



Perancangan Awal Model Sistem Dinamik Pada Sistem Pengendalian Persediaan Material Utama Untuk Distribusi Listrik

Diajeng Anjarsari Rahmadani, Niniet Indah Arvitrida

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

Email: dj.anjarsari.rahmadani@gmail.com, Niniet@ie.its.ac.id

ABSTRAK

Kata Kunci: Manajemen Persediaan, Sistem Dinamik, Diagram Lingkaran Sebab-Akibat (CLD), Unit Distribusi Tenaga Listrik, Rantai Pasok.

Manajemen persediaan membutuhkan koordinasi yang efektif antara pemangku kepentingan internal dan eksternal untuk memastikan keandalan operasional serta kualitas layanan. Pada unit distribusi tenaga listrik, manajemen persediaan menghadapi tantangan signifikan akibat fluktuasi waktu tunggu, siklus pemesanan, dan ketiadaan stok penyangga, yang menimbulkan kompleksitas dan ketidakpastian dalam memenuhi standar layanan wajib. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tantangan tersebut dengan mengidentifikasi pemangku kepentingan utama, memetakan saling ketergantungan antar komponen, serta mengusulkan strategi perbaikan manajemen persediaan. Pendekatan sistem dinamik digunakan untuk memodelkan dan memahami interaksi kompleks dalam sistem persediaan. Diagram lingkaran sebab-akibat (Causal Loop Diagram/CLD) digunakan untuk memvisualisasikan struktur umpan balik, sehingga memungkinkan analisis mendalam terhadap akar penyebab ketidakefisienan dan hambatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabilitas permintaan, kinerja pemasok, serta kurangnya koordinasi antar pemangku kepentingan menjadi faktor utama ketidakseimbangan persediaan. Model sistem dinamik yang dikembangkan mengidentifikasi titik pengungkit kritis, seperti optimalisasi perencanaan pemesanan, manajemen stok penyangga strategis, serta perbaikan mekanisme komunikasi dalam rantai pasok. Penelitian ini berkontribusi pada perbaikan kebijakan persediaan dengan menyediakan pandangan holistik terhadap perilaku sistem, bukan sekadar pengambilan keputusan secara terpisah. Model dinamik yang diusulkan dapat berfungsi sebagai alat pendukung keputusan bagi unit distribusi tenaga listrik untuk meningkatkan efisiensi operasional serta mengurangi risiko kekurangan atau kelebihan persediaan. Studi lanjutan dapat mengembangkan model ini dengan pengujian skenario berbasis simulasi untuk mengevaluasi alternatif kebijakan dalam kondisi permintaan dan pasokan yang berbeda.

ABSTRACT

Keywords: Inventory Management, System Dynamics, Causal Loop Diagram (CLD), Power Distribution Unit, Supply Chain.

Effective inventory management requires coordinated efforts among internal and external stakeholders to ensure operational reliability and service quality. In the context of power distribution units, inventory management poses significant challenges due to fluctuating lead times, ordering cycles, and the absence of buffer stock, which create complexity and uncertainty while maintaining mandatory service standards. This study aims to analyze these challenges by identifying key stakeholders, mapping interdependencies, and proposing improvement strategies for inventory management. A system dynamics approach was adopted to

Perancangan Awal Model Sistem Dinamik Pada Sistem Pengendalian Persediaan Material Utama Untuk Distribusi Listrik

model and understand the complex interactions among various components of the inventory system. The research employs causal loop diagrams (CLDs) to visualize the feedback structures, enabling a deeper analysis of the root causes of inefficiencies and bottlenecks. The findings highlight that demand variability, supplier performance, and coordination gaps among stakeholders are the main drivers of inventory imbalances. The developed system dynamics model reveals critical leverage points, including optimized order planning, strategic buffer stock management, and improved communication mechanisms between supply chain actors. This research contributes to practical improvements in inventory policies by providing a holistic view of system behavior rather than isolated decision-making. The proposed dynamic model can serve as a decision-support tool for power distribution units to enhance operational efficiency and reduce risks associated with stockouts or overstocking. Future studies could extend this model by incorporating simulation-based scenario testing to evaluate policy alternatives under different demand and supply conditions.

PENDAHULUAN

Persediaan merupakan aset penting dalam rantai pasokan perusahaan, yang membutuhkan investasi modal yang substansial dalam berbagai bentuk (Pujawan & Mahendrawathi, 2024). Dalam konteks utilitas listrik, manajemen material yang efektif sangat penting untuk memastikan distribusi daya yang tidak terputus. PT UP3 X merupakan salah satu unit layanan distribusi tenaga listrik yang beroperasi di bawah perusahaan induk nasional di Indonesia. Unit ini bertanggung jawab untuk memasok listrik ke dua kabupaten di Provinsi Jawa Barat (Mudawari et al., 2020). Untuk memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat, PT UP3 X harus menerapkan manajemen inventaris yang efisien dan responsif, khususnya untuk mendukung kebutuhan koneksi pelanggan baru dan permintaan daya tambahan dari pelanggan yang sudah ada. Perusahaan menghadapi dua skenario layanan yang berbeda: koneksi langsung, di mana infrastruktur yang ada sudah memadai, dan perluasan jaringan, yang diperlukan ketika infrastruktur tidak tersedia atau kelebihan beban. Studi ini berfokus pada skenario terakhir, karena material utama yang dibutuhkan untuk perluasan jaringan sering mengalami keterlambatan pengiriman. Selain mengatasi keterlambatan pengiriman, perusahaan juga bertujuan untuk meningkatkan kecepatan koneksi daya ke pelanggan, yang berfungsi sebagai salah satu indikator kinerja layanan utamanya. Untuk lebih memahami dan meningkatkan sistem manajemen inventaris di PT UP3 X, pendekatan sistem dinamik diterapkan. Pendekatan ini memungkinkan pemodelan saling ketergantungan di antara para pemangku kepentingan dan menggambarkan hubungan antara berbagai peran yang terlibat dalam manajemen inventaris.

