

TESIS

**ANALISIS PENJADWALAN ULANG WAKTU PELAKSANAAN
PROYEK JALAN DENGAN *LINE OF BALANCE***

(Studi Kasus Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV
Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016)



Disusun Oleh :

**WAHYU TRI PRASETYO
NIM : 10914004**

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2017

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**ANALISIS PENJADWALAN ULANG WAKTU PELAKSANAAN
PROYEK JALAN DENGAN *LINE OF BALANCE***

(Studi Kasus Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV
Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016)



Telah diuji di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 27 MAR 2017

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Dewan Penguji

Dosen Pembimbing I,

(Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D.)

Dosen Pembimbing II,

(Ir. Faisol AM, MS.)

Dosen Penguji,

(Dr. Ir. Tuti Sumarningsih., MT)

Yogyakarta, 29 MAR 2017

Universitas Islam Indonesia

Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil

Ketua Program,



(Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-PU.)

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak-benaran dala pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi.

Yogyakarta, Maret 2017

Yang membuat pernyataan



Wahyu Tri Prasetyo

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan penjadwalan ulang yang efektif dengan metode *Line of Balance* pada Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016. Tujuan yang lain adalah mengetahui cara meningkatkan produktivitas pada proyek ini.

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah mengumpulkan data teknis, yang kemudian melakukan penjadwalan dengan metode *Line of Balance*. Dalam penjadwalan ini menggunakan metode analisis *trial and error*, dengan variasi adanya peningkatan produktivitas dan penambahan *buffer*. *Trial and error* yang dilakukan sebanyak 4 kali.

Hasil yang didapatkan, dengan adanya peningkatan produktivitas yang optimal dan logis, adalah penjadwalan *Line of Balance Revisi 4* dengan durasi 47 hari. Dalam penelitian cara untuk meningkatkan produktivitas adalah dengan menambah tenaga kerja.

Kata kunci : *Line of Balance*, *buffer*, produktivitas



ABSTARCT

The purpose of this research is to rescheduling an effective method in the Line of Balance Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016. Another goal is to figure out how to increase productivity in this project.

The methodology of the research is to collect technical data, which then do the scheduling method of the Line of Balance. In this scheduling analysis method of trial and error, with variations in productivity gains and increasing buffers. Trial and error is done 4 times.

The results obtained, with productivity gains are optimal and logical, it is rescheduling the Line of Balance Revision 4 with a duration of 47 days. In a study ways to increase productivity is to increase labor

Key word : Line of Balance, buffer, productivity



DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.1.	Peta Kota Magelang	1
Gambar 3.1.	Hubungan antara <i>Line of Balance</i> Kuantitas q dan waktu t	28
Gambar 3.2.	Contoh Format <i>Line of Balance</i> Yang Menunjukkan Informasi Yang Dimuat dalam PDM	29
Gambar 3.3.	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Yang Menunjukkan Adanya Konflik Yang Harus Dihindari	30
Gambar 3.4.	<i>Time</i> dan <i>Space Buffer</i>	31
Gambar 3.5.	<i>Line of Balance</i> Yang Menunjukkan Garis Permulaan dan Penyelesaian	32
Gambar 3.6.	Keseimbangan Produksi dan Tiga Tugas dalam <i>Line of Balance</i>	32
Gambar 3.7.	<i>Flowline</i> dari Empat Tugas Yang Menunjukkan <i>Delay</i>	33
Gambar 3.8.	<i>Layout</i> Proyek Tipikal Untuk Persiapan LBS	34
Gambar 3.9.	LBS Untuk Proyek Tipikal.....	34
Gambar 3.10.	Proses Produktivitas	35
Gambar 4.1.	Diagram Alir Metode Penelitian	41
Gambar 5.1.	Denah Proyek Penelitian	42
Gambar 5.2	WBS Proyek Jalan.....	43
Gambar 5.3.	<i>Network Diagram Per Section</i>	46
Gambar 5.4.	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Awal.....	49
Gambar 5.5.	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 1	51
Gambar 5.6.	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 2.....	54
Gambar 5.7.	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 3.....	56
Gambar 5.8.	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 4.....	57

