari masing-masing sistem produksi dasar yaitu push dan pull, yang membuat sistem tersebut patut untuk diterapkan pada penelitian ini. Untuk melihat dampak penerapan tersebut, dilakukan sebuah studi kasus pada PT. Moreen JBBK, suatu produsen komponen otomotif yang menerapkan sistem produksi push.

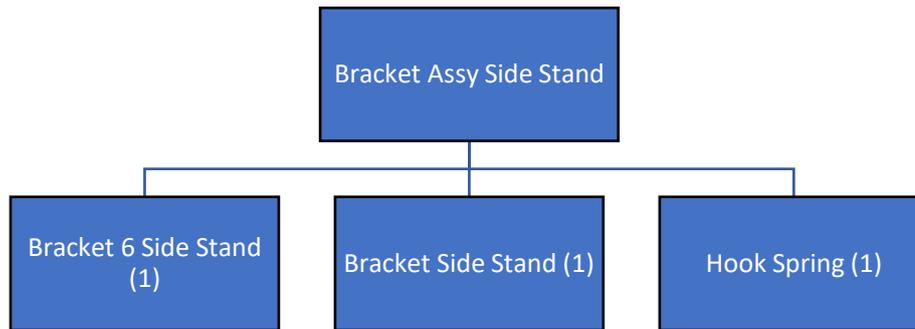
Secara garis besar, terdapat dua langkah untuk mencapai tujuan penelitian ini yaitu langkah pertama adalah mengobservasi proses produksi secara langsung untuk mencari data terkait sistem produksi. Setelah itu langkah kedua akan dilakukan simulasi menggunakan software Arena untuk mensimulasikan proses produksi yang ada dan juga penerapan sistem produksi hybrid push/pull pada PT. Moreen JBBK. Penggunaan simulasi dalam penerapan sebuah konsep sistem produksi telah dibahas oleh banyak peneliti.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Sistem Produksi Pt. Moreen Jbbk

PT Moreen JBBK adalah produsen komponen otomotif untuk produsen sepeda motor di Indonesia. Kegunaan dari produk tersebut beraneka ragam, seperti komponen untuk membuat pijakan kaki motor, komponen penyangga knalpot motor, dan komponen-komponen lainnya. Penelitian ini akan difokuskan pada satu produk, yaitu Bracket Assy Sidestand dikarenakan produk tersebutlah yang mempunyai kontribusi paling besar terhadap pendapatan perusahaan dibandingkan produk lain yang dimiliki, yaitu sekitar 30% dari total pendapatan. Dengan begitu, diharapkan perbaikan dalam proses produksi pada produk tersebut dapat berdampak besar bagi perusahaan.

Gambar 1. menunjukkan product structure produksi dari produk Bracket Assy Side Stand. Produk ini terdiri dari tiga komponen, dua diantaranya dibuat pada pabrik yang sama (make), dan satu komponen diadakan dengan cara memesan (buy) dari pihak ketiga.



Gambar 1. Bagan Hirarki Produksi Bracket Assy Side Stand
(Olahan Peneliti berdasarkan wawancara)

PT. Moreen JBBK mendapatkan forecast dari kliennya untuk masing-masing produk pada 3 bulan sebelum bulan produksi. Setelah itu, berlanjut pada perencanaan kapasitas produksi dan jadwal produksi dari masing-masing produk tersebut. Arus proses produksi dari produk Bracket Assy Side Stand adalah sebagai berikut:

1. Setelah menerima rencana permintaan dari pihak klien, PT. Moreen JBBK akan membuat jadwal produksi dari masing-masing komponen.
2. Berdasarkan jadwal produksi tersebut, perusahaan akan membuat material requirement planning (MRP) untuk setiap komponen dan juga barang jadi.
3. Raw material akan dipesan sesuai dengan target produksi yang didasari oleh demand forecast dan akan masuk kedalam inventori.
4. Proses dari pembuatan masing-masing komponen berjalan dengan sendiri-sendiri sesuai dengan target produksi yang telah ditetapkan berdasarkan forecast.
5. Hasil dari proses stamping untuk komponen Bracket 6 Side Stand dan Bracket Side Stand akan masuk ke dalam inventori barang setengah jadi atau barang work in process (WIP).
6. Proses welding akan dilakukan dengan mengambil masing-masing komponen dari inventori.
7. Hasil dari proses welding akan masuk kedalam inventori barang jadi.
8. Setiap permintaan akan dipenuhi dengan mengambil barang jadi dari inventori barang jadi
9. Masing-masing proses produksi didasari oleh target produksi.

3.2 Asumsi Penelitian Pada Skenario Base Case

Terdapat asumsi yang diterapkan pada model simulasi penelitian ini guna memfokuskan titik penelitian yang diinginkan dari keadaan yang sebenarnya. Asumsi keterbatasan data penelitian dalam merefleksikan keadaan yang sebenarnya. Data yang digunakan adalah data produksi dan demand periode Oktober 2016. Dikarenakan pada bulan tersebutlah terdapat permintaan paling banyak.