Penelitian ini bertujuan untuk memahami sistem manajemen persediaan di PT UP3 X. Sistem manajemen persediaan yang efektif sangat penting bagi kelancaran operasional dan pelayanan perusahaan, khususnya di sektor jasa yang bergantung pada ketepatan waktu dan keandalan pengiriman (Chong et al., 2017). Para pemangku kepentingan utama yang terlibat harus memiliki peran yang signifikan dalam proses pengambilan keputusan, karena dinamika hubungan antarpemangku kepentingan dapat memengaruhi keberhasilan

strategi persediaan (Zsidisin et al., 2005). Keputusan yang berubah dari seorang pemangku kepentingan dapat memengaruhi orang lain dan menyebabkan ketidakpastian dalam ketersediaan material (Waller et al., 2006). Selain itu, kebijakan yang ada—baik internal maupun eksternal—memiliki kontribusi besar terhadap stabilitas sistem logistik perusahaan (Christopher, 2016). Kompleksitas ini menciptakan kebutuhan untuk mengidentifikasi dan memetakan risiko serta ketergantungan dalam rantai pasok (Tang & Veelenturf, 2019). Diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman awal bagi perusahaan untuk mengidentifikasi masalah dalam manajemen persediaan dan mencapai tujuan bisnis secara lebih terarah (Govindan et al., 2017).

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan terkait manajemen persediaan. Kebijakan peninjauan berkala untuk suku cadang perawatan unit transmisi tenaga listrik menghasilkan penurunan total biaya dengan peningkatan level layanan (Riskianto et al., 2020). Simulasi kebijakan dijalankan menggunakan simulasi Monte Carlo. Dalam subjek peramalan, metode peramalan Croston dan SBA memberikan hasil terbaik untuk material distribusi listrik dengan tujuan perawatan di unit layanan distribusi tenaga listrik (Rizma, 2023). Penelitian ini juga memberikan kebijakan peninjauan berkelanjutan untuk mengelola persediaan. Pada topik material yang bergerak cepat untuk penyambungan listrik ke konsumen akhir, metode ANN memberikan hasil terbaik dalam memperkirakan permintaan dengan mengkaskadekan permintaan menggunakan bill of material (Widyatama, 2023). Dalam topik pembangkitan daya, simulasi Markov Chain Monte Carlo menghasilkan prediksi yang memadai terhadap kebutuhan listrik jangka pendek sehingga optimalisasi pemenuhan dari pembangkit listrik tenaga angin dan surya dapat dilakukan (Mesa-Jiménez et al., 2023).

Sesuai dengan kondisi perluasan jaringan listrik yang membutuhkan pengadaan material dan pekerjaan tambahan, konsep engineer to order (ETO) mendekati untuk menggambarkan kondisi ini. Klasifikasi material diperlukan untuk mengidentifikasi karakteristik material permintaan. Simulasi kejadian diskrit diujicobakan dan model TO-BE dikembangkan untuk suku cadang di perusahaan ETO (Rinaldia et al., 2023). Model TO-BE dapat menemukan solusi yang layak untuk kelas dengan frekuensi permintaan yang teratur (Rinaldia et al., 2023). Stok pengaman tambahan setidaknya 10% dapat memberikan hasil yang lebih baik untuk rantai pasokan multi-eselon untuk barang yang bergerak cepat (Syafira & Arvitrida, 2024). Sistem dinamik dapat diterapkan untuk meramalkan persediaan di perusahaan rumah tangga. Hasil ramalan dari simulasi sistem dinamik lebih baik daripada hasil ramalan dari rata-rata bergerak yang tidak dapat mengakomodasi variabel ketidakpastian (Zulfikar et al., 2023). Di sisi lain, sistem dinamik juga diterapkan untuk memahami proses pengadaan bahan baku di pabrik dan mengusulkan konsep (R, Q) di mana untuk nilai R tertentu nilai Q dipilih dan 2.500 ditemukan sebagai kuantitas terbaik (Putri et al., 2023). Berdasarkan beberapa penelitian ini, ada peluang untuk mengembangkan pendekatan sistem dinamik untuk manajemen persediaan di unit layanan distribusi tenaga listrik.

Penelitian ini memiliki tiga tujuan. Yang pertama adalah untuk memahami kompleksitas dalam manajemen inventaris PT UP3 X yang melibatkan beberapa

Perancangan Awal Model Sistem Dinamik Pada Sistem Pengendalian Persediaan Material Utama Untuk Distribusi Listrik

pemangku kepentingan untuk mencapai target layanannya. Yang kedua adalah untuk memahami interaksi antara sistem. Yang ketiga adalah untuk identifikasi perbaikan. Makalah ini berfokus pada studi pendahuluan untuk selanjutnya dapat membangun model komputer.

Kontribusi dari penelitian ini adalah untuk menyediakan tahap awal sistem dinamik untuk kebijakan persediaan di unit layanan distribusi tenaga listrik, terutama untuk menghubungkan operasi daya tambahan. Masih sedikit penelitian tentang manajemen inventaris untuk perusahaan listrik, khususnya di unit layanan distribusi. Beberapa penelitian sebelumnya tentang topik kelistrikan lebih fokus pada pembangkit, suku cadang untuk perawatan transmisi listrik, dan manajemen material untuk pemeliharaan operasi distribusi. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi landasan awal bagi para profesional dan peneliti untuk memahami cara kerja manajemen inventaris di unit distribusi listrik dan mengembangkan penelitian yang lebih maju untuk memulai lebih banyak strategi.

