

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Keseimbangan Lintasan dengan *Simulated Annealing* pada Laboratorium *Quality Control* Perusahaan Filter Rokok**” dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai bagian dari proses memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Setelah melewati berbagai tahapan, skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan, semangat, motivasi, dan dorongan dari berbagai pihak. Penulis sepatutnya menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Orang tua terkasih, Ibu Sri Sugiarti yang telah memberikan doa serta dukungannya tanpa henti sehingga penulis termotivasi untuk menyelesaikan skripsi, serta saudara tersayang Yemima Eka Pramudita yang selalu memberikan semangat, canda tawa, kasih sayang serta dukungan untuk penulis, serta bagi seluruh keluarga besar yang tidak dapat disebut satu per satu atas segala dukungan dan doa yang diberikan.
3. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya atas kesediaannya dalam membimbing dan memberikan arahan selama masa perkuliahan di Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing I atas kesediaannya dalam meluangkan waktu untuk membimbing, memberi masukan dan saran, serta arahan yang sangat berharga bagi penulis selama masa pengerjaan skripsi.
5. Bapak Ihwan Hamdala, ST., MT. sebagai Dosen Pembimbing II atas kesediaannya dalam meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan masukan dan saran, serta arahan yang sangat berharga bagi penulis selama masa pengerjaan skripsi.
6. Bapak Ir. M. Choiri, MT. sebagai Dosen Pembimbing Akademik atas masukan, bimbingan, serta arahan selama masa studi penulis di Jurusan Teknik Industri.
7. Bapak dan Ibu Dosen, serta karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membagi ilmu akademik maupun non-akademik dan motivasi selama dalam dunia perkuliahan.
8. Bapak Sugeng dan Bapak Rudi sebagai pembimbing lapangan yang sangat baik dan sabar selama penulis melakukan penelitian dan atas bantuan informasi yang diberikan kepada penulis.

9. Bapak Kanza atas kesediaannya meluangkan waktu dan yang telah dengan sangat sabar membantu dalam pengerjaan program dalam penelitian penulis.
10. Teman-teman terbaik semenjak awal kuliah, Chindy, Dea, Adji, Satria, serta seluruh teman kelas B TIUB 2011 yang selalu memberikan semangat, motivasi, bantuan, teguran dan menemani dalam suka maupun duka selama menjadi masa kuliah.
11. Bapak Sugiono, ST., MT., Ph.D sebagai Kepala Laboratorium Perancangan Kerja dan Ergonomi beserta teman-teman asisten dari angkatan 2011, Mutiara, Ardiana, Olifa, Norma, Mirsha, Aisah, Shofa, Agus, Izmet, Imam dan Oscar yang telah mewarnai kehidupan perkuliahan dengan dukungan tak henti, kebersamaan, kerja sama yang baik dan belajar serta saling berbagi pengalaman.
12. Teman-teman dari PMK Yehezkiel 2011, Ribka, Ozzysta, Vetty, Felix, Amanda, Rangga, Marel, Queen, Reno, dan Eloy atas kehidupan perkuliahan dengan kebersamaan yang penuh canda tawa dan sukacita, serta memberikan motivasi dan teguran dalam suka maupun duka.
13. Ismail Bouaozan, yang telah menemani di masa akhir di Malang, atas semangat, berbagi pengalaman, dukungan dan motivasi tak henti agar penulis dapat sesegera mungkin menyelesaikan penelitian.
14. Seluruh angkatan 2011 Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya atas kebersamaan, semangat, doa, dan kerjasama selama ini.
15. Mbak Us Trijaya yang telah membantu dalam kelancaran penyelesaian skripsi serta seluruh pihak untuk bantuannya yang tidak dapat disebut satu-persatu dan yang sangat berperan dalam penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna karena keterbatasan ilmu dari penulis dan kendala-kendala yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di waktu yang akan datang. Harapannya tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk penelitian dan pengembangan yang lebih lanjut.

