

Analisis Komparatif Metode *Line Balancing* Dalam Meningkatkan Produktivitas *Sewing Line* (Studi Kasus PT XYZ)

Farhan Yusrianda Aulia¹

Jeni Susyanti²

Mohamad Bastomi³

Email: farhanaulaa02@gmail.com

Universitas Islam Malang

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan metode line balancing dalam meningkatkan produktivitas pada sewing line melalui perbandingan kondisi sebelum dan sesudah improvement di PT XYZ. Permasalahan utama yang dihadapi perusahaan adalah rendahnya efisiensi lintasan produksi akibat ketidakseimbangan beban kerja antar workstation, yang menyebabkan terjadinya Constrains, tingginya idle time, serta rendahnya produktivitas. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan desain studi kasus kuasi-eksperimental (sebelum intervensi dan setelah intrvensi). Data dikumpulkan melalui observasi langsung, studi waktu (time study), serta dokumentasi produksi. Analisis line balancing dilakukan dengan mengidentifikasi kendala (constraint), menghitung cycle time, takt time, dan line efficiency, kemudian merancang ulang alokasi elemen kerja guna menciptakan keseimbangan lintasan produksi. Pengujian statistik dilakukan menggunakan paired sample t-test untuk menguji perbedaan produktivitas sebelum dan sesudah improvement. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode line balancing mampu meningkatkan line efficiency dari kondisi awal sebesar 55,9% menjadi lebih optimal, menurunkan work in process dan idle time, serta meningkatkan produktivitas sewing line secara signifikan. Kesimpulan penelitian ini menyatakan bahwa metode line balancing terbukti efektif sebagai solusi non-investasi dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi lintasan produksi pada industri garmen.

Keywords: *Line Balancing, Produktivitas, Line Efficiency, Sewing Line, Improvement*

Pendahuluan

Persaingan global yang semakin ketat mendorong industri manufaktur, khususnya industri garmen yang bersifat padat karya, untuk terus meningkatkan efisiensi dan produktivitas operasional. Perusahaan tidak hanya dituntut mampu memenuhi permintaan pasar dari sisi kuantitas dan kualitas, tetapi juga harus beroperasi dengan biaya yang kompetitif agar tetap bertahan di tengah tekanan globalisasi dan fluktuasi biaya produksi. Dalam konteks ini, produktivitas menjadi indikator kinerja utama yang merefleksikan efektivitas pemanfaatan sumber daya dalam proses produksi.

Salah satu area krusial dalam industri garmen adalah *sewing line*, yang merupakan inti dari proses produksi dan sangat dipengaruhi oleh keseimbangan beban kerja antar *workstation*. Ketidakseimbangan lintasan produksi sering kali menyebabkan terjadinya *Constrains*, peningkatan *work in process* (WIP), serta rendahnya *line efficiency*, yang pada akhirnya berdampak langsung pada penurunan produktivitas. Kondisi tersebut masih banyak dijumpai pada perusahaan manufaktur yang mengandalkan sistem kerja manual dan perencanaan lintasan produksi yang belum optimal.

Metode *line balancing* telah banyak digunakan sebagai pendekatan sistematis dalam manajemen operasional untuk mengatasi ketidakseimbangan beban kerja dan meningkatkan kinerja lintasan produksi. Dengan mendistribusikan elemen kerja secara lebih merata sesuai dengan *takt time* dan kapasitas lintasan, metode ini berpotensi meningkatkan *line efficiency* tanpa memerlukan investasi

tambahan pada sumber daya atau teknologi baru. Meskipun demikian, penerapan *line balancing* di industri garmen Indonesia masih memerlukan bukti empiris yang kuat, khususnya melalui pendekatan komparatif antara kondisi sebelum dan sesudah *improvement*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan metode *line balancing* dalam meningkatkan produktivitas *sewing line* di PT XYZ. Penelitian ini mengkaji perbedaan kinerja lintasan produksi sebelum dan sesudah *improvement* dengan menggunakan indikator *line efficiency* dan produktivitas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris bagi pengembangan kajian manajemen operasional, sekaligus menjadi rujukan praktis bagi perusahaan manufaktur garmen dalam meningkatkan daya saing melalui optimasi proses produksi..

Kontribusi Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dan akademis dalam bidang manajemen operasional, khususnya pada industri garmen padat karya. Bagi perusahaan manufaktur, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam meningkatkan produktivitas dan *line efficiency* melalui penerapan metode *line balancing* yang berbasis data tanpa memerlukan investasi tambahan, sehingga *Constraints*, *idle time*, dan *work in process* (WIP) dapat diminimalkan. Dari sisi akademis, penelitian ini memperkaya bukti empiris mengenai efektivitas *line balancing* dalam meningkatkan kinerja *sewing line* di Indonesia dan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan strategi optimasi lini proses produksi.