METODE PENELITIAN

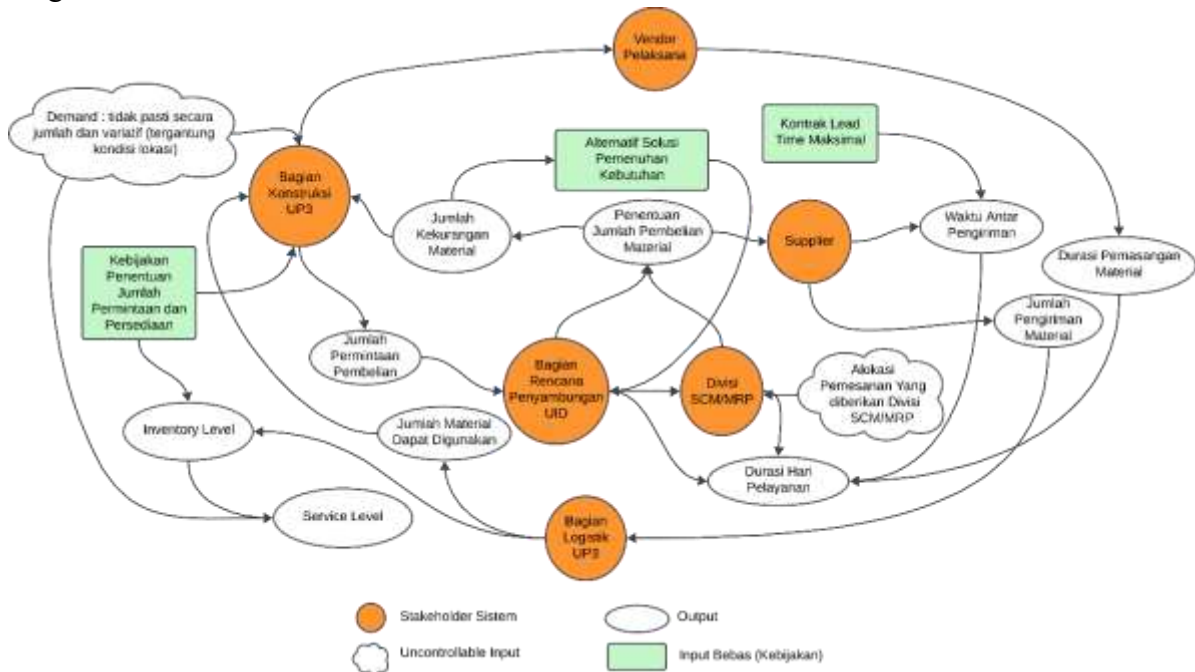
Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan studi kasus yang dipadukan dengan pemodelan sistem dinamik untuk memahami kompleksitas manajemen persediaan di PT UP3 X. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan hubungan sebab-akibat (causal loop) serta interaksi antarvariabel yang melibatkan banyak pemangku kepentingan. Penelitian ini bersifat deskriptif eksploratif, dengan fokus pada pemetaan masalah dan membangun pemahaman awal terhadap pola manajemen inventaris. Lokasi penelitian berada di PT UP3 X, unit layanan distribusi listrik di dua kabupaten di Provinsi Jawa Barat, dengan subjek penelitian meliputi staf logistik, staf teknis distribusi, dan manajer unit yang terlibat dalam pengadaan serta pengelolaan material. Data penelitian mencakup data primer, yang diperoleh melalui wawancara mendalam dengan informan kunci dan observasi langsung, serta data sekunder dari dokumen internal perusahaan, laporan kinerja logistik, dan catatan pengiriman material. Instrumen penelitian meliputi panduan wawancara semi-terstruktur, catatan observasi, dan perangkat lunak pemodelan sistem dinamik seperti Vensim PLE untuk menyusun causal loop diagram.

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara mendalam, observasi partisipatif pada proses pengadaan material dan distribusi, serta studi dokumentasi seperti laporan stok dan data lead time pengiriman. Analisis data dilakukan secara kualitatif melalui reduksi data untuk mengidentifikasi variabel utama (permintaan material, waktu tunggu, kebijakan pemesanan, keterlambatan pengiriman), penyusunan causal loop diagram, dan pengembangan model konseptual sistem dinamik. Model awal kemudian diverifikasi melalui diskusi dengan para pemangku kepentingan guna memastikan kesesuaian dengan kondisi lapangan. Validasi model dilakukan dengan metode expert validation, dengan melibatkan praktisi di PT UP3 X untuk mengevaluasi akurasi dan relevansi model, serta uji sensitivitas terhadap skenario kebijakan guna menilai dampak perubahan parameter terhadap kinerja persediaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Manajemen Persediaan Saat Ini

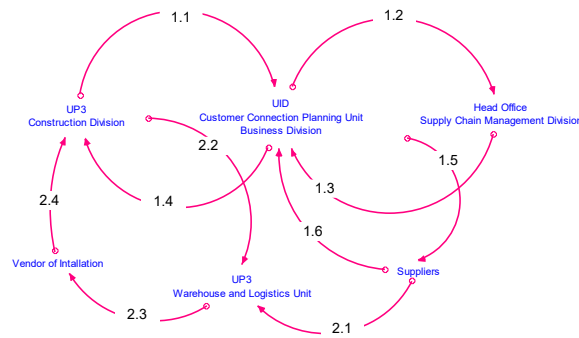
Proses pengadaan material yang ada menunjukkan kompleksitas yang signifikan, ditandai dengan persyaratan persetujuan multi-level, siklus pemesanan bulanan, dan tidak adanya ketentuan stok pengaman. Alur kerja pengadaan memerlukan pemrosesan berurutan di seluruh level organisasi, dimulai dari Level Unit Layanan (UP3), berlanjut ke Unit Distribusi Utama (UID), dan selanjutnya memerlukan persetujuan dari Divisi Manajemen Rantai Pasok sebelum pesanan pemasok dapat dimulai. Permintaan material yang diajukan oleh Unit Layanan (UP3) harus secara akurat mencerminkan kebutuhan operasional aktual, sementara secara bersamaan mengakomodasi pola permintaan pelanggan yang berfluktuasi. Kompleksitas yang terjadi digambarkan dengan influence diagram di bawah ini.