Malang, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	5
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Asumsi Penelitian	6
1.7 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 <i>Line Balancing</i>	9
2.2.1 <i>Mixed-Model Line Balancing</i>	11
2.2.2 Istilah dalam Keseimbangan Lintasan	12
2.2.3 Pengukuran Waktu	15
2.2.3.1 Pengukuran Waktu Secara Langsung	16
2.2.3.2 <i>Stopwtch Time Study</i> (Pengukuran Waktu dengan Jam Henti/ <i>Stopwatch</i>)	16
2.3 Metode Dalam Keseimbangan Lintasan	17
2.3.1 Metode Heuristik untuk Keseimbangan Lintasan Aktivitas.....	18
2.4 <i>Simulated Annealing</i>	22
2.4.1 Prosedur Dua Tingkat untuk <i>Mixed Model Line Balancing</i>	23
2.5 MATLAB	27
2.5.1 <i>Pseudocode</i>	28
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian.....	31

3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.3	Data dan Metode Pengambilan Data	31
3.4	Langkah-Langkah Penelitian	32
3.5	Diagram Alir Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Profil Perusahaan	37
4.1.1	Gambaran Umum Perusahaan	37
4.1.2	Produk Perusahaan	38
4.1.3	Bahan Baku Produk	39
4.1.4	Aliran Proses Produksi Filter	40
4.2	Pengumpulan Data	40
4.2.1	<i>Precedence Diagram</i>	41
4.2.2	Data Aktivitas di Laboratorium <i>Quality Control</i>	43
4.2.3	Data Waktu Proses Setiap Aktivitas	49
4.3	Pengolahan Data	55
4.3.1	Kondisi Aktual	55
4.3.2	Metode Heuristik	57
4.3.2.1	Perhitungan <i>Cycle Time</i>	58
4.3.2.2	Perhitungan Initial Solution dengan Menggunakan <i>Ranked Positional Weight (RPW)</i>	59
4.3.3	<i>Simulated Annealing</i>	64
4.4	Analisa dan Pembahasan	73
4.4.1	Hasil Akhir Penelitian	73
4.4.1.1	Hasil Grafik <i>Balance Within Station (BS)</i> dan <i>Balance Between Station (BWS)</i>	74
4.4.1.2	Hasil Jumlah Stasiun Kerja, Nilai <i>Balance Within Station (BS)</i> , Nilai <i>Balance Between Station (BWS)</i> dan Susunan Aktivitas Terbaru	76
4.4.1.3	Solusi Terbaik	82
4.4.2	Perbandingan Kondisi Aktual, Hasil Metode RPW dan <i>Simulated Annealing</i>	84
4.5	Kekurangan Penelitian	85
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	87