Simulasi ini hanya menggunakan data dan dijalankan selama sebulan karena keterbatasan dari software Arena simulation dalam membangun rentang simulasi. Waktu proses (kapasitas produksi) didapatkan dari jumlah waktu kerja perhari (8 jam per hari) dalam detik dibagi dengan jumlah hasil produksi perhari. Waktu yang di dapat dalam lingkup satu bulan kemudian dimasukkan kedalam input analyzer untuk menentukan distribusi yang akan dipakai dalam modul proses pada Arena. Diasumsikan server selalu sibuk karena pada jam kerja proses produksi akan terus berlangsung, maka kedatangan entity diatur agar server tidak pernah kosong. Produksi akan berhenti ketika jumlah produksi telah mencapai target produksi.

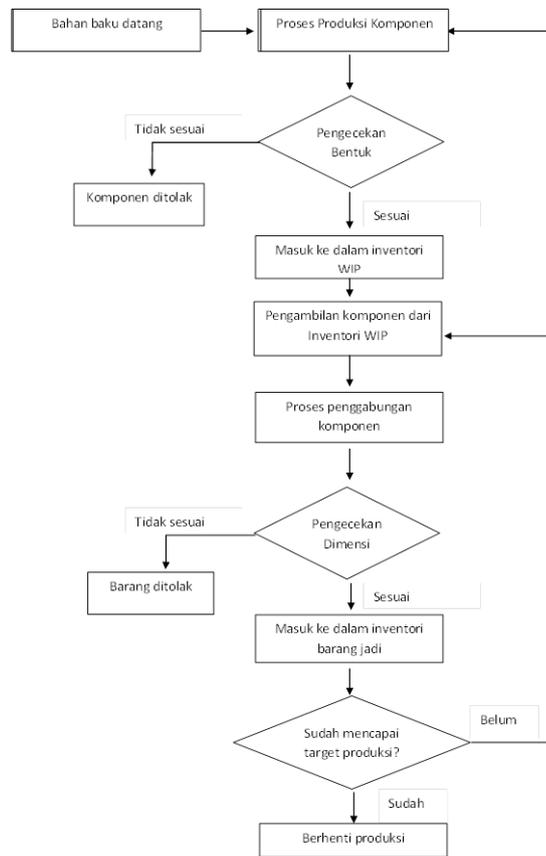
Simulasi produksi dilakukan terhadap satu produk yang dijadikan fokus penelitian yaitu Bracket Assy Side Stand. Jumlah replikasi simulasi dilakukan 10 kali berdasarkan rule

of thumb dalam melakukan simulasi. Simulasi base case ini akan dijalankan dengan pengaturan simulasi Replication length atau panjang replikasi selama 21 hari, dimana satu hari mempunyai 8 jam. Hal tersebut berdasarkan jumlah hari dan waktu kerja selama bulan Oktober 2016. Pada penelitian ini akan menggunakan base time unit berupa days, agar memudahkan peneliti dalam melihat hasil rata-rata inventori perhari yang terdapat pada sistem.

Holding cost selanjutnya akan dihitung dengan cara nilai produk dalam rupiah dikalikan dengan holding cost fraction sebesar 20% (proporsi ini berdasarkan jurnal Cachon dan Olivares (2010) yang menyatakan rerata biaya penyimpanan industri otomotif adalah sebesar 20%, serta sudah diusulkan kepada pihak manajemen PT Moreen JBBK dan mendapatkan persetujuan untuk digunakan di dalam simulasi) lalu dibagi dengan jumlah hari dalam setahun yaitu 365. Hasil tersebut akan menjadi holding cost per unit produk per harinya. Jumlah holding cost perbulan dihitung dengan cara, rata-rata jumlah inventori perhari dikalikan dengan hasil perhitungan pada asumsi poin 7 dan dikalikan dengan jumlah hari dalam sebulan yaitu 31 hari. Berdasarkan informasi dari PT. Moreen JBBK, nilai dari masing-masing komponen setengah jadi dan barang jadi adalah sebesar Rp 15,000 untuk barang jadi Bracket Assy Side Stand, Rp 3,810 untuk komponen Bracket 6 Side Stand, Rp 9,559 untuk komponen Bracket Side Stand, dan Rp 279 untuk komponen Hook Spring. Nilai alpha yang digunakan dalam uji validitas model adalah 5%