Tinjauan Pustaka

Line Balancing

Line balancing merupakan teknik dalam manajemen operasional yang bertujuan untuk mendistribusikan elemen kerja secara merata ke setiap *workstation* agar waktu proses di setiap stasiun mendekati *cycle time* yang ditetapkan. Keseimbangan lintasan produksi menjadi kunci dalam menciptakan aliran kerja yang lancar dan sinkron. Ketidakseimbangan lintasan akan memicu terjadinya *Constraints* pada stasiun tertentu dan *idle time* pada stasiun lainnya, sehingga menurunkan *line efficiency* dan kapasitas sistem secara keseluruhan. *Line efficiency* sendiri digunakan sebagai indikator kuantitatif untuk mengukur seberapa optimal lintasan produksi memanfaatkan waktu kerja yang tersedia.

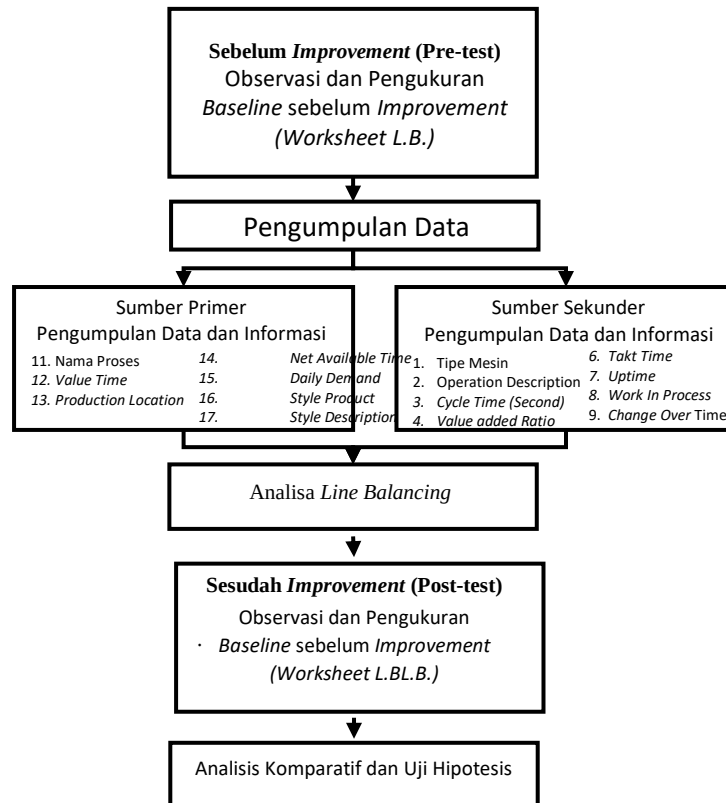
Theory of Constraints (TOC)

Theory of Constraints (TOC) memandang sistem produksi sebagai rangkaian proses yang kinerjanya dibatasi oleh satu atau beberapa kendala (*constraints*), yang umumnya berupa *Constraints* dengan waktu proses terpanjang. Dalam konteks *sewing line* yang bersifat berurutan, *output* keseluruhan sistem ditentukan oleh kapasitas stasiun kerja yang menjadi kendala tersebut. Upaya peningkatan kinerja yang tidak berfokus pada pengelolaan *constraint* cenderung tidak memberikan dampak signifikan terhadap produktivitas sistem secara keseluruhan.

Penerapan *line balancing* sejalan dengan prinsip TOC karena memungkinkan identifikasi dan pengelolaan *Constraints* melalui redistribusi beban kerja, sehingga waktu proses pada stasiun kendala dapat ditekan mendekati *takt time*. Dengan berkurangnya ketidakseimbangan lintasan, aliran produksi menjadi lebih stabil, *idle time* pada stasiun non-kendala dapat diminimalkan, dan kapasitas sistem dapat dimanfaatkan secara optimal. Kondisi ini pada akhirnya mendorong peningkatan *output* per satuan waktu, yang mencerminkan peningkatan produktivitas secara sistemik sesuai kerangka *Theory of Constraints* (TOC).

Produktivitas

Produktivitas merupakan indikator utama kinerja operasional yang mencerminkan kemampuan sistem produksi dalam mengonversi input menjadi *output* secara efisien. Dalam konteks industri manufaktur padat karya seperti garmen, produktivitas umumnya diukur sebagai jumlah *output* yang dihasilkan per satuan waktu kerja atau per tenaga kerja. Rendahnya produktivitas sering kali disebabkan oleh ketidakefisienan aliran proses, tingginya waktu menganggur (*idle time*), serta ketidakseimbangan beban kerja antar *workstation*. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas tidak selalu memerlukan penambahan sumber daya, melainkan dapat dicapai melalui optimasi sistem kerja dan pengelolaan lintasan produksi yang lebih efektif.



Gambar 1. Model Penelitian

Metode Penelitian

Jenis dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain studi kasus kuasi-eksperimental (*pre-test dan post-test*). Pendekatan ini dipilih untuk mengukur secara objektif perubahan kinerja lintasan produksi sebelum dan sesudah penerapan metode line balancing. Penelitian dilakukan pada satu *sewing line* di PT XYZ, sebuah perusahaan manufaktur garmen di Indonesia. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada pertimbangan bahwa lini produksi tersebut teridentifikasi mengalami ketidakseimbangan beban kerja, *Constraints*, serta produktivitas yang belum optimal.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh aktivitas produksi pada *sewing line* yang menjadi objek penelitian di PT XYZ. Sampel penelitian ditentukan secara *purposive sampling*, yaitu satu *sewing line* yang secara aktif beroperasi dan memproduksi satu jenis produk selama periode pengamatan. Sampel pengukuran meliputi data *cycle time* setiap elemen kerja, jumlah *workstation*,

serta data *output* produksi sebelum dan sesudah *improvement*. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh relevan dan representatif terhadap tujuan penelitian.

