

## Konsep *Line Balancing* dan *Six Sigma* dalam Proses Pembuatan Tali Polypropylene PT ABC

Nurilia Fitri Prabawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri, Kediri

e-mail: <sup>\*</sup>[nuriliafitri@uniska-kediri.ac.id](mailto:nuriliafitri@uniska-kediri.ac.id)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Submitted:  
July 18, 2024

Accepted:  
July 20, 2024

Published:  
July 31, 2024

### ABSTRACT

*In this research, the Line balancing and Six Sigma methods were used to study the polypropylene rope production process. This research is supported by the use of real-time data, making it easier for the controlling process to apply the Six Sigma method. The Largest Candidate Rule (LCR) provides an extrusion output value of 93.73 Kg/Hour. Using the assumption of an output share of 9 Kg/hour, to form ropes with diameters of 3mm and 10mm, a composition of 20 filaments is required, 4mm with a composition of 30 filaments, 5mm with a composition of 50 filaments, and 12mm with a composition of 10 filaments.*

#### Keywords:

*filaments, line balancing, polypropylene, rope, six sigma.*

#### Kata Kunci:

*filamen, line balancing, polypropylene, six sigma, tali.*

### ABSTRAK

Dalam penelitian ini digunakan metode Line balancing dan Six sigma untuk mengkaji proses produksi Tali polypropylene. Penelitian ini didukung oleh penggunaan data real-time sehingga memudahkan proses controlling untuk mengaplikasikan metode Six sigma. Adapun *Largest Candidate Rule (LCR)* memberikan wacana nilai output ekstrusi sebesar 93.73 Kg/Jam. Menggunakan asumsi output share sebesar 9 Kg/Jam, maka untuk membentuk tali berdiameter 3mm dan 10mm dibutuhkan komposisi 20 filamen, 4mm dengan komposisi 30 filamen, 5mm dengan komposisi 50 filamen, dan 12mm dengan 10 filamen.

*This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).*



#### Corresponding Author:

Nurilia Fitri Prabawati,  
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri  
Jalan Sersan Suharmadji No. 38, Kota Kediri, Jawa Timur, Indonesia.  
Email: [nuriliafitri@uniska-kediri.ac.id](mailto:nuriliafitri@uniska-kediri.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Dalam manufaktur, *Line balancing* adalah teknik untuk mendistribusikan pekerjaan secara merata di sepanjang garis produksi untuk mencapai tingkat efisiensi dan produktivitas yang optimal (Kumar & Kant, 2020). Produktivitas mengacu pada kemampuan suatu perusahaan untuk menggunakan sumber daya untuk menghasilkan *output* yang paling optimal (Chase et al., 2022). Dengan menerapkan *Line balancing* untuk menyeimbangkan beban kerja, perusahaan dapat mengurangi waktu siklus produksi dan penggunaan sumber daya (Montgomery, 2023). Di dalam penelitian ini, akan dibahas konsep dari *Line balancing* serta *Six sigma* sebagai dasar dalam penerapan optimalisasi produksi tali polypropylene di PT ABC. *Six Sigma* adalah metode manajemen kualitas yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan kesalahan dalam proses produksi sehingga produk memiliki tingkat cacat yang sangat rendah (Pande et al., 2021). Integrasi *Line balancing* dan *Six sigma* tidak lepas dari upaya penanganan dalam beberapa kendala seperti menyesuaikan diri dengan perubahan produk dan teknologi serta mengelola ketidakseimbangan beban kerja dengan baik (Pyzdek & Keller, 2020). *Line balancing* dan *Six sigma* dapat diimplementasikan dengan sukses dengan komitmen manajemen, pelatihan karyawan, dan integrasi teknologi yang tepat (Snee & Hoerl, 2021). Oleh karena itu, di dalam integrasinya, kedua konsep ini harus sudah didahului oleh penerapan teknologi informasi dan produksi guna mengefektifkan penerapannya. Adapun PT ABC telah mengimplementasikan sistem ERP sebagai upaya untuk mendukung ketepatan data untuk pengguna di setiap lini produksi serta untuk memberikan informasi