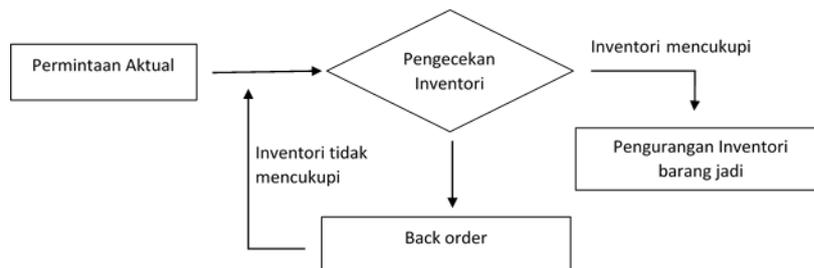
3.3 Model Simulasi Base Scenario

Model base case akan merepresentasikan proses produksi dan permintaan dari produk Bracket Assy Side Stand di PT. Moreen JBBK saat ini. Alur model simulasi dari proses produksi untuk produk Bracket Assy Side Stand di PT. Moreen JBBK adalah seperti Gambar 2. Sistem produksi ini menerapkan sistem produksi push, karena produksi akan dilakukan secara terus menerus dengan dasar demand forecast yang didapati dari customer. Seperti yang telah dijelaskan pada proses produksi, PT. Moreen JBBK memproduksi dan memesan komponen setengah jadi dan menyimpannya sebagai inventori barang setengah jadi (WIP) yaitu Bracket 6 Side Stand, Bracket Side Stand, dan Hook Spring. Setelah itu, komponen WIP tersebut akan dikeluarkan untuk digabungkan dalam pembuatan barang jadi (finish good) dalam proses welding dan akan dimasukkan ke dalam inventori barang jadi. Produksi akan berlanjut sampai target produksi tercapai.



Gambar 2. Alur Model Simulasi Produksi Base Case (Hasil Olahan Peneliti)

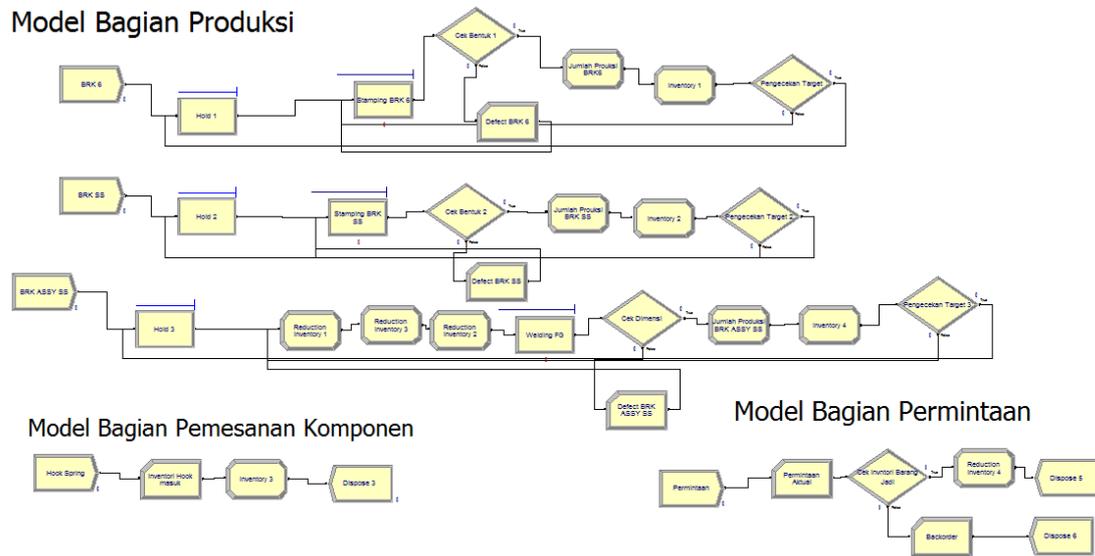
Permintaan yang muncul akan dipenuhi oleh pengambilan barang jadi dari inventori barang jadi. Jumlah yang tidak dapat dipenuhi pada saat permintaan terjadi akan menjadi backorder yang jumlahnya akan ditambahkan pada permintaan selanjutnya. Model simulasi bagian permintaan terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur Simulasi Permintaan Base Case (Hasil Olahan Peneliti)