Sumber dan Metode Pengumpulan Data

Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lantai produksi dan studi waktu (*time study*) menggunakan alat ukur waktu untuk mencatat *cycle time* setiap elemen kerja pada *sewing line*. Data sekunder diperoleh dari dokumentasi perusahaan, seperti data *output* produksi, jumlah operator, dan target produksi harian. Metode pengumpulan data yang digunakan meliputi observasi terstruktur, studi waktu, dan dokumentasi, guna memastikan akurasi dan kelengkapan data penelitian.

Metode Analisis Data

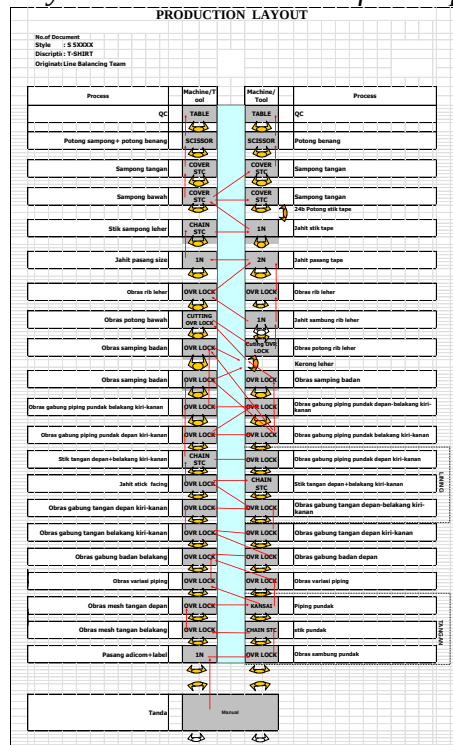
Analisis data dilakukan secara kuantitatif untuk menilai efektivitas penerapan metode *line balancing* dalam meningkatkan produktivitas *sewing line*. Data kondisi awal dianalisis untuk mengidentifikasi *Constraints* berdasarkan kerangka *Theory of Constraints*, serta menghitung indikator kinerja seperti *cycle time*, *takt time*, *line efficiency*, dan produktivitas. Selanjutnya, *line balancing* diterapkan sebagai intervensi perbaikan, kemudian kinerja lintasan produksi setelah *improvement* dianalisis menggunakan indikator yang sama. Perbedaan produktivitas sebelum dan sesudah penerapan *line balancing* diuji secara statistik menggunakan uji *paired sample t-test* dengan tingkat signifikansi 5% untuk memastikan adanya perubahan yang signifikan.

Hasil Penelitian Dan Pembahasan



Gambar 2. Sewing Line 04

Penelitian pada *Sewing Line 04* PT XYZ untuk produk kaos Style S5XXXX mencakup 30 elemen proses utama (QC dikecualikan sebagai *non-Value Added Necessary*) dengan membandingkan kondisi awal (46 operator) dan sesudah intervensi (43 operator). Dengan ketetapan *Takt Time* 27,69 detik untuk memenuhi target 1.040 *unit/shift*, ditemukan kendala awal berupa ketidakseimbangan beban kerja, penumpukan WIP, serta *layout* yang tidak terkoordinasi yang memicu *idle time* dan *constraints*. Melalui pendekatan non-kapital intensif berbasis prinsip *Line Balancing*, dilakukan redistribusi elemen kerja dan penyederhanaan alur guna mengoptimalkan proses produksi serta efisiensi lintasan demi mencapai target produksi harian secara maksimal.

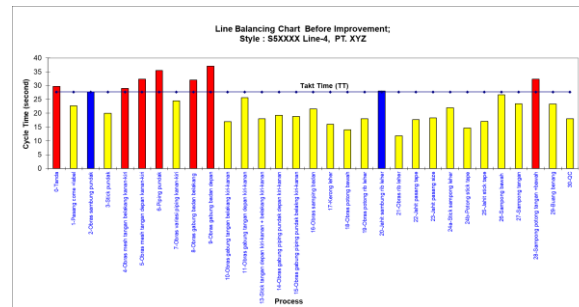
Gambar 3. *Layout dan Precedence Before Improvement*

Layout dan Precedence Before Improvement pada produksi *Sewing Line 04* tersusun dalam dua jalur paralel yang menampilkan urutan operasi dari pemotongan hingga QC. *Diagram precedence (flow chart 0 → 29)* memperlihatkan hubungan urutan logis antar elemen kerja. Beberapa elemen bersifat serial ketat sementara yang lain dapat berjalan paralel atau digabungkan. Secara fisik beberapa *Work Station* yang berurutan ditempatkan berdekatan namun tanpa sinkronisasi ritme, sehingga *material flow* menumpuk pada titik tertentu. Kolom *Work In Process (WIP)* pada *layout* mengindikasikan titik titik akumulasi inventori sementara nilai *Cycle time (CT)* menunjukkan proses yang berpotensi menjadi *constraint* bila melebihi *Takt Time*.

