



Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* dalam Perencanaan Perawatan Komponen Mesin Giling

Aldi Rizwan Fadillah^{1*}, Nurul Aini Fitriani²

^{1,2}Politeknik Pratama Mulia, Surakarta, Indonesia

Alamat: Jl. Haryo Panular No.18A, Panularan, Kec. Laweyan, Kota Surakarta, Jawa Tengah

Korespondensi penulis: aldirfadillah@student.politama.ac.id

Abstract. *Production process efficiency requires machinery and equipment to be in optimal condition at all times. Any machine failure has serious implications, including operational stoppages, decreased product quality, and potential workplace safety risks. Field data reveals that PT Jaya Teknik Baru experienced 59 instances of operational downtime related to milling machine components over four milling seasons (2018-2021). The root cause was the absence of a scheduled maintenance program, necessitating a systematic approach using the Reliability Centered Maintenance (RCM) method. This approach emphasizes preventive maintenance to enhance reliability and safety. The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) identified critical failure modes, and the Loss Tree Analysis (LTA) revealed that 60% of the problems were caused by outages. As a solution, Time Directed (TD) maintenance intervals were established based on Mean Time to Failure (MTTF) calculations, specifying the replacement of the milling grates every 88 days, their bolts every 52 days, and the Fibrizer every 46 days.*

Keywords: *Reliability Centered Maintenance; Milling Machine Maintenance; Preventive Maintenance; Time Directed (TD) Maintenance; Mean Time to Failure (MTTF).*

Abstrak. Efisiensi proses produksi mensyaratkan kondisi mesin dan peralatan yang selalu prima. Setiap kerusakan mesin berimplikasi serius, mulai dari terhentinya operasional, menurunnya kualitas hasil produksi, hingga timbulnya risiko keselamatan kerja. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa PT Jaya Teknik Baru mengalami gangguan operasional (downtime) sebanyak 59 kali pada komponen mesin giling dalam empat musim giling (2018-2021). Akar permasalahannya adalah belum diterapkannya perawatan yang terjadwal, sehingga diperlukan pendekatan sistematis melalui metode Reliability Centered Maintenance (RCM). Pendekatan ini menitikberatkan pada preventive maintenance untuk meningkatkan keandalan (reliability) dan keselamatan. Hasil Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) menunjukkan mode kegagalan kritis, dan Loss Tree Analysis (LTA) mengungkapkan bahwa 60% masalah disebabkan oleh outage. Sebagai solusi, ditetapkanlah interval perawatan Time Directed (TD) berdasarkan perhitungan Mean Time to Failure (MTTF), yaitu penggantian suri-suri gilingan setiap 88 hari, bautnya setiap 52 hari, dan Fibrizer setiap 46 hari.

Kata kunci: *Reliability Centered Maintenance; Perawatan Mesin Giling; Preventive Maintenance; Time Directed (TD) Maintenance; Mean Time to Failure (MTTF).*

1. LATAR BELAKANG

Dalam era persaingan industri global yang semakin ketat, peningkatan produktivitas menjadi sebuah imperatif bagi perusahaan untuk mempertahankan daya saing dan keberlangsungan operasionalnya. Tantangan ini *particularly critical* dalam sektor manufaktur, di mana efisiensi sistem produksi menjadi penentu utama kinerja perusahaan. Produktivitas dalam konteks manufaktur sangat bergantung pada kemampuan perusahaan untuk memastikan mesin-mesin produksinya beroperasi dengan tingkat reliabilitas (keandalan) yang tinggi. Reliabilitas mesin tidak hanya menjamin kontinuitas aliran produksi, tetapi juga mempengaruhi konsistensi kualitas produk, biaya operasional, dan ultimately, profitabilitas perusahaan.

Faktanya, kelancaran proses produksi sangat ditentukan oleh kondisi teknis mesin dan peralatan. Setiap insiden kerusakan mesin membawa implikasi serius berupa terhentinya operasional (*downtime*), penurunan kualitas output, hingga peningkatan risiko keselamatan kerja. Data operasional di banyak industri seringkali mengungkapkan bahwa downtime yang tinggi umumnya bersumber dari ketiadaan strategi pemeliharaan (*maintenance*) yang efektif dan terencana. Sebagaimana ditegaskan oleh Heizer dan Render (2001), pemeliharaan mencakup semua aktivitas untuk menjaga peralatan tetap dalam kondisi kerja yang optimal. Oleh karena itu, pendekatan pemeliharaan yang reaktif hanya memperbaiki mesin setelah rusak telah terbukti tidak lagi memadai untuk mendukung tuntutan produktivitas industri modern.