Model simulasi base case ini akan dibangun dengan perangkat lunak komputer Arena yang mengacu pada model simulasi peneliti sebelumnya, Marshudi & Shafeek (2014). Model simulasi tersebut menggambarkan sistem produksi push yang terdapat proses penggabungan komponen didalamnya dengan modul batch. Namun yang membedakan antara model simulasi base case ini dengan model penelitian sebelumnya adalah, karena PT. Moreen JBBK menjalankan proses stamping dan welding secara bersamaan, maka model simulasi dibagi menjadi beberapa bagian. Pertama adalah bagian yang memproduksi dan mengadakan komponen WIP yang akan dimasukkan ke dalam inventori. Kedua, proses penggabungan dilakukan dengan mengambil inventori WIP yang telah tersedia. Hal tersebut digambarkan dalam model ini dengan menggunakan variabel inventori yang sama

untuk pengurangan dan penambahannya. Dengan begitu, tahap penggabungan dapat berjalan bersamaan dengan tahap produksi komponen tanpa menunggu prosesnya dari awal. Proses pengambilan komponen dari inventori WIP ini akan menggantikan modul penggabungan atau batch yang terdapat pada model simulasi acuan dari Marshudi & Shafeek (2014). Selain itu terdapat juga bagian model yang menggambarkan permintaan aktual setiap hari dari klien. Permintaan ini akan dipenuhi dengan mengurangi jumlah inventori yang ada pada inventori barang jadi. Penambahan rangkaian modul permintaan aktual ini dimaksudkan agar dapat melihat pergerakan inventori yang ada dalam sistem selama periode simulasi. Model simulasi base case dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Model Simulasi Base Case (Hasil Olahan Peneliti Berdasarkan Wawancara)

Terdapat beberapa variabel pada model ini. Variabel target produksi ditetapkan berdasarkan demand forecast per bulan yang diterima pihak PT.Moreen JBBK dari pihak kliennya. Maka jumlah target produksi akan mengikuti jumlah demand forecast per bulan yang didapat. Pada variabel inventory BRK 6, BRK SS, Hook Spring, dan BRK ASSY SS terdapat initial value berupa jumlah inventori dari hasil produksi periode sebelumnya. Selain itu, terdapat variabel Total Produksi BRK 6, BRK SS, dan BRK ASSY SS. Variabel ini akan berfungsi untuk melihat berapa banyak jumlah yang telah diproduksi dan akan menjadi faktor penentu kapan sistem akan berhenti berproduksi ketika telah mencapai jumlah yang sama dengan variabel target produksi.

Setelah model dibangun, diperlukan tahap verifikasi dan validasi untuk menetapkan apakah model tersebut sudah dapat merepresentasikan keadaan nyata. Verifikasi model dilakukan dengan pengecekan model melalui fitur check model pada perangkat lunak Arena. Dengan begitu, dapat diketahui ada atau tidaknya error atau kesalahan pada sistem model yang telah dibangun. Hasil dari verifikasi ini menunjukkan model yang telah dibangun oleh peneliti tidak memiliki error.

Proses validasi model dilakukan dengan membandingkan waktu proses atau value added time dari masing-masing bagian model yang bersangkutan dengan kegiatan produksi dengan rata-rata waktu proses aktual selama satu bulan.

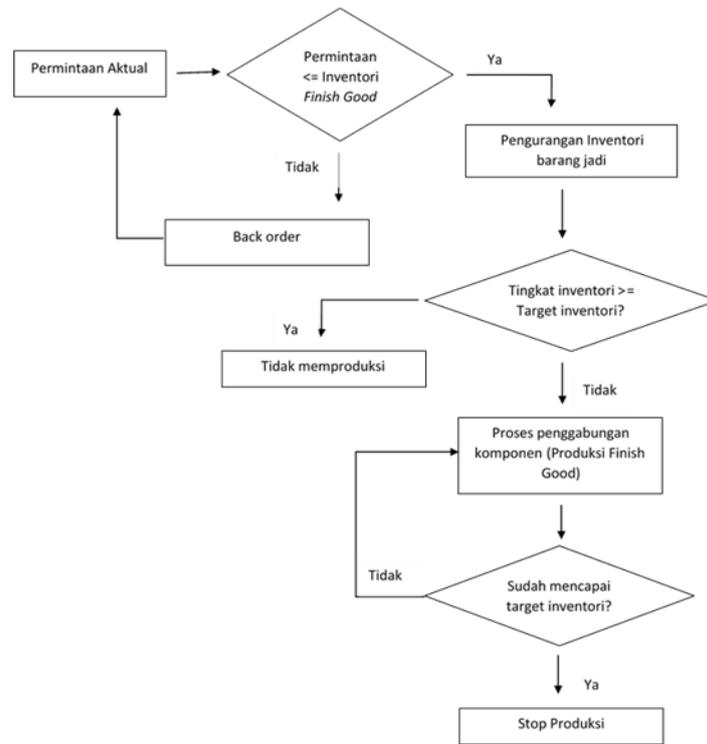
Replikasi	Produksi Bracket 6 Side Stand	Produksi Bracket Side Stand	Proses Welding
1	18.34857	18.1583	21.1634
2	18.14764	18.3955	21.3496
3	18.18543	18.2235	21.0501
4	18.33262	18.2457	21.2847
5	18.35513	18.1551	21.4445
6	18.22814	18.0999	21.5185
7	18.29407	18.4290	21.3229
8	18.47813	18.5405	21.0538
9	18.07958	18.4440	21.1430
10	18.21183	18.5347	21.5682
Mean	18.2661	18.3226	21.2899
Var	0.013845851	0.02714264	0.034350375
Stadev	0.037210014	0.052098598	0.061779514
t	2.262	2.262	2.262
Batas bawah	18.18194502	18.2047752	21.15013535
Batas atas	18.35028312	18.44046926	21.42962587
Rata-rata waktu aktual	18.18702752	18.20804263	21.33190245