Tabel 1. *Line balancing Worksheet Before Improvement*

Line Balancing Worksheet - Before Improvement																						
Date		11-Sep-25		Daily Demand		1000		VARI%		Takt Time												
Location		P1. RT2		Net Available Time		20,800		17,81925														
Operator	Machine Type / Tool	Content / Operation	Cycle Time / Product (Sec)		CT / Barrels		Uptime / %		WIP Inventory / Pieces													
			1041.17		48		1,041 10000		220													
											Work Station											
											WIP Inventory before first operation											
											Total											
0	Manual	0. Pemotongan Tenda	119	4	100%	300	20	174	900	27.7												
1		1. Pasang corong - jahit	20	1	100%	300	20	174	1,125	27.7												
2		2. Olesan sambung pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,135	27.7												
3		3. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,155	27.7												
4		4. Olesan mesh tangan belahkang kanan-kiri	20	1	100%	300	20	174	1,175	27.7												
5		5. Olesan mesh tangan dengan kanan-kiri	20	1	100%	300	20	174	1,195	27.7												
6		6. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,215	27.7												
7		7. Olesan variasi pinggang kanan-kiri	20	1	100%	300	20	174	1,235	27.7												
8		8. Olesan gantung badan belahkang	20	1	100%	300	20	174	1,255	27.7												
9		9. Olesan gantung badan dengan	20	1	100%	300	20	174	1,275	27.7												
10		10. Olesan gantung tangan belahkang kiri-kanan	20	1	100%	300	20	174	1,295	27.7												
11		11. Olesan gantung tangan dengan kiri-kanan	20	1	100%	300	20	174	1,315	27.7												
12		12. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,335	27.7												
13		13. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,355	27.7												
14		14. Olesan gantung pinggang pendek dengan kiri-kanan	20	1	100%	300	20	174	1,375	27.7												
15		15. Olesan gantung pinggang pendek belahkang kiri-kanan	20	1	100%	300	20	174	1,395	27.7												
16		16. Olesan variasi pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,415	27.7												
17		17. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,435	27.7												
18		18. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,455	27.7												
19		19. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,475	27.7												
20		20. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,495	27.7												
21		21. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,515	27.7												
22		22. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,535	27.7												
23		23. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,555	27.7												
24		24. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,575	27.7												
25		25. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,595	27.7												
26		26. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,615	27.7												
27		27. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,635	27.7												
28		28. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,655	27.7												
29		29. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,675	27.7												
30		30. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,695	27.7												
31		31. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,715	27.7												
32		32. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,735	27.7												
33		33. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,755	27.7												
34		34. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,775	27.7												
35		35. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,795	27.7												
36		36. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,815	27.7												
37		37. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,835	27.7												
38		38. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,855	27.7												
39		39. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,875	27.7												
40		40. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,895	27.7												
41		41. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,915	27.7												
42		42. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,935	27.7												
43		43. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,955	27.7												
44		44. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,975	27.7												
45		45. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	1,995	27.7												
46		46. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,015	27.7												
47		47. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,035	27.7												
48		48. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,055	27.7												
49		49. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,075	27.7												
50		50. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,095	27.7												
51		51. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,115	27.7												
52		52. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,135	27.7												
53		53. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,155	27.7												
54		54. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,175	27.7												
55		55. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,195	27.7												
56		56. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,215	27.7												
57		57. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,235	27.7												
58		58. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,255	27.7												
59		59. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,275	27.7												
60		60. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,295	27.7												
61		61. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,315	27.7												
62		62. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,335	27.7												
63		63. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,355	27.7												
64		64. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,375	27.7												
65		65. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,395	27.7												
66		66. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,415	27.7												
67		67. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,435	27.7												
68		68. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,455	27.7												
69		69. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,475	27.7												
70		70. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,495	27.7												
71		71. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,515	27.7												
72		72. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,535	27.7												
73		73. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,555	27.7												
74		74. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,575	27.7												
75		75. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,595	27.7												
76		76. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,615	27.7												
77		77. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,635	27.7												
78		78. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,655	27.7												
79		79. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,675	27.7												
80		80. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,695	27.7												
81		81. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,715	27.7												
82		82. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,735	27.7												
83		83. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,755	27.7												
84		84. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,775	27.7												
85		85. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,795	27.7												
86		86. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,815	27.7												
87		87. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,835	27.7												
88		88. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,855	27.7												
89		89. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,875	27.7												
90		90. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,895	27.7												
91		91. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,915	27.7												
92		92. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,935	27.7												
93		93. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,955	27.7												
94		94. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,975	27.7												
95		95. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	2,995	27.7												
96		96. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	3,015	27.7												
97		97. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	3,035	27.7												
98		98. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	3,055	27.7												
99		99. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	3,075	27.7												
100		100. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	3,095	27.7												
101		101. Jahit pinggang	20	1	100%	300	20	174	3,115	27.7												
102		102. Jahit ping																				