Beberapa metodologi pemeliharaan telah dikembangkan untuk mengatasi tantangan ini, di antaranya Total Productive Maintenance (TPM) yang menekankan partisipasi menyeluruh, Overall Equipment Effectiveness (OEE) sebagai metrik pengukuran efektivitas peralatan, dan Reliability Centered Maintenance (RCM) sebagai pendekatan analitis untuk menentukan tugas perawatan yang paling tepat guna. Dari ketiganya, RCM menawarkan keunggulan strategis melalui pendekatannya yang sistematis dan berbasis analisis risiko. RCM tidak hanya bertujuan mencegah kegagalan, tetapi lebih pada memastikan bahwa setiap tindakan perawatan yang dilakukan merupakan yang paling efektif secara teknis dan ekonomis untuk mempertahankan fungsi yang diinginkan dari suatu aset.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode ini dipandang paling relevan untuk merancang kegiatan perawatan yang efektif pada komponen-komponen kritis mesin, dengan tujuan akhir untuk meminimalkan downtime, meningkatkan keandalan mesin, dan pada akhirnya mengoptimalkan jumlah produksi sesuai dengan target yang ditetapkan perusahaan.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1. Konsep Dasar Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan merupakan elemen kritis dalam mendukung kelancaran proses produksi di industri manufaktur. Menurut Heizer dan Render (2001), pemeliharaan didefinisikan sebagai semua aktivitas yang terlibat dalam menjaga peralatan sistem agar tetap dalam kondisi kerja yang baik. Tujuan utama pemeliharaan adalah untuk memastikan ketersediaan mesin, meningkatkan keandalan, dan meminimalkan biaya siklus hidup aset (Dhillon, 2006).

2.2. Reliability Centered Maintenance (RCM)

2.2.1. Pengertian dan Konsep Dasar RCM

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan metodologi pemeliharaan yang sistematis untuk menentukan kebutuhan pemeliharaan yang tepat bagi aset fisik dalam operasionalnya. Menurut Moubray (1997), RCM adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan aset fisik terus melakukan apa yang diinginkan pengguna dalam konteks operasionalnya.

2.2.2. Tujuh Pertanyaan Dasar RCM

Moubray (1997) mengemukakan bahwa RCM menjawab tujuh pertanyaan fundamental:

- a. Fungsi: Apa fungsi yang diharapkan dari aset tersebut?
- b. Kegagalan Fungsional: Dalam apa cara aset gagal memenuhi fungsinya?
- c. Mode Kegagalan: Apa yang menyebabkan setiap kegagalan fungsional?
- d. Efek Kegagalan: Apa yang terjadi ketika setiap kegagalan terjadi?
- e. Konsekuensi Kegagalan: Apa konsekuensi dari setiap kegagalan?
- f. Tugas Pemeliharaan: Apa yang dapat dilakukan untuk mencegah setiap kegagalan?
- g. Tindakan Lain: Apa yang harus dilakukan jika tugas pemeliharaan yang sesuai tidak dapat ditemukan?

2.3. Tahapan Implementasi RCM

2.3.1. Seleksi Aset Kritis

Tahap awal implementasi RCM adalah mengidentifikasi dan memilih aset yang paling kritis terhadap operasional produksi. Menurut Smith & Hinchcliffe (2004), aset kritis ditentukan berdasarkan dampaknya terhadap keselamatan, lingkungan, produksi, dan biaya perbaikan.

2.3.2. Analisis Kegagalan (*Failure Mode and Effect Analysis - FMEA*)

FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan pada sistem. Menurut IEC 60812, FMEA meliputi:

- a. Identifikasi mode kegagalan
- b. Analisis efek kegagalan
- c. Penilaian tingkat keparahan (*severity*)
- d. Penilaian frekuensi kejadian (*occurrence*)
- e. Penilaian kemampuan deteksi (*detection*)

2.3.3. Logic Tree Analysis (LTA)

LTA digunakan untuk menentukan strategi pemeliharaan yang tepat berdasarkan konsekuensi kegagalan. Menurut Nowlan dan Heap (1978), terdapat empat jenis tugas pemeliharaan dalam RCM:

- a. Pemeliharaan berbasis kondisi (*Condition-Based Maintenance*)
- b. Pemeliharaan berkala (*Time-Directed Maintenance*)
- c. Pemeliharaan penemuan (*Failure Finding*)
- d. Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*)

2.4. Parameter Keandalan Mesin

2.4.1. Mean Time Between Failure (MTBF)

MTBF merupakan rata-rata waktu antara kegagalan yang terjadi pada komponen mesin. Menurut O'Connor dan Kleyner (2012), MTBF dihitung dengan rumus:

$$\text{MTBF} = \text{Total Operating Time} / \text{Number of Failures}$$

2.4.2. Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR adalah rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki komponen yang rusak. Menurut Ebeling (2005), MTTR mencakup waktu deteksi, diagnosis, perbaikan, dan verifikasi.