Gambar 5. Tabel Validasi Simulasi *Base Case*
(Hasil Olahan Peneliti)

Terlihat pada gambar 5. rata-rata waktu aktual dari setiap proses berada pada hasil perhitungan selang kepercayaan dengan alpha sebesar 5%. Total biaya holding cost dari simulasi base case ini adalah sebesar Rp. 2,635,446.

3.4 Skenario Alternatif

Pada skenario alternatif ini akan menggunakan hybrid model pada sistem produksi PT. Moreen JBBK untuk produk Bracket Assy Side Stand. Pada sistem produksi hybrid ini inventori untuk barang jadi (finish good) akan diisi kembali ketika terjadi pengurangan inventori dengan jumlah yang sesuai dengan permintaan tersebut. Sehingga produksi akan dipicu oleh permintaan aktual seperti sistem pull seperti Gambar 5. Pada sisi lain, produksi untuk komponen setengah jadi (WIP) akan dilakukan dengan alur yang sama dengan model base case yaitu sistem produksi push, sehingga membentuk sistem produksi hybrid push/pull.



Gambar 6. Alur Simulasi Produksi Finish Good Model Alternatif (Hasil Olahan Peneliti)

Pada skenario alternatif 1, jumlah inventori barang jadi akan dikurangi, karena jumlah rata-rata inventori barang jadi pada base case terlihat memiliki jumlah paling tinggi dibandingkan komponen lainnya. Maka, pada model alternatif 1 target inventori akan ditentukan sebesar inventori awal dari barang jadi, yaitu sebesar 5,070 unit. Selain itu dengan penetapan target inventori, over production dapat dicegah karena produksi akan bergantung pada jumlah permintaan aktual, bukan pada target produksi. Selain itu terdapat perubahan pada modul decide bernama pengecekan target 3 yang semula variabel total jumlah produksi akan menyesuaikan dengan target produksi diganti menjadi jumlah inventori FG yang menyesuaikan dengan variabel target inventori.

Pada skenario alternatif 2 akan ditekan jumlah inventori komponen setengah jadi dengan cara membatasi produksi dengan target inventori yang akan ditetapkan. Berdasarkan wawancara dengan pihak PT Moreen JBBK, jumlah inventori yang ideal adalah 2 kali permintaan perhari dari yaitu sebesar 4,000 unit. Jumlah tersebut akan menjadi target inventori untuk komponen setengah jadi yaitu Bracket 6 Side Stand dan Bracket Side Stand. Terdapat perubahan pada modul decide bernama pengecekan target dan pengecekan target 2 yang semula memiliki konfigurasi total jumlah produksi dari kedua komponen tersebut mengacu pada target produksi, pada model ini diganti menjadi variabel inventori dari kedua komponen yang akan mengacu pada target inventori yang telah ditetapkan yaitu 4,000 unit.

Pada skenario alternatif 3 ini akan dikurangi tingkat inventori pada barang jadi (finish good) menjadi tingkat inventori yang ideal, sama seperti tingkat inventori pada komponen setengah jadi yaitu sebesar 4,000 unit. Model ini akan memakai dasar konfigurasi model alternatif 2, namun terdapat perubahan pada variabel target inventori FG yang semula pada 5,070 unit, menjadi 4,000 unit.

Skenario 1 (Dalam Rupiah)			
Replikasi	Total Biaya Penyimpanan Base Case (X)	Total Biaya Penyimpanan Model Alternatif 1 (Y)	X - Y
1	2,604,027	2,523,196	80,831
2	2,637,704	2,500,495	137,209
3	2,597,740	2,523,220	74,520
4	2,673,901	2,564,774	109,127
5	2,591,180	2,538,897	52,283
6	2,651,290	2,539,859	111,430
7	2,628,617	2,528,462	100,155
8	2,650,353	2,511,444	138,909
9	2,641,754	2,531,026	110,728
10	2,677,900	2,549,231	128,669
Mean	2,635,447	2,531,060	104,386
StDev	28,661	17,478	26,741
Batas Bawah	88,048		
Batas Atas	120,725		
Berbeda Secara Signifikan			