akurat apabila data tersebut digunakan untuk analisis pihak manajemen. Dalam tulisan yang berjudul *Manufacturing Execution Systems (MES) Magic Quadrant* (Gartner, 2020), Sistem MES memantau, melacak, mendokumentasikan, dan mengendalikan proses manufaktur dari bahan mentah hingga produk akhir. Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi proses produksi, mengurangi waktu siklus produksi, dan memastikan produk yang berkualitas. ERP (*Enterprise Resource Planning*) adalah sistem yang digunakan untuk mengelola dan mengorganisasikan semua sumber daya, informasi, dan operasi bisnis dalam satu *platform*. Dalam konteks ini, MES sering digunakan bersama ERP untuk memberikan data produksi langsung yang dapat digunakan oleh modul ERP dalam perencanaan, penganggaran, dan pelaporan keuangan. Sedangkan dalam tulisan berjudul *Concepts in Enterprise Resource Planning* (Monk & Wagner, 2013), menjelaskan tentang dasar dari sistem ERP yang merupakan pengembangan dari konsep sistem pendahulu seperti MRP (*Material Requirements Planning*) dan MRP II (*Manufacturing Resource Planning*). Berdasarkan dari beberapa tulisan tersebut, Penelitian ini juga didukung oleh adanya penelitian serupa (Hakim et al, 2016) yang menggunakan integrasi *Line balancing* dan *Six sigma* dalam karya yang berjudul *Framework Study on Single Assembly Line to Improve Productivity with Six Sigma and Line Balancing Approach*.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berisi tentang integrasi konsep *Line balancing* dan *Six Sigma* untuk diterapkan pada proses produksi tali *polypropylene* PT ABC.

### 2.1. Line Balancing

Metode *Line balancing* digunakan untuk menyeimbangkan beban kerja di berbagai stasiun kerja dalam sebuah lini produksi sehingga setiap stasiun memiliki waktu kerja yang sama atau hampir sama. Metode ini digunakan dengan tujuan mengurangi jumlah waktu yang terbuang, mengurangi kegagalan, dan meningkatkan efisiensi produksi. Teori *Line balancing* yang berfokus pada penyebaran beban kerja yang merata di sepanjang lini produksi ini melibatkan analisis manajemen beban kerja, pembagian tugas, dan analisis waktu siklus. Algoritma yang digunakan dalam *Line balancing* seperti Metode *Kilbridge and Wester, Ranked Positional Weight (RPW)*, dan *Largest Candidate Rule (LCR)*. Metode *Kilbridge and Wester* mengalokasikan tugas ke berbagai stasiun kerja dengan menggunakan *precedence diagram* untuk menentukan urutan tugas dan memastikan bahwa setiap tugas diberikan ke stasiun yang sesuai. Metode *RPW* mengalokasikan tugas berdasarkan bobot posisi tugas yang dapat dihitung dengan menambahkan waktu untuk setiap tugas dan semua tugas berikutnya yang bergantung pada tugas tersebut. Sedangkan Metode *LCR*, yang mengalokasikan tugas berdasarkan urutan waktu dari yang terbesar ke yang terkecil, memastikan bahwa tugas dengan waktu terlama ditempatkan terlebih dahulu untuk mencegah *bottleneck* di tempat kerja. Secara garis besar metode *Line balancing* adalah sebagai berikut :

- (1) Pengumpulan Data
  - (a) Mengidentifikasi semua pekerjaan yang diperlukan untuk memproduksi sebuah produk.
  - (b) Mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan/ tugas.
- (2) Menentukan waktu siklus yang optimal
  - (a) Menentukan waktu siklus yang optimal berdasarkan permintaan produksi.
  - (b) Menghitung waktu siklus untuk setiap stasiun kerja dalam lini produksi.
- (3) Alokasi Pekerjaan/ Tugas
  - (a) Mendefinisikan dan mengelompokkan tugas yang saling terkait.
  - (b) Mengalokasikan tugas tersebut ke dalam stasiun kerja dengan mempertimbangkan waktu siklus dan urutan operasi.
- (4) Implementasi *Line balancing*.