2.4.3. Availability (Ketersediaan)

Availability merupakan probabilitas suatu sistem atau komponen beroperasi dengan memuaskan pada waktu tertentu. Menurut Blanchard (2004), availability dihitung dengan rumus:

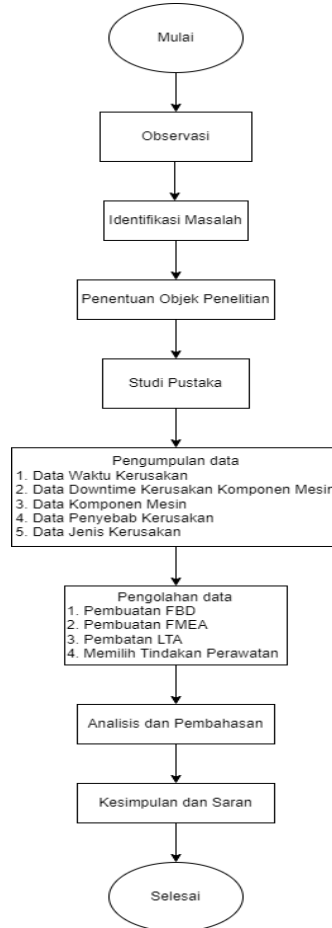
$$\text{Availability} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

2.5. Aplikasi RCM pada Mesin Giling

Penerapan RCM pada mesin giling memerlukan pendekatan khusus mengingat karakteristik operasionalnya yang unik. Menurut penelitian Fani (2019), komponen kritis mesin giling seperti roll, bearing, dan housing memerlukan analisis kegagalan yang komprehensif. Studi oleh Wahid & Agung (2016) menunjukkan bahwa implementasi RCM pada mesin giling dapat mengurangi downtime hingga 40% dan meningkatkan availability hingga 15%.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif karena permasalahan yang dikaji telah dirumuskan secara spesifik dan jelas. Pendekatan ini dipilih agar analisis dapat didasarkan pada data numerik yang dihasilkan dari pengukuran variabel-variabel yang diteliti.



Gambar 1. Alur Penelitian

3.1. Tahapan Penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Implementasi metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis berikut:

- a. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Data
 - 1) Tahap ini terdiri dari dua aktivitas utama: Pemilihan Sistem: Analisis RCM diterapkan pada tingkat sistem, bukan tingkat komponen, untuk memahami dampak kegagalan suatu komponen terhadap kinerja sistem secara keseluruhan. Pemilihan sistem dilakukan secara selektif agar analisis dapat lebih fokus dan mendalam.
 - 2) Pengumpulan Data: Dilakukan untuk memperoleh pemahaman komprehensif mengenai cara kerja sistem. Teknik pengumpulan data meliputi observasi lapangan, wawancara, dan studi literatur. Informasi yang dikumpulkan mencakup prinsip kerja mesin, komponen utama, spesifikasi teknis, dan konfigurasi sistem.

b. Pendefinisian Batasan Sistem

Tahap ini bertujuan untuk membuat batasan yang jelas bagi sistem yang dianalisis guna mencegah tumpang-tindih dengan sistem lain dan memastikan fokus analisis tetap terjaga.

c. Pembuatan Diagram Fungsi dan Sistem

Pada tahap ini, tiga elemen dikembangkan: deskripsi sistem, diagram blok fungsi, dan *System Work Breakdown Structure* (SWBS) untuk merepresentasikan hubungan fungsional antar komponen.

d. Identifikasi Fungsi dan Kegagalan Fungsional

Analisis difokuskan pada kegagalan fungsi sistem, bukan sekadar kegagalan fisik komponen. Setiap fungsi sistem diidentifikasi kemungkinan kondisinya yang menyebabkan kinerja sistem tidak optimal.

e. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA digunakan untuk mengevaluasi sistem dengan mengidentifikasi berbagai mode kegagalan komponen dan menganalisis dampaknya terhadap keandalan sistem. Metode ini membantu dalam mengidentifikasi komponen-komponen kritis yang memerlukan perhatian dan tindakan pemeliharaan yang lebih intensif.

f. *Logic Tree Analysis* (LTA)

LTA disusun untuk mengkategorikan dan memprioritaskan setiap mode kegagalan berdasarkan tingkat keparahannya. Analisis ini mengelompokkan kegagalan ke dalam empat kategori untuk menentukan strategi pemeliharaan yang paling tepat (Raharja et al., 2021).