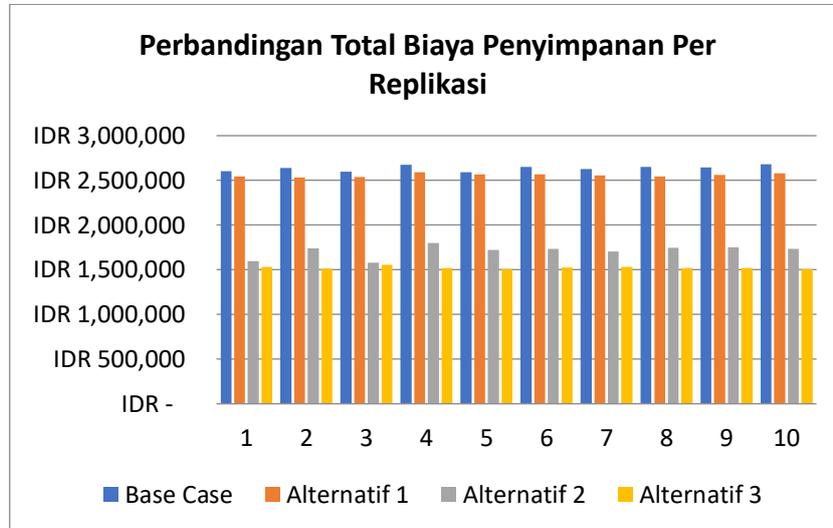
Gambar 7. Tabel hasil uji beda model alternatif 1 (Hasil Olahan Peneliti)

Skenario 2 (Dalam Rupiah)			
Replikasi	Total Biaya Penyimpanan Base Case (X)	Total Biaya Penyimpanan Model Alternatif 2 (Y)	X - Y
1	2,604,027	1,597,571	1,006,456
2	2,637,704	1,740,858	896,846
3	2,597,740	1,580,783	1,016,956
4	2,673,901	1,797,561	876,340
5	2,591,180	1,723,741	867,439
6	2,651,290	1,736,346	914,943
7	2,628,617	1,702,877	925,740
8	2,650,353	1,742,960	907,393
9	2,641,754	1,751,565	890,189
10	2,677,900	1,734,251	943,649
Mean	2,635,447	1,710,851	924,595
StDev	28,661	65,027	48,512
Batas Bawah	894,954		
Batas Atas	954,236		
Berbeda Secara Signifikan			

Gambar 8. Tabel hasil uji beda model alternatif 2 (Hasil Olahan Peneliti)

Hasil uji beda dari model masing-masing alternatif berbeda secara signifikan dengan model base case. Hal tersebut disimpulkan dari tidak terdapatnya nilai 0 pada interval batas atas dan batas bawah hasil uji seperti yang terlihat pada Tabel 2., Tabel 3., dan Tabel 4. Parameter uji beda ini menggunakan total biaya penyimpanan atau holding cost untuk

melihat secara kolektif dari jumlah penyimpanan dalam sistem, baik barang setengah jadi, maupun barang jadi. Selain itu, dengan menggunakan parameter biaya, dapat diperlihatkan nilai ekonomis dari hasil skenario yang telah diterapkan. Hasil simulasi model alternative 1 mempunyai rata-rata total biaya sebesar Rp 2,531,060, model scenario alternatif 2 sebesar Rp 1,710,851, dan pada model scenario alternatif 3 sebesar Rp 1,523,133. Seperti yang terlihat dalam Gambar 6., setelah membandingkan ketiga skenario alternatif dengan parameter total biaya penyimpanan pada tiap replikasi, alternatif ketiga lah yang mampu memenuhi permintaan selama sebulan dengan total biaya penyimpanan paling rendah.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Total Biaya Setiap Model (Hasil Olahan Peneliti)

Dengan asumsi kondisi pada periode penelitian ini dapat menggambarkan keadaan perusahaan selama setahun, maka penerapan sistem produksi hybrid push/pull PT. Moreen JBBK dapat mencapai penghematan biaya penyimpanan (holding cost) selama setahun dari ketiga skenario alternatif secara berturut-turut sebesar Rp 1,252,632 pada skenario pertama, Rp 11,095,143 pada skenario kedua, dan Rp 13,347,759.

4. Kesimpulan

Kesimpulan Kesimpulan dari penelitian ini adalah, penerapan sistem produksi hybrid push/pull berhasil dalam mengurangi biaya penyimpanan secara signifikan pada produksi produk Bracket Assy Side Stand di PT. Moreen JBBK. Namun, diperlukan penyesuaian kebijakan pada produksi komponen barang setengah jadi untuk menghasilkan penurunan biaya penyimpanan yang maksimal.