Gambar 4. Line balancing Chart Before Improvement



Berdasarkan Gambar 4 *Line balancing Chart Before Improvement*, kondisi awal *sewing line* menunjukkan ketidakseimbangan lintasan produksi yang cukup signifikan. Beberapa *workstation* memiliki *cycle time* yang melebihi *takt time*, sehingga berperan sebagai *Constraints* yang membatasi kapasitas sistem secara keseluruhan. Sementara itu, *workstation* lain memiliki *cycle time* jauh di bawah *takt time*, yang mengindikasikan tingginya *idle time*. Pola ini mencerminkan kondisi lintasan produksi yang tidak sinkron, di mana aliran kerja terhambat pada titik kendala dan menyebabkan penumpukan *work in process* (WIP) di hulu proses.

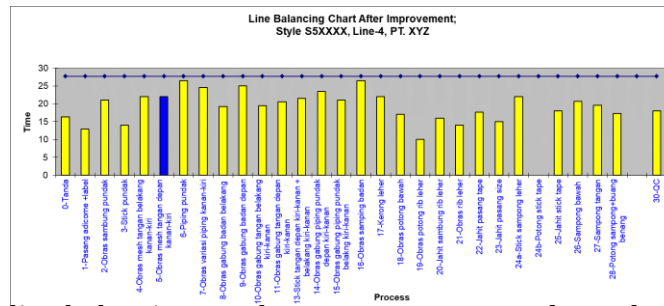
Berdasarkan temuan analisis *pre-test* tersebut, ditetapkan dua fokus *improvement* utama. Pertama, mereduksi kontribusi elemen kerja yang memiliki durasi panjang terhadap total *cycle time* melalui redistribusi elemen kerja, penggabungan langkah-langkah kerja yang berdurasi singkat, serta percepatan proses pada *workstation* kritis. Kedua, menurunkan tingkat *work in process* (WIP) dan *idle time* melalui penataan ulang alur kerja agar aliran material menjadi lebih lancar. Rekomendasi awal difokuskan pada solusi non-investasi agar dapat diimplementasikan secara cepat dan aplikatif, seperti reorganisasi alokasi kerja, penataan *material flow*, serta penetapan standar kerja yang lebih jelas.

Analisis dan penerapan *line balancing* diawali dengan penentuan *takt time* sebagai acuan ritme produksi. Berdasarkan perhitungan *net available time* sebesar 28.800 detik per *shift* dan *daily demand* sebesar 1.040 unit per *shift*, diperoleh *takt time* sebesar 27,69 detik/unit. Nilai ini kemudian digunakan sebagai batas maksimum yang menjadi target *cycle time* setiap *workstation*. Berdasarkan acuan tersebut, elemen-elemen kerja direstrukturisasi agar *cycle time* pada setiap *workstation* mendekati, namun tidak melampaui, *takt time*. Strategi penataan dilakukan melalui penggabungan operasi singkat untuk mengurangi *handling* dan *overhead* perpindahan, serta pemecahan atau redistribusi operasi berdurasi panjang ke beberapa *workstation* agar beban kerja menjadi lebih merata dan variasi waktu antar stasiun dapat diminimalkan.

Implementasi *line balancing* dilakukan dengan mengikuti kerangka *Theory of Constraints* (TOC) sebagaimana dikemukakan oleh Goldratt. Tahap awal dilakukan dengan mengidentifikasi kendala (*constraint*) melalui pemetaan proses yang memiliki *cycle time* melebihi *takt time* dan berpotensi menjadi *Constraints*. Selanjutnya dilakukan eksploitasi kendala melalui tindakan operasional, seperti memastikan ketersediaan material tepat waktu, mengeliminasi aktivitas *non-value added*, serta mempercepat proses *setup*. Tahap subordinasi diterapkan dengan menyelaraskan ritme kerja dengan tetap mendukung kelancaran aliran pada titik kendala, sehingga *improvement* yang dilakukan bersifat sistemik sebelum mempertimbangkan penambahan kapasitas.

Dalam praktiknya, implementasi dilakukan melalui serangkaian tindakan koordinatif dan teknis, yang meliputi koordinasi intensif dengan tim produksi untuk memetakan ulang urutan kerja dan menyusun ulang layout meja kerja, redistribusi tugas antar operator untuk mengurangi *idle time* dan beban berlebih pada *workstation* kritis, serta penerapan pembatasan WIP pada setiap *workstation* guna mencegah penumpukan inventori antar stasiun. Selain itu, standar kualitas dan instruksi kerja ditetapkan secara jelas untuk memastikan bahwa *improvement* yang dilakukan tidak mengorbankan mutu produk. Setelah implementasi, dilakukan pemantauan berkala terhadap indikator kunci produksi, meliputi *cycle time* per stasiun, tingkat WIP, *line efficiency*, dan *output* per jam, dengan pengumpulan data sebanyak 30 unit produk pada setiap periode pengamatan.