Dalam penelitian ini akan digunakan metode *Largest Candidate Rule (LCR)* untuk mengoptimalkan stasiun kerja proses produksi tali *polypropylene* PT ABC, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- (1) mengidentifikasi semua tugas;
- (2) mengidentifikasi urutan pekerjaan menggunakan *precedence diagram*;
- (3) mengalokasikan tugas berdasarkan urutan waktu dari yang terbesar ke yang terkecil;
- (4) mengalokasikan tugas ke stasiun kerja dengan mempertimbangkan waktu siklus dan urutan kerja.

### 2.2. Six Sigma

*Six sigma* adalah metodologi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas proses dengan mengidentifikasi dan menghilangkan penyebab variabilitas yang terjadi dalam proses bisnis atau yang menyebabkan cacat (*defects*) dalam proses produksi. Tujuan utama *Six Sigma* adalah untuk mencapai proses yang hampir bebas dari cacat melalui pengukuran dan analisis data, serta siklus perbaikan *DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)*. *Defects*

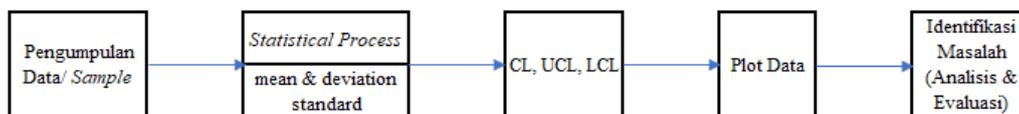
*Per Million Opportunities* (DPMO) merupakan ukuran Six sigma. Implementasi *Six sigma* secara garis besar dimaksudkan untuk :

- (1) Peningkatan kualitas, dengan mengurangi cacat dan variabilitas dalam proses produksi.
- (2) Penghematan biaya, dengan mengurangi biaya yang terkait dengan kegagalan dan ketidakefisienan.
- (3) Peningkatan kepuasan pelanggan melalui peningkatan kualitas produk dan layanan pelanggan.
- (4) Peningkatan efisiensi operasional, dengan meningkatkan kinerja proses dan produktivitas.

Adapun *tools* yang digunakan untuk menganalisis dan meningkatkan proses di setiap tahap DMAIC antara lain *Pareto diagram*, *Ishikawa/ fishbone diagram*, *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, dan *Design of Experiments (DOE)*.

- (1) *Pareto diagram* mengidentifikasi faktor penyebab masalah yang paling signifikan dalam sebuah masalah yang diidentifikasi, misalnya *bottleneck* dalam proses produksi.
- (2) *Diagram Ishikawa* atau *fishbone diagram*, mengidentifikasi masalah menggunakan hubungan sebab-akibat.
- (3) *Control chart* berfungsi untuk melacak variabilitas proses dari waktu ke waktu.
- (4) *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan dampak yang ditimbulkan. *Tools* ini juga banyak digunakan dalam teknik manajemen risiko.
- (5) *Design of Experiments (DOE)*, menguji dan memvalidasi solusi. *Tools* ini banyak digunakan dalam teknik rekayasa kualitas.

Dalam penelitian ini digunakan *Control chart* sebagai *tools* dari pengendalian kualitas *Six sigma*. *Control chart* adalah *tools* statistik untuk mengendalikan variabilitas yang terjadi selama proses produksi atau bisnis dari waktu ke waktu. *Control chart* juga membantu menemukan variasi yang tidak diinginkan yang mungkin memerlukan perbaikan. Komponen *control chart* yaitu *center line*, *upper control limit* (batas kendali atas), dan *lower control limit* (batas kendali bawah). Penelitian ini menggunakan *control chart* untuk mengidentifikasi adanya masalah selama proses produksi tali *polypropylene*, terutama ketika terjadi *bottleneck*. Dengan bantuan adanya sistem ERP yang telah diimplementasikan terlebih dahulu pada PT ABC, maka *control chart* digunakan untuk mengendalikan lamanya waktu siklus produksi agar tetap dalam rentang waktu wajar. Apabila terjadi *bottleneck* pada sistem rangkaian produksi, maka dapat dianalisis dari segi ketidaktersediaan material (masalah pada *material requirements planning*), ketidaktersediaan tenaga kerja, atau kegagalan mesin untuk segera dilakukan perbaikan. Secara garis besar penerapan *Six sigma* dengan *tools control chart* ditunjukkan oleh diagram berikut.