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR RUMUS.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Batasan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Eksplorasi Metode <i>Bar Chart</i> , <i>CPM</i> , <i>PDM</i> , <i>PERT</i> , <i>LINE OF BALANCE</i> dan <i>TIME CHAINAGE DIAGRAM</i> Dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi.....	6
2.2. Studi Perbandingan Penjadwalan Proyek Metode <i>Line of Balance</i> (Line of Balance) Dan <i>Precedence Diagram Method</i> (PDM) Pada Pekerjaan Berulang (Repetitif).....	8
2.3. Pengendalian Proyek Dengan Metode Keseimbangan Garis (<i>Line of Balance</i>) (Studi Kasus Pada Proyek Perumahan Maysa Tamansari Residence).....	10

2.4. Aplikasi Penjadwalan <i>Linear Scheduling</i> Dengan <i>Stochastic Linear Scheduling Method</i> Pada Proyek Pembangunan <i>Breakwater</i> Di Pelabuhan Kalibaru	11
2.5. Analisis Penjadwalan Ulang Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Dengan <i>Line of Balance</i> (Studi Kasus Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016) ..	12
2.6. Perbedaan Dengan Penelitian Sejenis	12

BAB III LANDASAN TEORI

3.1. Proyek	24
3.1.1. Definisi.....	24
3.1.2. Sasaran Proyek.....	24
3.1.3. Siklus Proyek	24
3.2. Penjadwalan	25
3.2.1. Definisi.....	25
3.2.2. Tujuan	25
3.2.3. Metode Penjadwalan <i>Line of Balance</i>	26
3.2.3.1. Teknik Perhitungan <i>Line of Balance</i>	28
3.2.3.2. <i>Buffer</i>	30
3.2.3.3. Metodologi Berbasis Lokasi	31
3.2.3.4. Masukan Untuk <i>Line of Balance</i>	34
3.3. Produktivitas	35
3.3.1. Definisi.....	35
3.3.2. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas	36

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Data dan Sumber Data	39
4.1.1. Data	39
4.1.2. Cara Mendapatkan Data.....	39
4.2. Metode Analisis	40
4.3. Langkah-langkah Penelitian.....	40

BAB V DATA, ANALISI DAN PEMBAHASAN

5.1. Data	42
5.1.1. Gambar Denah Proyek	42
5.1.2. Rencana Anggaran Biaya	44
5.1.3. Kelompok Kerja	45
5.2. Analisis.....	46
5.3. Pembahasan.....	58

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan	62
6.2. Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR RUMUS

		Halaman
Rumus 3.1.	Rumus Hubungan <i>Line of Balance</i> q dan t.....	28
Rumus 3.2.	Rumus Kuantitas	29
Rumus 3.3.	Rumus Waktu	29
Rumus 3.4	Rumus Produktivitas	35
Rumus 3.5.	Rumus Produktivitas Kelompok Kerja	35



DAFTAR TABEL

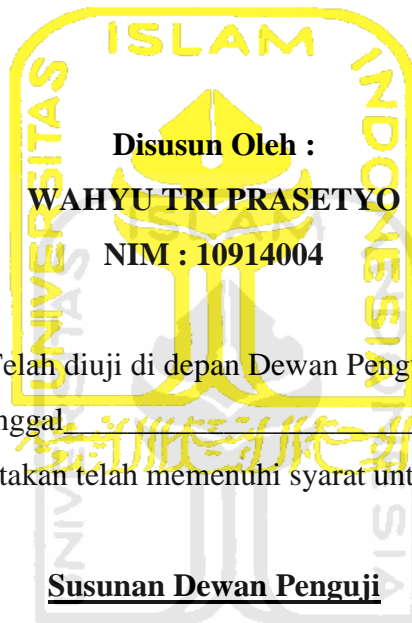
	Halaman
Tabel 1.1. Jumlah Penduduk Kota Magelang 2010 – 2015	2
Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Yang Lain	13
Tabel 5.1. Kelompok Kerja Tukang dan Pekerja	46
Tabel 5.2. Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Awal.....	49
Tabel 5.3. Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 1	51
Tabel 5.4. Waktu Pekerjaan Plesteran dan Bekisting	52
Tabel 5.5. Waktu Pekerjaan Plesteran dan Bekisting Setelah Digeser	52
Tabel 5.6. Waktu Pekerjaan Pembesian dan Cor Beton	53
Tabel 5.7. Waktu Pekerjaan Pembesian dan Cor Beton Setelah Digeser.....	53
Tabel 5.8. Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 2	54
Tabel 5.9. Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 3	55
Tabel 5.10. Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 4	57
Tabel 5.11. Perbandingan Penjadwalan Dengan Metode <i>Line of Balance</i>	59