Dari hasil analisis simulasi skenario alternatif dengan parameter total biaya penyimpanan, skenario ketiga lah yang mampu menurunkan total biaya penyimpanan terhadap produksi produk Bracket Assy Side Stand pada PT. Moreen JBBK dengan jumlah saving yang paling tinggi. Skenario alternatif ketiga merupakan skenario yang memakai sistem produksi hybrid push/pull, dengan kebijakan penetapan batas target inventori pada tahap produksi komponen setengah jadi dan penurunan tingkat inventori pada barang jadi (finish good) lalu menggunakan sistem produksi pull yang mengacu pada permintaan aktual. Berdasarkan hasil analisis simulasi skenario tersebut, peneliti menyarankan untuk menerapkan skenario alternatif ketiga pada produksi produk Bracket Assy Side Stand di PT. Moreen JBBK.

Selanjutnya, hasil simulasi dan analisis dalam penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem produksi berdasarkan demand forecast mengakibatkan penumpukan

pada persediaan dalam sistem. Berdasarkan hasil simulasi sistem produksi dengan penerapan sistem produksi hybrid push/pull dapat mengurangi jumlah inventori yang akan berdampak pada penghematan biaya penyimpanan. Dari ketiga skenario alternatif penerapan sistem produksi hybrid push/pull skenario alternatif ketiga lah yang mampu meminimalisir biaya penyimpanan dengan jumlah penghematan yang paling tinggi. Maka peneliti menyarankan kepada pihak manajerial untuk menerapkan sistem produksi hybrid push/pull dengan kebijakan alternatif ketiga pada sistem produksinya.

Kontribusi Penulis

Penulis berkontribusi penuh pada penelitian.

Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal

Pernyataan Dewan Peninjau Etis:

Tinjauan etis dan persetujuan diabaikan untuk penelitian ini karena tidak ada data pribadi yang dikumpulkan dalam penelitian ini. Jumlah informan adalah enam, dan wawancara terutama untuk mendapatkan wawasan tentang bagaimana bank makanan beroperasi di Indonesia, tidak ada informasi pribadi yang dikumpulkan.

Pernyataan Persetujuan yang Diinformasikan:

Informed consent diperoleh dari semua subjek yang terlibat dalam penelitian ini.

Pernyataan Ketersediaan Data:

Data tersedia berdasarkan permintaan.

Konflik kepentingan:

Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Open Access

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media atau format apa pun. selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan lain dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat salinan lisensi ini, kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daftar Pustaka

- Altiok, T., & Melamed, B. (2007). *Simulation Modelling and Analysis with Arena*. New York: Academic Press.
- Asprova. (1999). A Production Control System in Perspective. September 30, 2016. <http://www.asprova.jp/mrp/glossary/en/mrp-1/post-889.html>

- Azadeh, M.A. (2000). Optimization of a heavy continuous rolling mill system via simulation. *Proceedings of the 7th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pg. 378-384.
- Badan Pusat Statistik. (2015). Perkembangan Indeks Produksi Industri Manufaktur 2014 – 2016.
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., Nicol, D., M. (2001). Discrete-event system simulation. Prentice Hall International Series in Industrial and Systems Engineering.
- Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (1989). Simulation In Logistics: A Review Of Present Practice And A. *Journal of Business logistics*, 10(1), 133.
- Cachon, G. P., & Olivares, M. (2010). Drivers of finished-goods inventory in the US automobile industry. *Management science*, 56(1), 202-216. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1090.1095>
- Chase, R.B., Jacobs, F.R., Aquilano, N.J. (2006). *Operations Management for Competitive Advantage*. McGraw-Hill.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Supply Chain Management Strategy, Planning, Operation. Global Edition*. Edinburgh: Pearson.
- Cochran, J. K., & Kaylani, H. A. (2008). Optimal design of a hybrid push/pull serial manufacturing system with multiple part types. *International Journal of Production Research*, 46(4), 949-965. <https://doi.org/10.1080/00207540600905547>
- Cochran, J. K., & Kim, S. S. (1998). Optimum junction point location and inventory levels in serial hybrid push/pull production systems. *International journal of production research*, 36(4), 1141-1155. <https://doi.org/10.1080/002075498193561>
- Cooper, Donald R., & Schindler, Pamela S. (2011). *Business research methods*. New York: Mc GrawHill.
- Deleersnyder, J., Hodgson, T. J., Muller-Malek, H., and O'Grady, P. J. (1989). Kanban controlled pull systems: an analytic approach. *Management Science* Vol. 35 No. 9 pg. 1079-1091. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.9.1079>
- Duda, C.I. (2011). *Applying Process Anaysis and Discrete Event Simulation to Improve Access and Customer Service Time at the Ronald Reagen UCLA Medical Center*. University of California, Los Angeles.
- Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia. (2012). Domestic Auto Production by Category 2005-2012.
- Ghrayeb, O., Phojanamongkolkij, N., & Tan, B. A. (2009). A hybrid push/pull system in assemble-to-order manufacturing environment. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20, 379-387. <https://doi.org/10.1007/s10845-008-0112-6>
- Heizer, J., & Render, B. (2014). *Operations Management, 11e Edition*. New Jersey: Pearson.
- Hernandez-Matias, J. C., Vizán, A., Hidalgo, A., & Ríos, J. (2006). Evaluation of techniques for manufacturing process analysis. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17, 571-583. <https://doi.org/10.1007/s10845-006-0025-1>
- Hochreiter, T. A. (1999). *A comparative simulation study of Kanban, CONWIP, and MRP manufacturing control systems in a flowshop* (Doctoral dissertation, State University System of Florida).
- Hopp, W. J., and Spearman, M. L. (2001). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. McGraw-Hill, New York.
- Ip, W. H., Yung, K. L., Huang, M., & Wang, D. (2002). A CONWIP model for FMS control. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 13, 109-117. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1014532129642>
- Jacobson, H, Hall, S, Swisher, J. (2006). *Discrete-event Simulation of Health Care Systems: Patient Flow: Reducing Delay in Healthcare Delivery*. New York: Springer
- Jeroen, B.G., Reinout, H., Gjalt, H., Alessandra, Z., Paolo, M., Roberto, B., Tomas, E. & Tomas, R. (2010). Life cycle assessment: Past, present, and future. *Environmental Science & Technology* 1, 90- 96. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es101316v>
- Kaylani, H. (2004) Optimal Design Of Hybrid Pusbtull Manufacturing System Of Fork/Join Queuing Netw Ork Topology Using Genetic Algorithm.