Gambar 1. Diagram metode *control chart*

### 2.3. Enterprise Resource Planning

*Enterprise Resource Planning (ERP)* adalah sistem informasi terintegrasi yang digunakan untuk mengelola dan mengotomatisasi berbagai fungsi bisnis dalam suatu organisasi. Modul-modul ERP antara lain berupa modul manajemen keuangan, manajemen sumber daya manusia, manajemen rantai pasok, manajemen produksi. Tujuan utama ERP yaitu mengelola data secara *real-time* dalam proses bisnis dan memudahkan sinergitas kinerja antar-departemen. Secara garis besar penggunaan ERP dalam departemen, yaitu :

- (1) Modul Keuangan, mengelola akuntansi, penganggaran, dan pelaporan keuangan.
- (2) Modul SDM, mengelola rekrutmen, penggajian, dan manajemen kinerja karyawan.
- (3) Modul Rantai Pasok, mengelola pengadaan, persediaan, dan distribusi.
- (4) Modul Produksi, mengelola perencanaan produksi, penjadwalan, dan kontrol kualitas.

Dalam penelitian ini aplikasi ERP digunakan terutama dalam departemen yang terlibat dalam rantai pasok dan produksi serta melibatkan sebagian kecil departemen sales yaitu hanya dari sisi yang berkaitan dengan *volume order* pelanggan dan rencana pemasaran (*fulfilment order* pelanggan dan target pemasaran).

#### 2.3.1. Material Requirements Planning

*Material Requirements Planning (MRP)* adalah sistem untuk menghitung kebutuhan material selama proses produksi dan membantu memastikan bahwa bahan baku tersedia pada saat yang tepat dan dalam jumlah yang tepat untuk memenuhi jadwal produksi. MRP didasarkan pada *Master Production Schedule (MPS)*, *Bill of Material (BOM)*, dan data persediaan. Dalam penelitian ini, integrasi dari data ini dikelola oleh departemen *Production Planning and Inventory Control (PPIC)*.

- (1) *Master Production Schedule* (MPS) merupakan *tools* untuk menentukan kapan dan berapa banyak produk yang akan diproduksi.
- (2) *Bill of Material* (BOM), merupakan daftar bahan baku dan komponen yang diperlukan untuk produksi. BOM diperlukan untuk menghitung jumlah bahan baku dan komponen yang diperlukan untuk memenuhi rencana dalam MPS.
- (3) Data persediaan, dibutuhkan untuk memeriksa stok saat ini dan menentukan kebutuhan pemesanan. Biasanya data persediaan juga digunakan untuk menentukan *Stock Keeping Unit* (SKU) dalam penentuan *safety stock*.

### 2.3.2. *Manufacturing Resource Planning*

*Manufacturing Resource Planning* (MRP II) adalah evolusi dari *Material Requirements Planning* (MRP) dan mencakup perencanaan sumber daya manufaktur yang lebih luas, seperti pengelolaan tenaga kerja, penjadwalan produksi, dan perencanaan kapasitas. MRP II tidak hanya berfokus pada kebutuhan material tetapi juga mempertimbangkan elemen lain dari proses produksi. *Manufacturing Resource Planning* (MRP II) melibatkan perencanaan kapasitas produksi (mesin), penjadwalan produksi, manajemen sumber daya/ tenaga kerja dan integrasi proses bisnis lainnya dengan melibatkan departemen *procurement and purchasing*, departemen *sales*, departemen *warehouse*, departemen QC and R&D.