Gambar 1. Influence Diagram

Proses permintaan material untuk distribusi listrik, khususnya untuk kasus penyambungan pelanggan khusus, melibatkan beberapa unit yang saling bergantung, yang masing-masing berkontribusi dalam alur kerja yang terstruktur. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar di atas, proses ini mencakup variabel terkait dari identifikasi kebutuhan awal hingga validasi teknis, persetujuan anggaran, dan penempatan material akhir. Para pemangku kepentingan utama seperti tim pengadaan, teknis, inventaris, dan operasi lapangan harus berkoordinasi erat untuk memastikan kepatuhan terhadap standar teknis dan ekspektasi tingkat layanan. Sistem multi stakeholder ini memerlukan koordinasi yang efektif untuk mengelola kompleksitas permintaan penyambungan non-standar sambil mempertahankan efisiensi operasional.

Perancangan Awal Model Sistem Dinamik Pada Sistem Pengendalian Persediaan Material Utama Untuk Distribusi Listrik



Gambar 2. Interdependence Diagram antar Stakeholder

Pada tahap awal, Divisi Konstruksi UP3 melaporkan kebutuhan materialnya ke Unit Rencana Penyambungan Bagian Niaga (Sektor Bisnis di UID). Unit Rencana Penyambungan (Renbung) menyusun permintaan ini ke dalam spreadsheet bulanan (periode tanggal 21 setiap bulan hingga tanggal 20 setiap bulan berikutnya). Pada tanggal 27, Unit Rencana Penyambungan mengajukan permintaan pembelian ke Divisi SCM (Manajemen Rantai Pasok). Divisi Manajemen Rantai Pasok di Kantor Pusat merespons dengan mengalokasikan material melalui aplikasi Market (node 1.3). Namun, jumlah yang dialokasikan tidak selalu sesuai dengan permintaan awal, sehingga mendorong Unit Rencana Penyambungan untuk menginformasikan Divisi Konstruksi tentang penyesuaian jumlah pembelian.

Unit Rencana Penyambungan kemudian membuat kontrak rinci dengan pemasok (pesanan pembelian, node 1.5) melalui Aplikasi Market. Setelah proses administratif selesai, pemasok mengirimkan material—baik dalam satu batch atau secara bertahap—dan mengonfirmasi pengiriman dengan Bagian Gudang dan Logistik. Material diterima oleh Unit Gudang dan Logistik di UP3 (penerimaan pesanan, node 2.1) dan dicatat dalam sistem SAP. Untuk menggunakan material, Divisi Konstruksi mengajukan permintaan reservasi (transaksi pengeluaran material, node 2.2), setelah itu material diserahkan kepada vendor untuk dipasang (node 2.3–2.4). Jika terjadi kekurangan, koordinasi lebih lanjut diperlukan untuk menemukan solusi. Proses ini memengaruhi kecepatan pemberian layanan, sehingga mengoptimalkan durasi setiap tahap menjadi penting. Setiap pemangku kepentingan memainkan peran penting dalam manajemen persediaan. Proses yang terjadi juga menunjukkan fungsi dan koordinasi yang saling terkait.

Model Konseptual

Dari kompleksitas yang ada, dirancang variabel-variabel dan koneksi dengan stakeholder lainnya. Satu variabel akan terkoneksi dan membuat *loop* antar sub model. Selain variabel terkait sistem, ada beberapa sistem performansi sistem yang dirancang.

Submodel Permintaan Material oleh UP3 (Order Request)

Permintaan material dalam model ini dikembangkan berdasarkan beberapa kondisi dan alternatif skenario. Terdapat dua faktor utama yang memengaruhi proses ini, yakni

implementasi koordinasi internal antara divisi konstruksi dan logistik, serta penerapan metode continuous review (s, S) dalam menentukan jumlah permintaan. Kombinasi dari kedua faktor tersebut akan membentuk berbagai kebijakan permintaan berdasarkan tingkat koordinasi dan mekanisme pemantauan persediaan secara berkelanjutan. Aktivasi metode continuous review dimasukkan pada submodel *inventory level*, karena area ini merupakan domain pengendalian dari divisi logistik. Penjabaran konsep submodel permintaan berdasarkan kedua faktor utama tersebut akan diuraikan pada bagian berikut.

Tabel 1. Konsep Variabel pada Sub Model Transaksi Permintaan Material

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
1	Tingkat Pertumbuhan Industri	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	Nilai desimal 0 sd 1
2	<i>Start Order</i>	<i>Auxiliary</i>	Unit/month	Ekspresi pola distribusi
3	<i>Demand</i>	<i>Flow</i>	Unit/month	$start\ order * (1 + STEP("tingkat\ pertumbuhan\ industri", 12))$
4	Keb. Material Tersedia	<i>Stock</i>	Unit/month	$Demand - "Permintaan\ Material\ ke\ UID"$
5	Skenario Koordinasi	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	Nilai 0 atau 1
6	Permintaan Material ke UID	<i>Auxiliary</i>	Unit/month	$IF\ THEN\ ELSE(Skenario\ Koordinasi=0:AND:("s, S)\ Active\ or\ Not"=0, "Demand", INTEGER("Feedback\ Bag\ Konstruksi\ (Jumlah\ Permintaan)"))$
7	Keperluan Koordinasi Bag. Konstruksi ke Logistik	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	$IF\ THEN\ ELSE("Demand">0, 1, 0)$
8	<i>Inventory Level per Month</i>	<i>Auxiliary</i>	Unit/month	$Inventory\ Level\ di\ Gudang * "konversi\ per\ month"$
9	(s, S) <i>Active or Not</i>	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	Nilai 0 atau 1
10	Cek kondisi <i>stock</i>	<i>Auxiliary</i>	Unit/month	$IF\ THEN\ ELSE(("s, S)\ Active\ or\ Not">0, IF\ THEN\ ELSE(("Inventory\ Level\ di\ Gudang" * "waktu\ pengecekan") < "s (min\ stock)", ("S (max\ stock)" - ("Inventory\ Level\ di\ Gudang" * "waktu\ pengecekan")), 0), 0)$