5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	91

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Digunakan	8
Tabel 2.2	Daftar Elemen Pekerjaan untuk <i>Largest-Candidate Rule</i>	20
Tabel 2.3	Daftar Elemen Pekerjaan Menurut Wilayah untuk Metode <i>Region Approach</i>	22
Tabel 4.1	Jenis Filter Perusahaan Filter Rokok	38
Tabel 4.2	Daftar Aktivitas Laboratorium <i>Quality Control</i> Perusahaan Filter Rokok..	41
Tabel 4.3	Daftar Alat dan Rumus untuk Aktivitas Laboratorium <i>Quality Control</i> Perusahaan Filter Rokok	42
Tabel 4.4	Daftar Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter Menthol.....	44
Tabel 4.5	Daftar Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter ROA.....	45
Tabel 4.6	Daftar Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter CPA/CPS	46
Tabel 4.7	Daftar Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter Cavitek.....	47
Tabel 4.8	Daftar Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter Dual Shape.....	48
Tabel 4.9	Daftar Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter NWA.....	49
Tabel 4.10	Daftar Waktu Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter Menthol.....	49
Tabel 4.11	Daftar Waktu Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter ROA.....	50
Tabel 4.12	Daftar Waktu Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter CPA/CPS	51
Tabel 4.13	Daftar Waktu Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter Cavitek	52
Tabel 4.14	Daftar Waktu Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter Dual Shape.....	53
Tabel 4.15	Daftar Waktu Aktivitas Cek Laboratorium Produk Filter NWA.....	53
Tabel 4.16	Rekap Data Waktu Aktivitas Cek Laboratorium Semua Produk Filter.....	54
Tabel 4.17	Pembagian Aktivitas Dalam Setiap Stasiun Kerja pada Kondisi Aktual....	55
Tabel 4.18	Data Hasil Produksi	58
Tabel 4.19	Perhitungan <i>Production Share</i> dan <i>Cycle Time</i>	59
Tabel 4.20	Perhitungan <i>Ranked Positional Weight</i>	60
Tabel 4.21	Perhitungan <i>Ranked Positional Weight</i> yang Telah Diurutkan	61
Tabel 4.22	Perhitungan Stasiun Kerja.....	62
Tabel 4.23	Contoh Perhitungan Metode <i>Simulated Annealing</i>	69
Tabel 4.24	Data Replikasi Perhitungan <i>Simulated Annealing</i> dengan MATLAB.....	71
Tabel 4.25	Solusi Pertama Perhitungan <i>Simulated Annealing</i> dengan MATLAB	71
Tabel 4.26	Solusi Kedua Perhitungan <i>Simulated Annealing</i> dengan MATLAB	72

Tabel 4.27	Solusi Ketiga Perhitungan <i>Simulated Annealing</i> dengan MATLAB	73
Tabel 4.28	Solusi Awal Perhitungan dengan <i>Ranked Positional Weight</i> (RPW).....	77
Tabel 4.29	Solusi Pertama Perhitungan <i>Simulated Annealing</i> dengan MATLAB	77
Tabel 4.30	Daftar Susunan Aktivitas yang Mengalami Perubahan	78
Tabel 4.31	Solusi Kedua Perhitungan <i>Simulated Annealing</i> dengan MATLAB.....	79
Tabel 4.32	Daftar Susunan Aktivitas yang Mengalami Perubahan	79
Tabel 4.33	Solusi Ketiga Perhitungan <i>Simulated Annealing</i> dengan MATLAB	80
Tabel 4.34	Daftar Susunan Aktivitas yang Mengalami Perubahan	81
Tabel 4.35	Solusi Terbaik <i>Simulated Annealing</i> dengan MATLAB	83
Tabel 4.36	Perbandingan Hasil Aktual, RPW dan <i>Simulated Annealing</i>	84

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Rata-rata jam kerja karyawan laboratorium <i>quality control</i> perusahaan filter rokok	3
Gambar 1.2	Rata-rata jam kerja per shift setiap stasiun kerja di laboratorium <i>quality control</i>	3
Gambar 2.1	<i>Precedence diagram</i> yang menggambarkan urutan perakitan	21
Gambar 2.2	<i>Precedence diagram</i> untuk metode <i>region approach</i>	21
Gambar 2.3	Prosedur dua tahap untuk <i>mixed model line balancing</i>	23
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	35
Gambar 3.2	Diagram alir metode <i>simulated annealing</i>	36
Gambar 4.1	<i>Acetate tow</i> sebelum diproses	39
Gambar 4.2	<i>Plug warp</i>	39
Gambar 4.3	Karbon	40
Gambar 4.4	Aliran proses produksi filter	40
Gambar 4.5	<i>Precedence diagram</i> aktivitas Laboratorium <i>quality control</i> perusahaan filter rokok	41
Gambar 4.6	Stasiun kerja kondisi aktual	57
Gambar 4.7	Ilustrasi stasiun kerja dari hasil RPW	64
Gambar 4.8	Grafik BS dan BWS solusi pertama perhitungan <i>simulated annealing</i> dengan MATLAB	72
Gambar 4.9	Grafik BS dan BWS solusi kedua perhitungan <i>simulated annealing</i> dengan MATLAB	72
Gambar 4.10	Grafik BS dan BWS solusi ketiga perhitungan <i>simulated annealing</i> dengan MATLAB	73
Gambar 4.11	Grafik BS dan BWS solusi pertama perhitungan <i>simulated annealing</i> dengan MATLAB	74
Gambar 4.12	Grafik BS dan BWS solusi kedua perhitungan <i>simulated annealing</i> dengan MATLAB	75
Gambar 4.13	Grafik BS dan BWS solusi ketiga perhitungan <i>simulated annealing</i> dengan MATLAB	76
Gambar 4.14	Ilustrasi hasil stasiun kerja untuk solusi pertama	78
Gambar 4.15	Ilustrasi hasil stasiun kerja untuk solusi kedua	80