Gambar 5. *Line balancing Chart After Improvement*



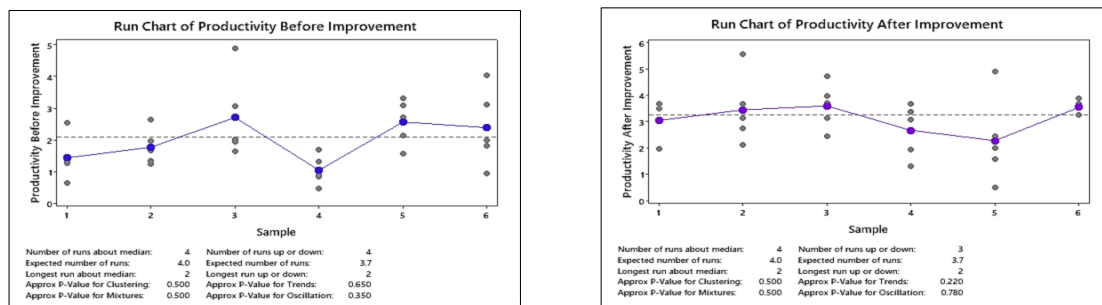
Hasil penerapan *line balancing* tersebut tercermin secara jelas pada Gambar 5. *Line balancing Chart After Improvement*, yang memperlihatkan distribusi *cycle time* antar *workstation* menjadi lebih merata dan berada di sekitar nilai *takt time* yang telah ditetapkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa beban kerja pada setiap *workstation* telah diselaraskan dengan ritme produksi yang dibutuhkan, sehingga ketidakseimbangan lintasan yang sebelumnya terjadi dapat diminimalkan. Jumlah *workstation* yang berfungsi sebagai *Constrains* mengalami penurunan yang signifikan, yang mengindikasikan bahwa kendala utama sistem berhasil dikelola melalui redistribusi elemen kerja dan penataan ulang alur produksi. Selain itu, berkurangnya variasi *cycle time* antar stasiun mencerminkan penurunan *idle time* pada stasiun non-kendala serta peningkatan utilisasi sumber daya secara lebih optimal. Secara keseluruhan, kondisi ini menandakan terjadinya peningkatan keseimbangan lintasan produksi yang berdampak langsung pada perbaikan *line efficiency* dan memperkuat kemampuan sistem produksi untuk menghasilkan *output* secara lebih stabil dan konsisten.

Uji Analisis Data

Uji analisis data dilakukan untuk memverifikasi secara statistik pengaruh penerapan *line balancing* terhadap produktivitas *sewing line* setelah dilakukan *improvement*. Data yang dianalisis berupa 30 pasang data produktivitas (*End of Line Rate / EoLR*) sebelum dan sesudah *improvement* yang diperoleh melalui observasi langsung selama 30 jam kerja pada *Sewing line* 04. Jumlah sampel tersebut telah memenuhi ketentuan minimum untuk dilakukan pengujian statistik parametrik, sehingga hasil analisis dapat dinyatakan cukup valid dan representative.

Uji Stabilitas

Tahap awal pengujian diawali dengan uji stabilitas data menggunakan *run chart* untuk memastikan bahwa data produktivitas tidak dipengaruhi oleh pola khusus seperti tren, klaster, atau osilasi yang dapat menyebabkan bias analisis.



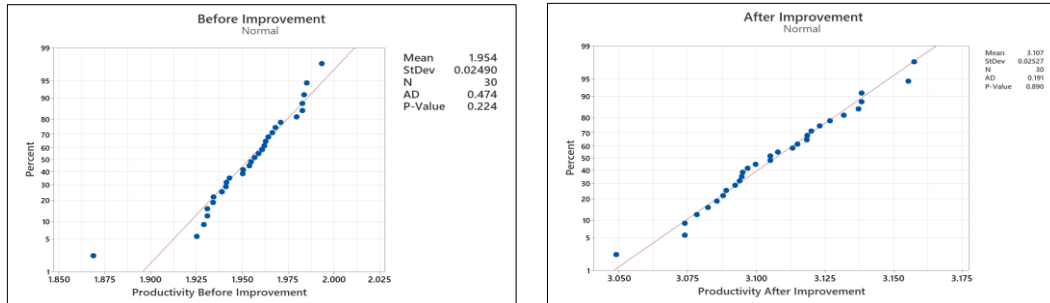
Gambar 6. *Run Chart Productivity Before and After Improvement*

Hasil *run chart* produktivitas sebelum *improvement* menunjukkan nilai *Approximate P-value* untuk *clustering* dan *trends* lebih besar dari 0,05, yang mengindikasikan tidak adanya pola sistematis pada data. Dengan demikian, data produktivitas sebelum *improvement* dinyatakan stabil dan layak untuk dianalisis lebih lanjut. Kondisi serupa juga ditemukan pada *run chart* produktivitas setelah *improvement*, di mana seluruh nilai *Approximate P-value* (clustering, mixture, trend, dan oscillation)

berada di atas tingkat signifikansi 0,05. Hal ini menandakan bahwa data produktivitas setelah *improvement* berada dalam kondisi stabil secara statistik.