Perancangan Awal Model Sistem Dinamik Pada Sistem Pengendalian Persediaan Material Utama Untuk Distribusi Listrik

11	Pengecekan Stok oleh Bag Logistik	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	<i>IF THEN ELSE</i> ("Keperluan Koordinasi Bag. Konstruksi ke Logistik"=1, (<i>IF THEN ELSE</i> ("(s, S) Active or Not"=0, (<i>IF THEN ELSE</i> ("Demand"<"inventory level per month", 1, 0)),(<i>IF THEN ELSE</i> ("Cek kondisi stock"=0, 1, 0))))), 0)
12	Feedback Bag Konstruksi (Jumlah Permintaan)	<i>Auxiliary</i>	Unit/month	<i>IF THEN ELSE</i> ("Pengecekan Stok oleh Bag Logistik"=0, (<i>IF THEN ELSE</i> ("(s, S) Active or Not"=1, "Cek kondisi stock ", (<i>IF THEN ELSE</i> ("Demand">"inventory level per month", ("Demand"- "inventory level per month"), 0))))), 0)
13	Permintaan Material ke UID	<i>Flow</i>	Unit/month	<i>IF THEN ELSE</i> (Skenario Koordinasi=0, "Demand", <i>INTEGER</i> ("Feedback Bag Konstruksi (Jumlah Permintaan)"))

Sub Model Purchasing Order (Bagian Renbung UID)

Tabel berikut menyajikan variabel-variabel yang berkaitan dengan proses pemesanan oleh Bagian Renbung. Data awal berasal dari input UP3, yang kemudian akan disesuaikan dengan alokasi pemesanan yang memungkinkan. Dalam submodel ini, turut dipertimbangkan material dari pemesanan sebelumnya yang belum diterima sebagai dasar perumusan variabel-variabel perbaikan sistem. Aspek ini akan dibahas lebih lanjut pada bab berikutnya.

Tabel 2. Konsep Variabel pada Sub Model Purchasing Order

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
1	Permintaan	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	Permintaan Material ke UID
2	Kuantitas permintaan pembelian (<i>purchasing request</i>)	<i>Stock</i>	Unit	Permintaan-"Pencocokan alokasi"
3	Alokasi yang diberikan oleh Div. MRP	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	Ekspresi pola distribusi
4	Pencocokan alokasi	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>INTEGER</i> ("alokasi yang diberikan oleh Div. MRP"*"permintaan")
5	Kuantitas <i>To Order</i>	<i>Stock</i>	Unit	Pencocokan alokasi- <i>IF THEN ELSE</i> ("net quantity order"<0, 0, "net quantity order")
6	material belum diterima dari <i>previous order</i>	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>Number</i>

Diajeng Anjarsari Rahmadani, Niniet Indah Arvitrida

7	<i>net quantity order</i>	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>INTEGER</i> ("Pencocokan alokasi"- <i>"material belum diterima dari previous order"</i>)
8	Nilai Pemesanan	<i>Auxiliary</i>	Rupiah/ <i>month</i>	<i>IF THEN ELSE</i> ("net quantity order - A">0, "net quantity order"* <i>"Harga KHS"</i> , 0)
9	Harga KHS	<i>Auxiliary</i>	Rupiah/ <i>month</i>	Harga Satuan
10	<i>Ordering Cost</i>	<i>Auxiliary</i>	Rupiah/ <i>month</i>	<i>IF THEN ELSE</i> ("net quantity order">0, 4.7949e+06 , 0)
11	Kuantitas <i>Purchase Order</i>	<i>Stock</i>	Unit	<i>IF THEN ELSE</i> (("net quantity order"- <i>"PO Supplier"</i>)<0, 0, ("net quantity order"- <i>"PO Supplier"</i>))
12	<i>processing rate</i>	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	1
13	<i>PO Supplier</i>	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>IF THEN ELSE</i> (("net quantity order"* <i>"processing rate"</i>)<0, 0, ("net quantity order"* <i>"processing rate"</i>))

Sub Model Order Receipt (Supplier dan Bag. Logistik)

Submodel ini merepresentasikan proses penerimaan barang serta interaksi antara pemasok dan bagian logistik. Dalam skema sistem persediaan yang diterapkan, pemasok mengirimkan material secara langsung kepada pengguna akhir (UP3). Selanjutnya, material yang diterima akan dicatat dan dikelola oleh Bagian Logistik yang bertanggung jawab atas penerimaan serta pengelolaan gudang.

Tabel 3. Konsep Variabel pada Sub Model Order Receipt (Supplier dan Bag. Logistik)

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
1	Jumlah material per pengiriman	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	Ekspresi pola distribusi
2	<i>Lead Time</i> per pengiriman	<i>Auxiliary</i>	<i>month</i> / pengiriman	Ekspresi pola distribusi
3	<i>Time adj lead time</i>	<i>Auxiliary</i>	pengiriman	1
4	<i>Lead time</i>	<i>Auxiliary</i>	<i>month</i>	<i>Lead Time</i> per pengiriman* <i>"time adj lead time"</i>
5	Pengiriman material	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>IF THEN ELSE</i> ("Supplier Improvement (s,S policy)"=0, <i>IF THEN ELSE</i> ("Lead Time per pengiriman">0, "jumlah material per pengiriman", 0), " <i>PO Supplier</i> ")
6	Kuantitas <i>order receipt</i>	<i>Stock</i>	Unit	pengiriman material- <i>"material diterima Bag. Logistik"</i>
7	Tingkat akurasi inventarisasi ke SAP	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	1
8	Fraksi material lulus inspeksi	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	1
9	Material diterima Bag. Logistik	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	("fraksi material lulus inspeksi"* <i>"pengiriman material"</i>)* <i>"tingkat akurasi inventarisasi ke SAP"</i>
10	Jumlah material masuk	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	material diterima Bag. Logistik

Perancangan Awal Model Sistem Dinamik Pada Sistem Pengendalian Persediaan Material Utama Untuk Distribusi Listrik

Inventory Level

Submodel ini mempertimbangkan ketersediaan stok yang dapat dimanfaatkan. Untuk menentukan jumlah stok yang tersedia, aliran material masuk dan keluar menjadi komponen utama dalam perhitungannya. Nilai ketersediaan persediaan yang dihasilkan dalam subbab ini akan berfungsi sebagai input bagi submodel permintaan dan evaluasi kinerja sistem.