Gambar 4.16	Ilustrasi hasil stasiun kerja untuk solusi ketiga.....	82
Gambar 4.17	Ilustrasi solusi stasiun kerja terbaik.....	84

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data Hasil Produksi Perusahaan Filter Rokok	91
Lampiran 2	Koding <i>Simulated Annealing</i> pada MATLAB.....	92
Lampiran 3	Hasil Simulaed Annealing pada MATLAB	112

Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

Tabita Dwi Anindita, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2018, *Analisa Keseimbangan Lintasan Dengan Simulated Annealing Pada Laboratorium Quality Control Perusahaan Filter Rokok*, Dosen Pembimbing: Ishardita Pambudi Tama dan Ihwan Hamdala.

Objek pada penelitian ini merupakan perusahaan penghasil filter rokok di Indonesia. Filter yang dihasilkan dikelompokkan dalam 6 jenis, filter menthol, NWA, CPA/CPS, cavitek, *dual shape* dan ROA yang dalam prosesnya memiliki aktivitas yang berbeda-beda. Dalam pelaksanaan produksi filter di perusahaan terdapat beberapa proses, proses pada departemen *quality control* memiliki tugas penting memastikan apakah produk sudah sesuai kebutuhan pelanggan sebelum dilanjutkan ke bagian inspeksi akhir dan *packaging*. Permasalahan yang sering terjadi adalah ketika kinerja laboratorium *quality control* tidak cepat dan tanggap, maka ini akan berpengaruh akan terjadinya keterlambatan produk di aktivitas-aktivitas selanjutnya, sedangkan dalam laboratorium *quality control* sendiri terdapat ketidakteraturan pembagian aktivitas kerja yang menyebabkan kinerjanya pun menjadi tidak teratur dengan beban jam kerja bervariasi yang melebihi jam *shift* kerja pada beberapa stasiun kerja. Oleh karena itu perlu diadakannya penyeimbangan pembagian aktivitas agar pembebanan kerja menjadi seimbang yang dapat meningkatkan kinerja dan mengurangi jam lembur karyawan di laboratorium *quality control*.

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data waktu aktivitas pada laboratorium *quality control* dengan metode *stopwatch time study*. Kemudian dilakukan analisa keseimbangan lintasan dengan tipe *mixed model line balancing* yang menyesuaikan dengan banyaknya produk yang dihasilkan dan dilakukan perhitungan dengan metode *ranked positional weight* untuk susunan stasiun kerja dan lintasan stasiun baru, dengan sebelumnya telah mengetahui urutan aktivitas (*precedence diagram*) serta *cycle time* yang ditentukan berdasarkan jumlah permintaan konsumen tertinggi agar susunan lintasan yang baru dengan pembagian tugas seimbang nantinya dapat mengatasi jumlah permintaan berapapun jumlahnya. Kemudian hasil dari metode *ranked positional weight* akan dijadikan solusi awal pada metode *simulated annealing* dengan 2 tahap yang menggunakan *software* MATLAB, dimana tahap pertama bertujuan meminimalkan jumlah stasiun kerja dan tahap kedua bertujuan meminimalkan beban kerja pada stasiun kerja dan antar stasiun kerja.