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**ANALISIS PENJADWALAN ULANG WAKTU PELAKSANAAN
PROYEK JALAN DENGAN *LINE OF BALANCE***

(Studi Kasus Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV
Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016)



**Disusun Oleh :
WAHYU TRI PRASETYO
NIM : 10914004**

Telah diuji di depan Dewan Penguji

Pada tanggal _____

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Dewan Penguji

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Penguji,

(Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D.)

(Ir. Faisol AM, MS.)

(Dr. Ir. Tuti Sumarningsih., MT)

Yogyakarta, _____
Universitas Islam Indonesia
Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil
Ketua Program,

(Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D.,IP-PU.)

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak-benaran dala pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi.

Yogyakarta, Maret 2017

Yang membuat pernyataan

Wahyu Tri Prasetyo

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS

**ANALISIS PENJADWALAN ULANG WAKTU PELAKSANAAN
PROYEK JALAN DENGAN *LINE OF BALANCE***

(Studi Kasus Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV
Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016)



Diperiksa dan disetujui oleh:

Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D.

Dosen Pembimbing I

Tanggal:

Ir. Faisol AM, MS.

Dosen Pembimbing II

Tanggal:

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur *alhamdulillahirrobbil'alamin* saya panjatkan kehadirat Allah, SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga tesis ini bisa diselesaikan dengan baik.

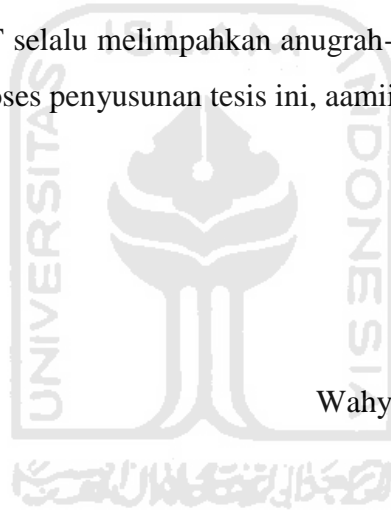
Tesis dengan judul **“ANALISIS PENJADWALAN ULANG WAKTU PELAKSANAAN PROYEK JALAN DENGAN *LINE OF BALANCE* (Studi Kasus Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016)”** ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Semoga dapat bermanfaat sebagai salah satu referensi kepada masyarakat jasa konstruksi tentang penjadwalan untuk pekerjaan yang repetitif dengan Metode *Line of Balance*, karena proyek yang dilaksanakan adalah pekerjaan jalan. Dalam proses penjadwalan ini yang diharapkan metode yang digunakan dalam penjadwalan menggunakan metode yang tepat, sehingga hasilnya bisa optimal.

Dalam proses pengerjakan tesis ini, penulis merasa telah banyak pihak yang telah membantu, baik dalam bimbingan, pengumpulan data, literatur, diskusi dan bantuan secara moril. Berkenaan dengan hal tersebut di atas, maka penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D selaku Ketua Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia;
2. Ibu Fitri Nugraheni, ST, MT, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan support dalam penyelesaian tesis ini;
3. Bapak Ir. Faisol AM, MS selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan support dalam penyelesaian tesis ini;

4. Ibu Dr. Tuti Sumarningsih, ST, MT selaku Dosen Penguji pada Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta;
5. Istri yang selalu mendampingi hidup, Nila Kurniasih, M.Si beserta anak-anakku yang menjadi sumber inspirasi, Izzulhaq Muhammad Tsaqif dan Ghifary Muhammad Al Imanulhaq;
6. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia;
7. Bapak dan Ibu Staf Program Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia;
8. Rekan-rekan mahasiswa Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Semoga Allah, SWT selalu melimpahkan anugrah-Nya kepada semua pihak yang membantu dalam proses penyusunan tesis ini, aamiin.