Tabel 4. Konsep Variabel pada Sub Model Inventory Level

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
1	Inventarisasi	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	material diterima Bag. Logistik
2	<i>Inventory Level</i> Di Gudang	<i>Stock</i>	Unit	inventarisasi-"jumlah material direservasi"
3	Jumlah Material Direservasi	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>IF THEN ELSE</i> ("Demand">0, <i>INTEGER</i> (<i>MIN</i> ("Demand", "inventory level per month")), 0)
4	<i>Inventory Level Per Month</i>	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	Inventory Level di Gudang*"konversi per month"
5	Cek Kondisi <i>Stock</i>	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>IF THEN ELSE</i> ("(s, S) Active or Not">0, <i>IF THEN ELSE</i> ("Inventory Level di Gudang"*waktu pengecekan <"s (min stock)", ("S (max stock)"-"Inventory Level di Gudang"*"waktu pengecekan")), 0), 0)
6	(s, S) <i>Active or Not</i>	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	0 atau 1
7	Waktu pengecekan	<i>Auxiliary</i>	1/ <i>month</i>	1
8	s (<i>min stock</i>)	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>Number</i>
9	S (<i>max stock</i>)	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	s (<i>min stock</i>)+ <i>Q</i> "
10	Q	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>Number</i>

Material Issued Transaction (Bagian Konstruksi dan Vendor Pelaksana)

Submodel ini merepresentasikan proses koordinasi serta aliran material antara dua pemangku kepentingan, yaitu pihak konstruksi dan vendor pelaksana. Input utama dari submodel ini adalah material yang telah dipesan atau direservasi.

Tabel 5. Konsep Variabel pada Sub Model Material Issued Transaction

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
1	Reservasi material untuk dikeluarkan oleh bag konstruksi	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	jumlah material direservasi

2	Material Belum Terpasang	<i>Stock</i>	Unit	reservasi material untuk dikeluarkan oleh bag konstruksi-"Material Diterima Vendor"
3	Material Diterima Vendor	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	Fraksi Material Keluar yang Disetujui*"reservasi material untuk dikeluarkan oleh bag konstruksi"
4	Fraksi Material Keluar yang Disetujui	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	1
5	Kuantitas Material Dipasang oleh Vendor	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	Material Diterima Vendor
6	Waktu Pelaksanaan Material	<i>Auxiliary</i>	<i>Month</i>	((("Kuantitas Material Dipasang oleh Vendor"+"PO Material")/"laju pemasangan"*" <i>adj. time</i> ")*(1-"Gangguan Intervensi (Izin Kerja dan Cuaca)"))
7	Gangguan Intervensi (Izin Kerja dan Cuaca)	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	0
8	laju pemasangan	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	Berapa banyak material yang dapat dipasang sebulan
9	<i>adj. time</i>	<i>Auxiliary</i>	<i>Month</i>	1

Koordinasi

Tabel berikut menggambarkan alur koordinasi yang terjadi antara tiga pemangku kepentingan, yaitu Bagian Konstruksi UP3, Bagian Logistik UP3, dan Bagian Renbung UID. Proses koordinasi ini bertujuan untuk menjamin terpenuhinya kebutuhan material. Ketersediaan material menjadi aspek krusial karena berkaitan langsung dengan kelangsungan bisnis utama, yaitu penjualan energi listrik serta pelayanan kepada pelanggan.

Tabel 6. Konsep Variabel pada Sub Model Koordinasi

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
1	PO Material	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>PO Supplier</i>
2	Material Belum Terkirim	<i>Stock</i>	Unit	PO Material-" <i>material receipt</i> "
3	<i>Material receipt</i>	<i>Flow</i>	Unit/ <i>month</i>	jumlah material masuk
4	Konfirmasi Bag. Logistik ke Bag. Konstruksi	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	<i>IF THEN ELSE</i> ("material receipt"= "Permintaan Material ke UID", 0, 1)
5	Koordinasi Kekurangan Material (Bag Konstruksi ke Bag Renbung UID)	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>IF THEN ELSE</i> ("Konfirmasi Bag. Logistik ke Bag. Konstruksi"=1, <i>IF THEN ELSE</i> (("Permintaan Material ke UID"-"material receipt")<0, 0, ("Permintaan Material ke UID"-"material receipt")), 0)
6	Konfirmasi dari UID terkait selisih jumlah PO dan material datang	<i>Auxiliary</i>	Unit/ <i>month</i>	<i>IF THEN ELSE</i> ("Koordinasi Kekurangan Material (Bag Konstruksi ke Bag Renbung UID)">0, <i>IF THEN ELSE</i> ("PO Material"- "material receipt")<0 , 0, ("PO Material"- "material receipt")), 0)

Perancangan Awal Model Sistem Dinamik Pada Sistem Pengendalian Persediaan Material Utama Untuk Distribusi Listrik