- Kementrian Perindustrian. (2016). Statistik Kinerja Industri Indonesia. November 18, 2016. <http://www.kemenperin.go.id/statistik/kinerja.php>"
- KPMG Consulting. (2014). *Indonesia's Automotive Industry: Navigating 2014*. Automotive Business Research.
- Kumar, A., Ow, P. S., & Prietula, M. J. (1993). Organizational simulation and information systems design: An operations level example. *Management Science*, 39(2), 218-240. <https://doi.org/10.1287/mnsc.39.2.218>
- Law, A. M. (2007). *Simulation Modeling & Analysis*. Arizona. McGraw-Hill.
- Liputan 6 (2017) Rekomendasi KPPU Soal Industri Sepeda Motor Indonesia. <http://otomotif.liputan6.com/read/2863420/rekomendasi-kppu-soal-industri-sepeda-motor-indonesia>
- Marmulak, G. (2011). *Balancing push and pull strategies*. Conference: Management and Control of Production and Logistics, At Bremen, Germany.
- Marsudi, M., & Shafeek, H. (2014). Cycle time analysis of tipping trailer frame: A case study in a heavy equipment industry. *South African Journal of Industrial Engineering*, 25(1), 176-188. <https://www.scielo.org.za/pdf/sajie/v25n1/16.pdf>
- Mascolo, M. D., Frein, Y., & Dallery, Y. (1996). An analytical method for performance evaluation of kanban controlled production systems. *Operations Research*, 44(1), 50-64. <https://doi.org/10.1287/opre.44.1.50>
- Pinedo, M., Chao, X. (1999). *Operations scheduling*. United States of America: McGraw Hill, pp. 116-122.
- Rasmussen, N., & Walden, D. (1999). Observation from the 1997-1998 CQM study group on cycle time reduction. *Cycle Time Reduction*, 1-50.
- REM Associates Management Consultant. (2014). Methodology of Calculating Inventory Carrying Cost. New Jersey.
- Rockwell Automation. (2010). Arena Simulation Software Guiding Book. Publication ARENA-UM001B-EN-P - October 2005.
- Spearman, M. L., & Zazanis, M. A. (1992). Push and pull production systems: issues and comparisons. *Operations research*, 40(3), 521-532. <https://doi.org/10.1287/opre.40.3.521>
- Takahashi, K., & Nakamura, N. (2004). Push, pull, or hybrid control in supply chain management. *International Journal of computer integrated manufacturing*, 17(2), 126-140. <https://doi.org/10.1080/09511920310001593083>
- Tempo. (2016). Menperin Minta Industri Sepeda Motor Genjot Ekspor. <https://otomotif.tempo.co/read/news/2016/11/03/171817252/menperin-minta-industri-sepeda-motor-genjot-ekspor>
- Huang, Y. (2011). *A comparative study on kanban, CONWIP and hybrid systems with illustration of a case study*. The University of Texas at San Antonio.
- Zhang, J. (2006). *Production planning for biomaterial manufacturing systems* (Doctoral dissertation, Purdue University).

Biografi Penulis

YOLLA CHINTYA PITALOKA, Mahasiswa Departemen Psikologi, Fakultas Psikologi, Universitas Indonesia, Jl. Margonda Raya, Depok 16424, Indonesia

- Email: yolla.chintya@ui.ac.id
- ORCID: N/A
- Web of Science ResearcherID: N/A
- Scopus Author ID: N/A
- Homepage: N/A