g. Pemilihan Tindakan Pemeliharaan

Tahap akhir RCM adalah menetapkan tindakan pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) yang paling efektif dan efisien untuk setiap mode kegagalan yang telah diidentifikasi. Tindakan yang dipilih harus memenuhi kriteria kelayakan teknis dan ekonomis.

h. Konsep Keandalan (*Reliability*)

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem atau komponen untuk beroperasi sesuai fungsinya dalam kondisi tertentu selama periode waktu yang ditentukan (Alrifayy et al., 2020). Konsep ini menjadi dasar dalam mengevaluasi kinerja sistem pemeliharaan dan menetapkan interval perawatan yang optimal.

i. Identifikasi Distribusi Data

Tahap ini melibatkan pengujian untuk memilih model distribusi probabilitas yang paling sesuai dengan data waktu kegagalan komponen. Pemilihan distribusi didasarkan pada nilai P-value terbesar yang dianalisis menggunakan perangkat lunak *Easy Fit Professional*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hasil *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)

Berdasarkan hasil identifikasi masalah, dapat disimpulkan bahwa *downtime* pada stasiun mesin giling terutama disebabkan oleh terjadinya kegagalan pada beberapa komponen kritis. Tingginya frekuensi *downtime* ini berdampak signifikan terhadap menurunnya tingkat efisiensi operasional mesin giling secara keseluruhan. Untuk menentukan prioritas penanganan, dilakukan analisis risiko kerusakan komponen melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN ini ditentukan berdasarkan tiga faktor kunci, yaitu: tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan (*severity*), frekuensi kemunculan kegagalan (*occurrence*), serta kemampuan pendeteksian dini terhadap potensi kegagalan tersebut (*detection*). Hasil perhitungan nilai RPN untuk masing-masing komponen yang telah diurutkan berdasarkan tingkat prioritasnya dapat dilihat secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai RPN Komponen Mesin Giling

<i>Failure Mode</i>	RPN
Suri-suri gilingan patah	384
Suri-suri gilingan gumpalan	105
Suri-suri gilingan bengkok	73
Baut suri-suri putus	105
Ampas dedel di bawah <i>Fibrizer</i> gumpalan	126

Berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), teridentifikasi komponen-komponen kritis dengan tingkat prioritas tertinggi yang menjadi fokus utama perbaikan. Komponen tersebut meliputi suri-suri gilingan yang mengalami kepatahan, *Fibrizer* yang tersumbat gumpalan ampas tebu, baut suri-suri yang putus, serta suri-suri gilingan yang mengalami gumpalan. Berbagai masalah ini menunjukkan bahwa gangguan pada mekanisme penggilingan merupakan titik kritis yang paling memerlukan penanganan

segera, mengingat dampaknya yang signifikan terhadap kontinuitas proses produksi dan kinerja keseluruhan mesin giling.

4.2. Analisis Hasil *Logic Tree Analysis* (LTA)

Berdasarkan hasil *Logic Tree Analysis* (LTA), komponen mesin giling dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori utama sesuai dengan dampak kegagalannya. Kategori A (*Safety Problem*) mencakup komponen yang kegagalannya dapat membahayakan keselamatan kerja, di mana dalam penelitian ini yang termasuk adalah suri-suri gilingan patah. Kategori B (*Outage Problem*) terdiri dari komponen-komponen yang mengakibatkan terhentinya operasi mesin secara sebagian atau keseluruhan, meliputi suri-suri gilingan menggumpal, baut suri-suri putus, dan Fibrizer yang tersumbat ampas tebu. Kategori C (*Economic Problem*) mencakup kegagalan komponen yang berdampak pada kerugian ekonomi, dalam hal ini suri-suri gilingan bengkok. Sementara untuk Kategori D (*Hidden Failure*) yang mengacu pada kegagalan tersembunyi yang tidak terdeteksi dalam kondisi normal, tidak ditemukan komponen yang memenuhi kriteria ini (Raharja et al., 2021). Rekapitulasi hasil LTA menunjukkan bahwa persentase terbesar kerusakan komponen, yaitu sebesar 60%, termasuk dalam kategori Outage Problem (B) seperti yang terlihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi LTA (%)

No	Kategori	Jumlah Komponen	Persentase
1	A	1	20
2	B	3	60
3	C	1	20
4	D	0	0
Total		5	100%

4.3. Perawatan Berdasarkan Pemilihan Tindakan RCM

Berdasarkan hasil analisis pemilihan tindakan perawatan untuk komponen mesin giling yang mengalami kegagalan di stasiun giling, dapat ditetapkan dua strategi pemeliharaan utama sebagai berikut:

a. *Time Directed* (TD)