### 2.4. Tali *Polypropylene*

Tali yang terbuat dari filamen *polypropylene* (PP) banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti konstruksi, pertanian, industry, maupun rumah tangga. Filamen *polypropylene* dipilih karena sifat mekanisnya yang kuat, tahan terhadap kimia, dan beratnya yang ringan. Serat sintesis yang terbuat dari polimer *polypropylene* memiliki kekuatan tarik tinggi, ketahanan terhadap abrasi dan daya tahan terhadap bahan kimia. Proses pembuatan tali *polypropylene* diawali dengan teknik ekstrusi yang merekayasa berbagai macam inovasi untuk meningkatkan kualitas tali. Ekstrusi adalah proses dimana bahan baku akan melewati cetakan untuk membentuk produk dengan profil tertentu. Dalam pembuatan tali *polypropylene*, bahan baku seperti polimer dilelehkan dan diekstrusi menjadi filamen, yang kemudian diproses lebih lanjut untuk membentuk tali melalui beberapa tahap, seperti pencampuran, peleburan, pembentukan filamen, dan pemintalan filamen.

#### 2.4.1. Faktor Kualitas Tali *polypropylene*

Faktor yang menjadi penentu kualitas tali *polypropylene* antara lain melibatkan reaksi polimerisasi pada saat proses ekstrusi, proses pemintalan filamen, serta proses *twisting and braiding* pada saat proses produksi menjadi tali. Reaksi polimerisasi melibatkan monomer *propylene* untuk menghasilkan *polypropylene* yang sebagian besar sifat struktur molekul *polypropylene* dipengaruhi pada saat proses ekstrusi, sehingga pengaturan terhadap variabilitas di mesin saat produksi menjadi faktor yang sangat penting dalam menentukan kekuatan tarik dan kelenturan (elastisitas). Teknik pemintalan serat/ filamen *polypropylene* yang paling umum adalah pemintalan cair dan pemintalan gel. Dalam penelitian ini, PT ABC menggunakan Teknik pemintalan cair selama proses ekstrusi. Setelah itu, proses produksi dilanjutkan dengan proses *twisting and braiding*, yaitu merupakan proses yang digunakan untuk menggabungkan filamen menjadi tali. Faktor lain dalam menentukan kualitas tali di antaranya adalah dengan mempertimbangkan teori rheologi polimer, teori mekanika material, dan mengembangkan rekayasa kualitas produk pada proses ekstrusi. Gambar 2 menunjukkan contoh filamen dalam gulungan bobin. Gambar 3 menunjukkan Tali yang telah selesai diproduksi.