Uji Normalitas

Setelah asumsi stabilitas terpenuhi, analisis dilanjutkan dengan uji normalitas untuk memastikan bahwa data produktivitas sebelum dan sesudah *improvement* berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

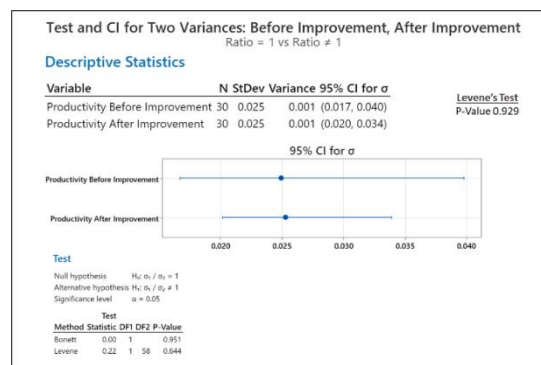


Gambar 7. Run Chart Productivity Before and After Improvement

Meskipun terdapat perbedaan nilai produktivitas antara kondisi sebelum dan sesudah *improvement*, hasil uji normalitas menunjukkan bahwa kedua kelompok data memiliki distribusi yang tidak berbeda secara signifikan dari distribusi normal ($p > 0,05$). Temuan ini mengindikasikan bahwa data produktivitas sebelum dan sesudah *improvement* memenuhi asumsi normalitas yang disyaratkan dalam analisis statistik parametrik. Dengan terpenuhinya asumsi ini, maka perbedaan produktivitas yang dianalisis selanjutnya dapat dievaluasi secara valid menggunakan uji parametrik, tanpa dipengaruhi oleh penyimpangan distribusi data.

Uji Homogenitas Varians

Selanjutnya dilakukan uji homogenitas varians untuk memastikan kesetaraan varians antara kondisi sebelum dan sesudah *improvement*.

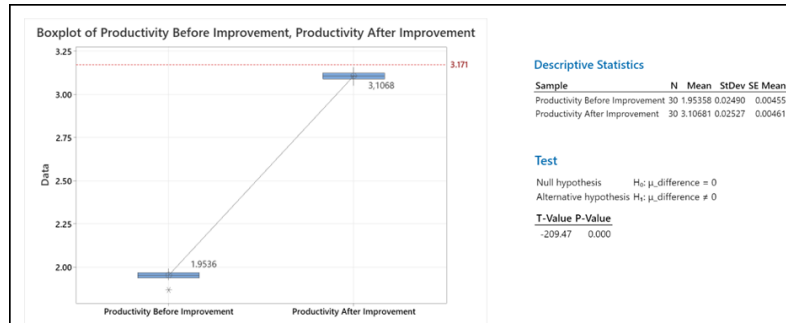


Gambar 8. Uji Varians Productivity Before and After Improvement

Hasil uji varians menunjukkan nilai *p-value* lebih besar dari 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa sebaran data produktivitas pada kedua kondisi relatif setara dan homogen. Dengan demikian, asumsi kesetaraan varians terpenuhi, sehingga perbandingan produktivitas sebelum dan sesudah *improvement* dapat dilakukan secara sah tanpa bias akibat perbedaan keragaman data.

Uji Paired t-test

Setelah seluruh asumsi statistik utama, yaitu stabilitas data, normalitas distribusi, dan homogenitas varians, dinyatakan terpenuhi, pengujian hipotesis utama dilakukan menggunakan uji *paired sample t-test*.



Gambar 9. Uji *t-Test Productivity Before and After Improvement*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata produktivitas yang signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah *improvement* dengan nilai signifikansi (*p-value*) lebih kecil dari 0,05. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan produktivitas yang terjadi tidak disebabkan oleh variasi acak atau fluktuasi proses produksi, melainkan merupakan dampak langsung dari penerapan intervensi *line balancing*. Secara statistik, hasil ini menegaskan bahwa penerapan *line balancing* mampu meningkatkan kinerja *sewing line* secara nyata dan konsisten. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan produktivitas yang signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah *improvement*. Hasil ini juga memperkuat temuan visual pada *Line balancing Chart After Improvement* dan *Run Chart Productivity After Improvement*, yang secara bersama-sama menunjukkan bahwa optimasi lintasan produksi berbasis *line balancing* memberikan dampak positif dan terukur terhadap peningkatan produktivitas pada lini sistem produksi.

Simpulan, Keterbatasan Dan Saran

Simpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan metode *line balancing* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan produktivitas pada *sewing line* di PT XYZ. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi sebelum *improvement* ditandai dengan ketidakseimbangan lintasan produksi yang memicu terjadinya *bottleneck*, tingginya *idle time*, dan rendahnya *line efficiency*, sehingga produktivitas belum optimal. Setelah dilakukan *improvement* melalui penerapan *line balancing* berbasis *Theory of Constraints*, terjadi peningkatan keseimbangan beban kerja antar *workstation*, penurunan *work in process* (WIP), serta peningkatan *line efficiency* yang berdampak langsung pada peningkatan produktivitas. Hasil uji *paired t-test* memperkuat temuan tersebut dengan menunjukkan adanya perbedaan produktivitas yang signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah *improvement*. Dengan demikian, *line balancing* terbukti efektif sebagai strategi non-investasi untuk meningkatkan kinerja sistem produksi pada industri garmen.