Tindakan ini meliputi aktivitas penggantian dan perbaikan komponen berdasarkan interval waktu tertentu. Komponen yang memerlukan pendekatan ini adalah:

- 1) Suri-suri gilingan patah
- 2) Baut suri-suri patah

3) Fibrizer yang mengalami gumpalan

b. *Finding Failure* (FF)

Tindakan ini bertujuan untuk mendeteksi potensi kerusakan tersembunyi melalui inspeksi berkala. Komponen yang memerlukan pendekatan ini adalah:

- 1) Suri-suri gilingan yang menggumpal
- 2) Suri-suri gilingan yang bengkok

Untuk tindakan *Time Directed* (TD), diperlukan penjadwalan perbaikan komponen mesin dengan prioritas tertentu. Rincian lengkap mengenai jadwal dan prosedur perawatan TD untuk masing-masing komponen mesin giling akan diuraikan pada bagian berikutnya.

Tabel 3. Tindakan Terhadap Komponen Mesin Giling

No	Komponen rusak	Tindakan
1	Suri-suri gilingan patah	Pergantian dan perbaikan komponen dan menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala setiap 63.209 menit
2	Baut suri-suri patah	Pergantian dan perbaikan komponen setiap 52.493 menit
3	<i>Fibrizer</i> bergumpal	Pergantian dan perbaikan komponen setiap 46.992 menit

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Faktor utama penyebab kegagalan operasional pada mesin giling tebu adalah kerusakan komponen kritis yang meliputi patahnya suri-suri gilingan, putusnya baut suri-suri, dan terbentuknya gumpalan pada *Fibrizer* yang mengakibatkan terhentinya proses penggilingan.
- b. Strategi peningkatan keandalan mesin dilakukan melalui perawatan khusus pada komponen kritis dengan interval waktu tertentu, yaitu: pergantian dan perbaikan suri-suri gilingan setiap 88.588 menit, pergantian baut suri-suri setiap 52.493 menit, serta pemeliharaan *Fibrizer* setiap 46.992 menit untuk menjamin kelancaran proses pengolahan tebu.

5.2. Saran

Berdasarkan temuan penelitian, dapat disampaikan rekomendasi kepada perusahaan sebagai berikut:

- a. Perlu adanya perhatian khusus terhadap kondisi komponen kritis mesin dengan menerapkan konsep *Reliability Centered Maintenance* (RCM) guna meminimalisir terjadinya *downtime*.
- b. Diperlukan pembagian tanggung jawab dan koordinasi antar operator dalam memantau kondisi mesin secara berkala agar program pemantauan kondisi (*condition monitoring*) dapat berjalan secara efektif.

DAFTAR REFERENSI

- Anderson, R. T., & Neri, L. (2020). *Reliability-Centered Maintenance: Management and Engineering Methods*. Springer.
- Dhillon, B. S. (2019). *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. CRC Press.
- Fauzi, A., & Santoso, B. (2021). Implementasi Reliability Centered Maintenance pada Mesin Produksi di Industri Gula. *Jurnal Teknik Industri*, 16(2), 45-56.
- Gertsbakh, I. (2020). *Reliability Theory with Applications to Preventive Maintenance*. Springer.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson.
- Kelly, A. (2019). *Maintenance Strategy: Business-Centered Maintenance*. Butterworth-Heinemann.
- Kumar, S., & Singh, R. (2021). Application of RCM in Sugar Mill Machinery Maintenance. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 14(4), 78-85.
- Mobley, R. K. (2021). *Maintenance Engineering Handbook*. McGraw-Hill.
- Moubray, J. (2020). *Reliability-centered Maintenance*. Industrial Press.
- Nakajima, S. (2019). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Palmer, D. (2020). *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*. McGraw-Hill.
- Rahim, A., & Hassan, M. (2022). Optimasi Perawatan Mesin Giling Tebu dengan Pendekatan RCM. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Industri*, 18(1), 23-30.
- Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2021). *RCM: Gateway to World Class Maintenance*. Butterworth-Heinemann.
- Wiratno, S., & Prasetyo, B. (2022). Analisis Keandalan Mesin Giling Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance. *Jurnal Teknologi Industri*, 23(3), 67-75.
- Zhang, L., & Wang, H. (2021). "Maintenance Strategy Optimization Using RCM Approach in Process Industry". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(2), 45-60.
- Zhou, Y., & Lee, J. (2020). "Application of FMEA and RCM in Manufacturing System Maintenance". *International Journal of Production Research*, 58(15), 123-135.