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
7	Feedback dari Bag. Konstruksi	Auxiliary	Dmnl	$IF\ THEN\ ELSE(("Konfirmasi\ dari\ UID\ terkait\ selisih\ jumlah\ PO\ dan\ material\ datang"+ "material\ receipt") < "Permintaan\ Material\ ke\ UID", 1, 0)$
8	Jumlah Material yang harus dikoordinasikan UID ke seluruh UP3	Auxiliary	Unit/ month	$IF\ THEN\ ELSE("Feedback\ dari\ Bag.\ Konstruksi"=1, ("Permintaan\ Material\ ke\ UID"- ("material\ receipt"+ "Konfirmasi\ dari\ UID\ terkait\ selisih\ jumlah\ PO\ dan\ material\ datang")), 0)$
9	Koordinasi untuk Percepatan Pengiriman (UID ke Supplier)	Auxiliary	Dmnl	$IF\ THEN\ ELSE("Feedback\ dari\ Bag.\ Konstruksi"=0, 1, 0)$
10	"Tingkat keberhasilan percepatan pengiriman"	Auxiliary	Dmnl	$IF\ THEN\ ELSE("Koordinasi\ untuk\ Percepatan\ Pengiriman\ (UID\ ke\ Supplier)"=1, INTEGER("kemampuan\ supplier"*"willingness\ peg\ UID\ untuk\ push\ ke\ supplier"*"Konfirmasi\ dari\ UID\ terkait\ selisih\ jumlah\ PO\ dan\ material\ datang"), 0)$
11	Willingness Peg UID Untuk Push Ke Supplier	Auxiliary	Dmnl	1
12	Kemampuan Supplier	Auxiliary	Dmnl	1

Service Level

Tabel berikut menyajikan metode perhitungan tingkat layanan (service level) yang diterapkan dalam model sistem persediaan ini. Perhitungan dilakukan secara bulanan, sejalan dengan satuan waktu yang digunakan dalam simulasi, yaitu per bulan.

Tabel 7. Konsep Variabel pada Sub Model Service Level

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
1	Target Service Level	Auxiliary	Dmnl	0,97
2	Service Level	Auxiliary	Dmnl	$IF\ THEN\ ELSE("Demand">0, "Kuantitas\ Material\ Dipasang\ oleh\ Vendor"/"Demand", 1)$

ITO

Tabel di bawah ini merupakan cara perhitungan inventory turnover (ITO) yang digunakan dalam model sistem persediaan ini. Perhitungan dilakukan setiap bulan dikarenakan satuan waktu simulasi adalah per bulan dengan input dan formula sebagai berikut.

Tabel 8. Konsep Variabel pada Sub Model ITO

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
----	----------	---------------	------	-------

1	ITO	<i>Auxiliary</i>	Dmnl	<i>IF THEN ELSE("inventory level per month": AND:"Material Diterima Vendor">0, (("Material Diterima Vendor"*"Harga KHS")/((stok akhir 2024+"inventory level per month")*"Harga KHS"/2)),0)</i>
---	-----	------------------	------	---

Anggaran dan Total Cost Persediaan

Diagram berikut menjelaskan metode penghitungan kinerja penggunaan anggaran serta total biaya yang terkait dengan persediaan. Total biaya mencakup nilai pemesanan unit, biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan. Proses perhitungan dilakukan setiap bulan karena satuan waktu simulasi menggunakan bulanan, dengan input dan rumus yang digunakan sebagai berikut.

Tabel 9. Konsep Variabel pada Sub Model Anggaran dan Total Cost Persediaan

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
1	Anggaran	<i>Flow</i>	Rupiah/ <i>month</i>	4.581.240.000
2	Ketersediaan Anggaran	<i>Stock</i>	Rupiah	anggaran-penggunaan
3	Penggunaan	<i>Flow</i>	Rupiah/ <i>month</i>	Nilai pemesanan seluruh kategori material
4	Total Penggunaan Anggaran	<i>Stock</i>	Rupiah	penggunaan
5	<i>Total Cost</i>	<i>Auxiliary</i>	Rupiah/ <i>month</i>	Nilai Pemesanan +"Ordering Cost"+(0.333/12*"Harga KHS")*"inventory level per month"

Durasi Hari Layanan

Tabel berikut menjelaskan metode perhitungan kinerja durasi hari layanan, yang mencakup seluruh proses mulai dari permintaan hingga pemasangan material. Sebagian data waktu bersifat tetap dan diambil berdasarkan nilai maksimum dari hasil wawancara dengan staf Bagian Renbung UID. Perhitungan ini dilakukan setiap bulan karena satuan waktu dalam simulasi menggunakan periode bulanan, dengan input dan rumus yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 10. Konsep Variabel pada Sub Model Durasi Hari Layanan

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
1	Durasi Hari Layanan	<i>Auxiliary</i>	<i>Month</i>	<i>IF THEN ELSE("PO Supplier">0, ("Waktu Permintaan UP3 ke UID"+"Waktu Pengolahan Kebutuhan"+"Waktu Permintaan Alokasi"+Waktu untuk Pemberian Alokasi+ Waktu Pembuatan Kontrak Rinci +Waktu KR dittd + Waktu Penerbitan SPMK +IF THEN ELSE("Supplier Improvement (s,S policy)"</i>

Perancangan Awal Model Sistem Dinamik Pada Sistem Pengendalian Persediaan Material Utama Untuk Distribusi Listrik

No	Variabel	Tipe Variabel	Unit	Rumus
				$=0, "Lead Time", 1) + "Waktu Pelaksanaan Material", "Waktu Pelaksanaan Material")$
2	Waktu Permintaan UP3 ke UID	<i>Auxiliary</i>	<i>Month</i>	0.67
3	Waktu Pengolahan Kebutuhan	<i>Auxiliary</i>	<i>Month</i>	0.2
4	Waktu Permintaan Alokasi	<i>Auxiliary</i>	<i>Month</i>	0.03
5	Waktu untuk Pemberian Alokasi	<i>Auxiliary</i>	<i>Month</i>	0.5
6	Waktu Pembuatan Kontrak Rinci	<i>Auxiliary</i>	<i>Month</i>	0.067
7	Waktu KR dittd	<i>Auxiliary</i>	<i>Month</i>	0.13
8	Waktu Penerbitan SPMK	<i>Auxiliary</i>	<i>Month</i>	0.03