Keterbatasan

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada satu *sewing line* dengan satu jenis produk di PT XYZ, sehingga hasil penelitian belum sepenuhnya mewakili kondisi seluruh lini produksi atau variasi produk yang berbeda.
2. Variabel yang dianalisis dalam penelitian ini terbatas pada aspek operasional, yaitu *line balancing*, *bottleneck*, *line efficiency*, dan produktivitas, tanpa mempertimbangkan faktor lain seperti aspek ergonomi, kualitas sumber daya manusia, maupun faktor finansial.

3. Periode pengamatan penelitian relatif terbatas, sehingga belum sepenuhnya menggambarkan dinamika jangka panjang seperti fluktuasi permintaan, pergantian operator, atau perubahan kebijakan produksi perusahaan.

Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas objek penelitian dengan melibatkan lebih dari satu *sewing line* atau jenis produk yang berbeda agar hasil penelitian dapat digeneralisasikan secara lebih luas.
2. Penelitian berikutnya dapat mengembangkan variabel penelitian dengan mengombinasikan metode *line balancing* dengan pendekatan lain seperti *lean manufacturing*, ergonomi kerja, atau analisis biaya untuk memperoleh gambaran dampak operasional dan finansial secara lebih komprehensif.
3. Bagi pihak perusahaan, disarankan untuk menerapkan evaluasi *line balancing* secara berkelanjutan sebagai bagian dari program *continuous improvement* agar peningkatan produktivitas dan stabilitas proses produksi dapat dipertahankan dalam jangka panjang.

Referensi

- Ara, M. A., Anjum, N., Ahbab, D., Takia, M., Risat, S., & Chowdhury, R. (2025). *Productivity Improvement of Garmens Industry by Implementing Line balancing Algorithms — A Case Study*. 1–16. <https://doi.org/10.1002/eng2.70125>
- Bappy, M. M., Musa, A., & Hossain, F. (2019). *Productivity Improvement through Line balancing - A Case Study in an Apparel Industry*. 7(2), 893–902.
- Berhane Gebrehiwet, T., & Odhuno, A. M. (2020). *Improving the Productivity of the Sewing Section through Line balancing Techniques: A Case Study of Almeda Garmen Factory*. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)* *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 36(1), 318–328. <http://gssrr.org/index.php?journal=JournalOfBasicAndApplied>
- Cahayani, D. B. (2025). *Journal la multiapp*. *JOURNAL LA MULTIAPP*, 06(02), 225–239. <https://doi.org/10.37899/journallamultiapp.v6i2.1920>
- E. M. Goldratt and J. (1984). *The Goal: a Improvement, process of on-going*. Press. Inc.
- Erol, M. (2025). *Assembly Line Balancing: a case study for increasing and optimizing Productivity in the clothing sector*. *Sādhanā*, 50(3), 188. <https://doi.org/10.1007/s12046-025-02856-1>
- Gebrehiwet, T. B., & Odhuno, A. M. (2017). *Improving the Productivity of the Sewing Section through Line balancing Techniques: A Case Study of Almeda Garmen Factory*. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 36, 318–328.
- Kitaw, D., Matebu, A. and Tadesse, S. (2019). No Title. *Zede Journal*, Vol. 27(Assembly Line balancing Using Simulation Technique in a Garmen Manufacturing Firm), 69–80. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2483910>
- Kitaw, D., Matebu, A., & Tadesse, S. (2010). *Assembly Line balancing Using Simulation Technique*. *Journal of EEA*, 27, 69–80.
- Singh, R. K., Singh, A. R., Yadav, R. K., & Upadhyay, R. K. (2023). *Disassembly Line balancing Using Quantum Evolutionary Algorithm for Multi-product Parallel Lines*. 2023 4th International Conference on Industrial Engineering and Artificial Intelligence (IEAI), 16–22. <https://doi.org/10.1109/IEAI59107.2023.00010>
- Subramanie, P. A. P., Padhi, A., Ridzuan, N., & Adam, F. (2020). *Experimental study on the effect of wax inhibitor and nanoparticles on rheology of Malaysian crude oil*. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 32(8), 479–483. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2019.05.003>
- Sugiyono, P. D. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D* (D. I. Sutopo (ed.); cetakan

4). Alfabeta.

Teshome, M. M., Meles, T. Y., & Yang, C.-L. (2024a). *Productivity Improvement through assembly Line balancing by using simulation modeling in case of Abay garmen industry Gondar*. *Heliyon*, 10(1), e23585. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23585>

Wickramasekara, A. N., & Perera, H. S. C. (2016). *An Improved Approach to Line balancing for Garmen Manufacturing*. *Vidyodaya Journal of Management*, 2(1), 23–40. <https://vjm.sjp.ac.lk/wp-content/uploads/2018/06/VJM-2016-Vol-21-2.pdf>

Farhan Yusrianda Aulia¹ Adalah Mahasiswa FEB Unisma

Jeni Susyanti² Adalah Dosen Tetap FEB Unisma

Mohamad Bastomi³ Adalah Dosen Tetap FEB Unisma