Penelitian menunjukkan bahwa jumlah stasiun terbaik dengan pembagian tugas seimbang adalah 9 stasiun kerja, dengan beban pada stasiun kerja bernilai 19,526% dan beban antar stasiun kerja 14,739%, memberikan perbaikan nilai dari kondisi aktual dengan perbedaan sebanyak 3,074% untuk BWS dan 11,84% untuk BS. Dibandingkan dengan kondisi aktual, hasil stasiun kerja dari metode *ranked positional weight* dan metode *simulated annealing* berjumlah lebih banyak, namun nilai beban kerja pada stasiun kerja dan antar stasiun kerja lebih kecil serta waktu stasiun kerja tidak melebihi dan tidak jauh berbeda dari nilai *cycle time*, sehingga dapat dikatakan hasil pembagian aktivitas baru lebih merata dan seimbang. Pada kondisi aktual dan metode *ranked positional weight*, nilai beban kerja pada stasiun kerja dan antar stasiun kerja menunjukkan perubahan signifikan, namun hasil antara metode *ranked positional* dan metode *simulated annealing* tidak menunjukkan perubahan yang terlalu signifikan.

Kata Kunci: Keseimbangan Lintasan, *Ranked Positional Weight*, *Simulated Annealing*, *Mixed Model Line Balancing*, *Stopwatch Time Study*

Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Tabita Dwi Anindita, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, January 2018, Analysis of Line Balancing Using Simulated Annealing Method at Cigarette Filter Company's Quality Control Laboratory, Academic supervisor: Ishardita Pambudi Tama and Ihwan Hamdala.

The object in this research is a company that produces cigarette filters in Indonesia. The filters can be classified in 6 types, menthol, NWA, CPA/ CPS, cavitek, dual shape and ROA filters, and each type has different process activities. In the filter production within the company, there are several processes, the quality control laboratory has an important task to ensure whether the product is in accordance with customer needs before proceeding to the final inspection and packaging. A frequently occurring problem is when the performance of the quality control laboratory is not fast and responsive, this will then affect the occurrence of product delays in subsequent activities, whereas in the quality control laboratory itself there is an unequal distribution of work activities, that causes its performance to become irregular with varying work hours and overtime on some workstations. Therefore there is a need to balance the distribution of activities in order to balance the workload which might increase performance and reduce employee overtime hours in the quality control laboratory.

In this study, the stopwatch time study method will be used to retrieve quality control laboratory's activities time data. After that, line balancing analysis with mixed-model line balancing is adjusted to the number of products produced on the production line and the data will be used for calculation with the ranked positional weight method to change the composition of work stations and the station line, with the precedence diagram and the cycle time determined by the highest consumer demand order so that the new station line with a balanced distribution of activities will be able to handle the number of requests, regardless of size. Then the results of the ranked positional weight method will be used as the initial solution in the simulated annealing method with 2 stages using MATLAB software, where the first stage aims to minimize the number of work stations and the second stage aims to minimize the workload within work stations and between workstations.

The study shows that the ideal number of stations with balanced distribution of activities is 9 work stations, with the value of the balance within stations being 19,526% and the balance between stations being 14,739%, give an improvement from the existing condition with 3,074% difference for the balance between stations value and 11,84% difference for the balance within stations value. Compared to the actual condition, the number of work stations of the ranked positional weight method and the simulated annealing method are higher, but the value of the balance within stations and the balance between stations is smaller and the time of the work stations is not excessive and not very different from the cycle time value, so it can be said that the result of new distribution of activities is more even and balance. In actual conditions and the ranked positional weight method, value of the balance within stations and the balance between stations show significant changes, but the results between the ranked positional method and the simulated annealing method do not show significant changes.

Keywords: Line balancing, Ranked Positional Weight, Simulated Annealing, Mixed Model Line Balancing, Stopwatch Time Study

Halaman ini sengaja dikosongkan