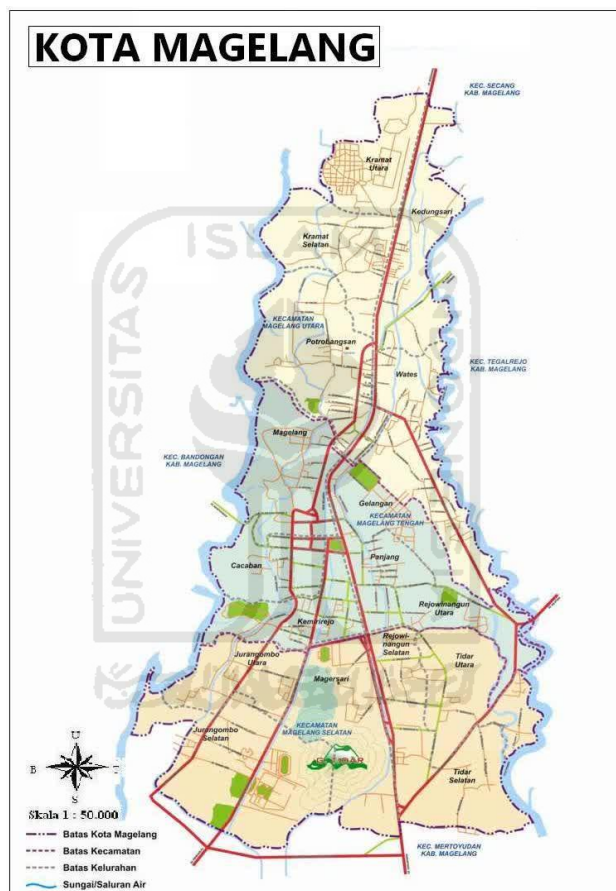
Penulis

Wahyu Tri Prasetyo

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah



Gambar 1.1. Peta Kota Magelang

Luas wilayah Kota Magelang adalah 1.812 Ha (18,12 Km²) atau sekitar 0,06% dari keseluruhan luas wilayah Provinsi Jawa Tengah. Secara administrasi Kota Magelang dibagi ke dalam 3 kecamatan dan 17 kelurahan. Ketiga Kecamatan tersebut adalah Kecamatan Magelang Utara dengan luas 6,128 km² yang terdiri dari 5 kelurahan (Potrobangsari, Wates, Kedungsari, Kramat Utara dan Kramat Selatan), Kecamatan Magelang dengan luas 5,104 km² terdiri dari 6

kelurahan (Kemirirejo, Cacaban, Rejowinangun Utara, Gelangan dan Panjang), dan Kecamatan Magelang Selatan dengan luas 6,888 km², terdiri dari 6 kelurahan (Magersari, Tidar Utara, Tidar Selatan, Rejowinangun Selatan, Jurangombo Utara dan Jurangombo Selatan). Luas kelurahan yang terbesar adalah Kelurahan Jurangombo Selatan yaitu sekitar 226 Ha (atau sekitar 12,49% dari luas total) dan yang terkecil adalah Kelurahan Panjang yaitu sekitar 35 Ha (atau sekitar 1,9% dari luas total).

Jumlah penduduk Kota Magelang dalam 5 (lima) tahun terakhir mengalami kenaikan dan penurunan menurut Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Magelang.

Tabel 1.1. Jumlah Penduduk Kota Magelang 2010-2015

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kenaikan
1	2010	128.197	1,90
2	2011	129.556	1,06
3	2012	1130.995	1,07
4	2013	1130.836	-0,09
5	2014	131.590	0,57

Sumber : Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Magelang

Secara topografi dan fisiografis Kota Magelang termasuk dataran rendah dengan sudut kemiringan relatif bervariasi. Morfologi pendataran antar gunung api, medannya landai, berelief sedang-halus. Kemiringan topografi yang terjal di bagian barat (sepanjang Sungai Progo) dan di sebelah timur (di sekitar Sungai Elo) sampai dengan kemiringan antara 15–30%. Di sekitar daerah timur kompleks Akademi Militer (AKMIL) ke Utara hingga daerah di sekitar Rumah Sakit Jiwa (RSJ) Magelang, dengan kemiringan antara 2–5%. Di sekitar daerah timur kompleks AKMIL terdapat Gunung Tidar yang merupakan hutan lindung sebagai

daerah hijau kota (paru-paru kota) dengan kemiringan hingga 30–40%. Dilihat dari ketinggiannya, Kota Magelang berada di ketinggian antara 375–500 meter di atas permukaan laut (m dpl) dengan titik ketinggian tertinggi berada di Gunung Tidar yaitu sekitar 503 m dpl.