Area Perbaikan

Berdasarkan pemahaman yang dilakukan dengan system thinking dan memahami kompleksitas dengan pendekatan sistem dinamik, maka area perbaikan adalah pengelolaan persediaan dengan continuous review. Penelitian ini dapat mengadopsi pendekatan continuous review dengan model (s,S). Pemilihan metode ini didasarkan pada kemampuannya dalam meminimalkan biaya tahunan secara optimal sekaligus mengatasi masalah undershooting pada pemesanan multi-unit (Chopra & Meindl, 2016). Continuous review dipilih karena karakteristik material operasional yang bersifat fast moving. Material yang diteliti memiliki pola permintaan fluktuatif dan berdampak signifikan terhadap pelayanan jika terjadi kekurangan stok, sehingga memerlukan sistem pemantauan real-time. Dari sisi operasional perusahaan, ketersediaan material distribusi utama merupakan syarat mutlak untuk mendukung proses bisnis inti. Perusahaan telah memiliki infrastruktur pendukung yang memadai untuk menerapkan continuous review, meliputi:

1.

1. Bagian logistik yang mengelola gudang dan material
2. Sistem informasi untuk memantau alur material
3. Siklus pengajuan pengadaan bulanan

Dengan pertimbangan kesiapan operasional dan dukungan literatur terkini, kebijakan continuous review layak untuk diimplementasikan. Implementasi kebijakan akan diberlakukan pada sub model inventory level sehingga perlu memperhitungkan stok maksimal dan stok minimal pada material yang dijadikan objek studi.

KESIMPULAN

Pengelolaan persediaan material distribusi tenaga listrik di area tanpa jaringan atau yang membutuhkan peningkatan kapasitas sering menghadapi tantangan kekurangan stok dan keterlambatan pemenuhan. Permasalahan ini dipengaruhi oleh kompleksitas proses pengadaan dan pemasangan, keterlibatan multi-stakeholder, ketidakpastian permintaan dan pengiriman, ketiadaan safety stock, serta alokasi pembelian yang tidak konsisten. Interaksi antarkomponen dalam sistem menjadikan keputusan pada satu elemen berdampak pada elemen lainnya. Kompleksitas ini dapat dianalisis secara sistematis melalui pendekatan sistem dinamik. Rancangan model sistem dinamik dapat dimulai dengan memetakan stakeholder yang terlibat di dalam sistem. Terdapat 6 sub sistem untuk menggambarkan stakeholder dan keterkaitan dan 4 sub sistem performance yang dapat dirancang untuk mengukur kinerja persediaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chong, A. Y. L., Lo, C. K. Y., & Weng, X. (2017). The business value of IT investments on supply chain: A contingency perspective. *Journal of Business Research*, 80, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.07.002>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply chain management*. Pearson.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th ed.). Pearson Education.
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2017). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603–626. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012>
- Mudawari, A., Sodiq, D., Wiwit, I. M., Deni, A., Mashar, A., Daud, A., Zein, H., Saodah, S., & Yusuf, E. (2020). Peningkatan Kompetensi Operator Pltmh Rimba Lestari Di Dusun Tangsi Jaya Kecamatan Gunung Halu Bandung Barat. *Jurnal DIFUSI*, 3(1), 9. <https://doi.org/10.35313/difusi.v3i1.1945>
- Mesa-Jiménez, J., Tzianoumis, A., Stokes, L., Yang, Q., & Livina, V. (2023). Long-term wind and solar energy generation forecasts, and optimisation of Power Purchase Agreements. *Energy Reports*, 292–302.
- Pujawan, P. I., & Mahendrawathi ER, P. (2024). *Supply chain management*. Lautan Pustaka.
- Putri, T. M., Gugun, Y., Hanafi, S. F., Ratini, K., Laminto, Y. A., & Murdapa, P. S. (2023). Pemodelan system dynamics proses pengadaan bahan baku yang menggunakan mekanisme (R,Q). *Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi*

Perancangan Awal Model Sistem Dinamik Pada Sistem Pengendalian Persediaan Material Utama Untuk Distribusi Listrik

(SEMNAS RISTEK), 95–98.

- Rinaldia, M., Feraa, M., Macchiarolia, R., & Bottanib, E. (2023). A new procedure for spare parts inventory management in ETO production: A case study. *4th International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing*, 376–385.
- Riskianto, W. F., Vanany, I., & Arvitrida, N. I. (2020). Consumable material spare part management control in electricity transmission system. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 7, 66–70.
- Rizma, M. (2023). *Peramalan dan pengendalian persediaan material pada industri distribusi listrik* [Master's thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. Repository ITS.
- Sridhar, P., Vishnu, C., & Sridharan, R. (2021). Simulation of inventory management systems in retail stores: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 5130–5134.
- Syafira, A. S., & Arvitrida, N. I. (2024). Strategi pengendalian persediaan pada rantai pasok multi-echelon untuk fast moving products dengan pendekatan sistem dinamik. *Jurnal Teknik ITS*, 81–85.
- Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.06.004>
- Waller, M. A., Dabholkar, P. A., & Gentry, J. J. (2006). Postponement, product customization, and market-oriented supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 27(2), 57–80. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2006.tb00219.x>
- Widyatama, A. (2023). *Analisis peramalan dan pengendalian persediaan material pada PT. PLN (Persero) Regional XYZ* [Master's thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. Repository ITS.
- Zsidisin, G. A., Melnyk, S. A., & Ragatz, G. L. (2005). An institutional theory perspective of business continuity planning for purchasing and supply management. *International Journal of Production Research*, 43(16), 3401–3420. <https://doi.org/10.1080/00207540500095613>