Gambar 2. Filamen *polypropylene*



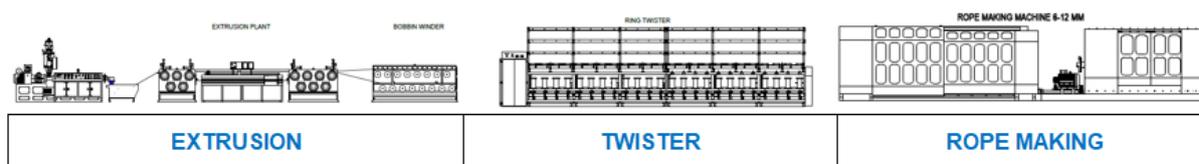
Gambar 3. Tali polypropylene

#### 2.4.2. Variabel Proses Produksi Tali polypropylene

Beberapa variabel yang menjadi pertimbangan dalam proses pembuatan tali *propylene* ini antara lain Filamen per bobin, *twist factor*, dan RPM. Filamen per bobin digunakan untuk menentukan diameter tali yang dihasilkan melalui proses pembuatan tali dengan struktur kekuatan tarik sekaligus elastisitas tali yang telah ditentukan dengan melibatkan *twist factor*. *Twist factor* menentukan banyaknya pemintalan (*twisting*) yang diberikan pada filamen. Sedangkan RPM menentukan kecepatan *twisting* yang akan mempengaruhi kualitas tali. Kecepatan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan permukaan tali yang tidak rata sehingga mempengaruhi kekuatan dan elastisitas tali.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini diperoleh susunan dari proses produksi yang ditunjukkan oleh Gambar 4. Dimana akan menjadi acuan pembuatan *Line balancing* dengan metode *Largest Candidate Rule (LCR)*. Penelitian menggunakan susunan *output* mesin ekstrusi lebih banyak daripada output pada mesin *twister* dan *rope making*. Dengan *output* mesin ekstrusi mencapai 93.73 kg/jam.



Gambar 4. Rangkaian proses pembuatan tali polypropylene

Dalam penelitian ini diambil sampel untuk diameter tali 3mm, 4mm, 5mm, 10mm, dan 12mm, dengan asumsi *output share* sebesar 9 Kg/Jam dan diperoleh susunan filamen untuk membentuk tali masing-masing diameter menurut Tabel 1. Penelitian ini belum melibatkan perhitungan RPM pada mesin yang akan menentukan kualitas kekuatan tarik dan elastisitas tali.

Tabel 1. Perhitungan komposisi filamen, *twist factor*, dan TPM tali

Diameter Tali (mm)	<i>Extrusion Output Share (Kg/Jam)</i>	Filamen /Peti	<i>Twist factor</i>	TPM Tali
3	<b>9.0</b>	20	1.6	80
4		30	1.7	67
5		50	1.7	64
10		20	2.5	27
12		10	1.75	25

### 4. KESIMPULAN

Dalam penelitian proses produksi Tali polypropylene PT ABC maka dapat disimpulkan bahwa apabila output share mesin ekstrusi sebesar 9.0 Kg/Jam, maka dapat diusulkan komposisi filamen dan *twist factor* untuk masing-masing diameter adalah sebagai berikut :

- Tali berdiameter 3mm, menggunakan jumlah 20 filamen/peti dengan *twist factor* 1.6
- Tali berdiameter 4mm, menggunakan jumlah 30 filamen/peti dengan *twist factor* 1.7
- Tali berdiameter 5mm, menggunakan jumlah 50 filamen/peti dengan *twist factor* 1.7
- Tali berdiameter 10mm, menggunakan jumlah 20 filamen/peti dengan *twist factor* 12.5
- Tali berdiameter 12mm, menggunakan jumlah 10 filamen/peti dengan *twist factor* 1.75

---

Penelitian ini memerlukan penelitian lanjutan untuk dapat menghitung RPM yang dibutuhkan pada proses pembuatan tali agar memperoleh permukaan yang rata dan memberikan kualitas kekuatan tarik serta elastisitas yang optimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2022). *Operations Management for Competitive Advantage* (Edisi ke-15). McGraw-Hill Education.
- [2] Gartner. (2020). Manufacturing execution systems (MES) magic quadrant.  
Hakim, I. M., Zagloel, T. Y. M., & Wulandari, A (2016). Framework Study on Single Assembly Line to Improve Productivity with Six Sigma and Line Balancing Approach. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* 10 (10). ISNI:0000000091950263.
- [3] Kumar, P., & Kant, R. (2020). A review of line balancing methodologies for assembly lines. *International Journal of Production Research*, 58(7), 1953-1986.
- [4] Monk, E., & Wagner, B. (2013). *Concepts in Enterprise Resource Planning*. Cengage Learning.
- [5] Montgomery, D. C. (2023). *Introduction to Statistical Quality Control* (Edisi ke-8). John Wiley & Sons.  
Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2021). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance* (Edisi ke-2). McGraw-Hill Education.
- [6] Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2020). *The Six Sigma Handbook* (Edisi ke-5). McGraw-Hill Education.
- [7] Snee, R. D., & Hoerl, R. W. (2021). *Six Sigma Beyond the Factory Floor: Deployment Strategies for Financial Services, Health Care, and the Rest of the Real Economy*. CRC Press.