Kontur geologi Kota Magelang berupa dataran alluvium yang tersebar sampai di bagian selatan dan tempat-tempat di pinggir Sungai Progo dan Sungai Elo. Dataran ini tersusun oleh batuan hasil rombakan bebatuan yang lebih tua, yang bersifat lepas. Umumnya berada pada ketinggian antara 250–350 m, ber relief halus dengan kemiringan antara 3-8%. Daerah ini dialiri oleh Sungai Progo dan Sungai Elo yang mengalir dengan pola Sum Meander. Potensi Kandungan tanah Kota Magelang sebagian besar berupa batu pasir lepas dan konglomerat. Hasil produksi gunung berapi yang merupakan endapan kwarter. Sifat batuan pasir dan breksi/ konglomerat sangat poreous (kelulusan air tinggi), serta penurunan terhadap beban kecil, mendekati nol (0). Daya dukung terhadap bangunan berkisar antara 5kg/cm²–19 kg/cm².

Kota Magelang memiliki 2 (dua) sungai yang cukup besar yaitu Sungai Elo di sebelah Timur dan Sungai Progo di sebelah Barat yang juga merupakan batas alamiah yang menentukan letak administrasi Kota Magelang. Kota Magelang termasuk ke dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Progo-Opak-Serang. Sumber air di Kota Magelang dapat digolongkan dari air permukaan dan air tanah. Air permukaan berupa sungai dan saluran irigasi. Sedangkan potensi air tanahnya relatif bervariasi dengan kedalaman antara 5 meter sampai dengan lebih dari 20 meter. Di kawasan Kota Magelang juga terdapat 2 (dua) saluran air yaitu: (i) Kali Bening (Kali Kota), dan (ii) Kali Progo Manggis. Saluran tersebut juga dapat berfungsi sebagai saluran irigasi teknis.

Klimatologi Kota Magelang dikategorikan sebagai daerah beriklim basah dengan curah hujan yang cukup tinggi sebesar + 7,10 mm/th. Sedangkan untuk temperatur atau suhu udara di Kota Magelang relatif sejuk dengan suhu maksimum 32°C dan terendah 20°C. Kelembabannya pada angka sekitar 88,8%.

Sesuai dengan karakteristik perkotaan, penggunaan lahan di Kota Magelang didominasi oleh pekarangan dan bangunan seluas 1.325,71 Ha atau

73,16%. Hal ini mengindikasikan bahwa bertambahnya penduduk akan dapat mengurangi penggunaan lahan persawahan untuk didirikan bangunan

Dari luas lahan secara keseluruhan di Kota Magelang yaitu 1.812,00 Ha, terdiri dari lahan untuk Tanah Sawah sekitar 211,73 Ha dan Tanah Bukan Sawah (Tanah Kering) sekitar 1.600,27 Ha. Luas tanah sawah dengan sistem pengairan teknis yang ada sekitar \pm 211,73 Ha. Penggunaan tanah di Kota Magelang sebagian besar adalah untuk pekarangan dan bangunan yaitu seluas 1.325,71 Ha (73,16%), sedang penggunaan lahan yang relatif kecil adalah untuk kolam yaitu sebesar 6,68 Ha (0,37%)

Sarana dan prasarana lingkungan permukiman menjadi perhatian yang penting bagi Pemerintah Kota Magelang dalam memenuhi kebutuhan masyarakatnya. Hal ini tercermin dengan adanya usulan-usulan perbaikan/peningkatan sarana dan prasarana permukiman perkotaan melalui Musyawarah Rencana Pembangunan Kelurahan (MUSRENBANGKEL), yang menjadi usulan prioritas pada saat pembuatan Rencana Kerja Perangkat Daerah (RKPD) Kota Magelang. Usulan-usulan tersebut ditampung melalui Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) pada dinas teknis dan kelurahan. Dengan memprioritaskan usulan perbaikan/peningkatan sarana dan prasarana permukiman perkotaan, ada hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan usulan-usulan dari warga, yaitu kondisi permukiman Kota Magelang yang cukup padat, sehingga pelaksanaan fisik perlu direncanakan secepat mungkin agar tidak mengganggu aktivitas masyarakatnya.

Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016 adalah merupakan proyek jalan pada kawasan permukiman yang diusulkan melalui MUSRENBANG, dimana merupakan proyek jalan yang proses pengerjaannya berulang/repetitif. Pada proyek yang akan dilakukan penelitian ini mengalami adendum kontrak yang dikarenakan penjadwalan yang kurang efektif, sehingga dengan penjadwalan ulang yang tepat didapatkan hasil yang optimal. Untuk pekerjaan repetitif/berulang, maka metode penjadwalan yang tepat digunakan adalah dengan metode *Line of Balance* .

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat disimpulkan beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimanakah penjadwalan ulang yang efektif dengan metode *Line of Balance* pada Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016?
2. Bagaimana cara meningkatkan produktivitas pada proyek ini?

1.3. Tujuan Penelitian

Seiring dengan rumusan masalah sebagaimana disampaikan sebelumnya maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan penjadwalan ulang yang efektif dengan metode *Line of Balance* pada Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016;
2. Mengetahui cara meningkatkan produktivitas pada proyek ini.

1.4. Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat batasa-batasan yang dialami oleh peneliti, antara lain :

1. Penelitian ini merupakan studi kasus pada Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016;
2. Durasi waktu penjadwalan ulang dengan metode *Linear of Balance* 60 hari.
3. Diasumsikan sampai dengan metode, material, alat dan keuangan selalu tersedia;
4. Penjadwalan menggunakan *Line of Balance*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penjadwalan proyek yang efektif;
2. Untuk menjadi referensi yang berkenaan dengan penjadwalan pada kegiatan yang sejenis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Eksplorasi Metode *Bar Chart*, *CPM*, *PDM*, *PERT*, *LINE OF BALANCE* dan *TIME CHAINAGE DIAGRAM* Dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi.

Arianto (2010), mengadakan penelitian dengan tujuan mencari metode perencanaan dan penjadwalan yang umum dipakai di Indonesia, kemudian membandingkan masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek untuk mencari karakter yang sesuai dengan sifat proyek dan melakukan simulasi masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek serta menganalisa kelebihan dan kekurangannya.

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan dengan pengumpulan data baik data primer maupun data sekunder. Setelah data terkumpul dilakukan analisis data dan elaborasi dari penjadwalan proyek yang ada berupa metode *Bar Chart* yang diubah ke dalam bentuk metode *CPM*, *PDM*, *PERT*, *Line Of Balance* dan *Time Chainage Diagram*.

Hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Metode *Bar Chart* masih sangat populer di dalam penjadwalan proyek konstruksi di Indonesia dan dapat digunakan untuk berbagai jenis proyek konstruksi, di mana dari hasil analisa data pada penelitian ini hanya 13% (2 proyek) yang menggunakan *PDM*, sedangkan 87% (13 proyek) lainnya masih menggunakan metode *Bar Chart*.
2. Bahwa berbagai metode perencanaan dan penjadwalan proyek tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing dalam penjadwalan proyek konstruksi, antara lain:
 - a. *Bar Chart* bersifat visual, sederhana dan mudah untuk dimengerti, tetapi tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis proyek, serta tidak dapat mendeteksi

- secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek.
- b. Metode jaringan kerja (CPM, PDM, PERT) memiliki keandalan dalam menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan menentukan lintasan kritis kegiatan proyek sehingga kegiatan yang menjadi prioritas apabila terjadi keterlambatan dapat diketahui, tetapi tidak dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek.
 - c. Line of Balance dan *Time Chainage Diagram* dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek dengan melihat ada tidaknya diagram batang yang saling berpotongan, tetapi tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis kegiatan proyek.
3. Metode jaringan kerja (CPM, PDM, PERT) cocok untuk proyek yang bersifat kompleks karena dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan memiliki teknik hitungan matematis.
 4. PDM memiliki tampilan yang relatif lebih sederhana bila dibandingkan dengan CPM sehingga lebih cocok digunakan untuk proyek yang berulang daripada CPM, misalnya pada proyek *Teaching Hospital* Gedung A.
 5. Khusus untuk PERT memiliki metode tersendiri dalam memperkirakan kemungkinan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, di mana PERT menggunakan 3 macam durasi waktu untuk masing-masing kegiatan, yaitu: a = durasi waktu optimistik, m = durasi waktu yang paling mungkin, dan b = durasi waktu pesimistik. Cocok untuk proyek yang memiliki resiko tinggi.
 6. Berdasarkan analisa dengan metode PERT, waktu penyelesaian proyek dengan kemungkinan 99% untuk *Teaching Hospital* Gedung A adalah 490 hari, Demak *Bypass* adalah 580 hari, sedangkan untuk proyek *Graving Dock* adalah 630 hari.
 7. Line of Balance dan *Time Chainage Diagram* sesuai untuk proyek yang memiliki kegiatan berulang/linier karena dapat mendeteksi secara langsung

kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek pada waktu dan tempat tertentu, misalnya pada proyek Jalan Demak *Bypass*.

8. Agar dapat saling menutupi kekurangan masing-masing metode, maka sebaiknya tidak hanya menggunakan satu metode perencanaan dan penjadwalan proyek, tapi juga dapat mengombinasikannya dengan metode yang lain. Misalnya PDM dengan Line of Balance pada proyek yang memiliki item kegiatan berulang, yaitu dengan cara membuat PDM-nya terlebih dahulu, kemudian mentransfernya ke dalam Line of Balance sehingga dapat diketahui item kegiatan mana yang saling mengganggu dan yang mengalami *delay* seiring meningkatnya jumlah kegiatan dalam *network*.
9. Dari kekurangan dan kelebihan masing-masing metode di atas, maka penyedia jasa konstruksi dan *owner* sebaiknya minimal dapat mengetahui dan menerapkan metode *Bar Chart* dan PDM sehingga dapat mengetahui lintasan kritis kegiatan proyek. Akan lebih baik lagi jika ditambah dengan PERT sehingga probabilitas waktu penyelesaian proyek dapat diketahui.

2.2. Studi Perbandingan Penjadwalan Proyek Metode *Line of Balance* Dan *Precedence Diagram Method* (PDM) Pada Pekerjaan Berulang (Repetitif)

Sanjaya dan Syahrizal (2014) mengadakan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana efektifitas metode Line of Balance dan PDM mampu merencanakan penjadwalan proyek pada proyek konstruksi yang melakukan pekerjaan berulang dengan tetap mempertahankan kontinuitas pekerjaan sehingga penggunaan sumber daya menjadi tak terputus dan mengetahui kelebihan dan kelemahan metode Line of Balance dan PDM jika digunakan pada proyek konstruksi yang melakukan pekerjaan berulang, dalam hal ini yang menjadi obyek studi adalah Proyek Perumahan Maysa Tamansari Residence, yang berlokasi di Jalan Setia Budi Pasar 2 Tanjung Sari, Medan.

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan dengan pengumpulan data, baik data primer maupun data sekunder. Setelah data terkumpul dilakukan dengan penjadwalan ulang dengan Line of Balance dan PDM, kemudian

dianalisis dengan parameter perbandingan durasi waktu proyek, kontinuitas sumber daya/tenaga kerja, tingkat kemajuan proyek dan hubungan ketergantungan antar kegiatan.

Hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Metode Line of Balance dan PDM mampu merencanakan penjadwalan proyek pada pekerjaan berulang (repetitif) dengan tetap menjaga kontinuitas penggunaan tenaga kerja ditandai dengan tidak adanya work break pada pekerjaan.
2. Kelebihan penjadwalan proyek metode Line of Balance dibandingkan metode PDM adalah:
 - a. Analisa perhitungan penjadwalan proyek relatif sederhana.
 - b. Penampakan visual diagram penjadwalan mudah dibaca dan dipahami.
 - c. Dapat diketahui tingkat kemajuan proyek harian ataupun mingguan.
3. Kelemahan penjadwalan proyek metode Line of Balance dibandingkan metode PDM adalah:
 - a. Hubungan ketergantungan antar kegiatan terutama untuk kegiatan yang memiliki lebih dari satu hubungan ketergantungan kurang jelas.
 - b. Untuk pekerjaan yang lebih kompleks dengan item pekerjaan yang banyak relatif sulit.
 - c. Dana yang dibutuhkan cenderung konstan selama durasi proyek sehingga pihak kontraktor harus menyediakan dana yang cukup besar sejak awal proyek.
4. Penjadwalan proyek dengan penggunaan tenaga kerja yang kontinu hanya bisa diterapkan pada proyek-proyek yang memiliki pekerjaan yang berulang (repetitif).
5. Penggunaan metode Line of Balance dan PDM sekaligus dalam penjadwalan dapat memberikan hasil penjadwalan yang baik, baik dari segi kontinuitas tenaga kerja maupun hubungan ketergantungan antar kegiatan.

2.3. Pengendalian Proyek Dengan Metode Keseimbangan Garis (*Line of Balance*) (Studi Kasus Pada Proyek Perumahan Maysa Tamansari Residence)

Sanjaya dan Prawira (2014) mengadakan penelitian dengan tujuan untuk menganalisis pengendalian proyek dengan metode bagian Linear setimbang (*Line of Balance*) dalam penjadwalan proyek untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya.

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan dengan pengumpulan data , baik data primer maupun data sekunder. Setelah data terkumpul membuat work breakdown struktur berdasarkan data yang ada, kemudian menganalisis konflik yang ada untuk 1 couple 2 (dua) rumah. Langkah selanjutnya adalah memberikan *buffer time* untuk menghindari terjadinya konflik, kemudian membuat *Barchart* untuk 3 couple yang diikuti analisis konflik yang terjadi. Langkah terakhir membuat Diagram *Line of Balance* untuk couple (6 unit) rumah.

Hasil dari penelitian ini adalah waktu total yang diperlukan menyelesaikan proyek tersebut untuk 1 couple (2 unit) adalah 20 minggu, sedangkan untuk 3 couple (6 unit) dengan metode keseimbangan garis (*Line of Balance*) adalah 58 minggu. Dengan menggunakan *Line of Balance* dapat terlihat sumber daya yang terus berkelanjutan (*continue*) tanpa adanya pemutusan sehingga sumber daya dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya dan percepatan waktu penyelesaian proyek akibat adanya pengoptimalan sumberdaya. *Line of Balance* mampu menyajikan tingkat produktifitas dan informasi durasi dalam bentuk format grafik yang lebih mudah dimengerti sehingga dapat menunjukkan kesalahan yang terjadi pada kemajuan kegiatan dan mengestimasi gangguan yang mungkin akan terjadi. Namun, *Line of Balance* memiliki kekurangan yaitu metode ini menyebabkan peningkatan biaya akibat adanya peningkatan kegiatan tiap minggunya.

2.4. Aplikasi Penjadwalan *Linear Scheduling* Dengan *Stochastic Linear Scheduling Method* Pada Proyek Pembangunan *Breakwater* Di Pelabuhan Kalibaru

Novalrio, Latief dan Andhika (2012) mengadakan penelitian dengan tujuan untuk menentukan seberapa jauh pergeseran penjadwalan Proyek *Breakwater* pada masing-masing aktivitas dari penjadwalan eksisting dengan prediksi penjadwalan akan datang.

Metode penelitian ini diawali dengan studi literatur, survey lapangan dan pengumpulana data, baik primer maupun sekunder. Dari data yang diperoleh dilanjutkan Pembuatan Model Produktivitas dan Pembuatan LSM Perencanaan, yang dilanjutkan dengan peramalan produktivitas dengan *Stochastic Linear Scheduling Method* . Langkah selanjutnya dilakukan analisis hasil dengan metode *black out* dan metode konvensional.

Hasil dari penelitian adalah hipotesis mengenai permasalahan biaya dan waktu pemasangan bekisting pada pekerjaan kolom beton. Pada hasil perhitungan, analisis, temuan dan bahasan didapat beberapa kesimpulan dari penelitian perbandingan metode pelaksanaan pemasangan bekisting dengan metode *block out* dengan metode konvensional, yaitu :

1. Biaya pelaksanaan pekerjaan kolom lantai 1 s/d 5 pada Proyek Gran Rubina *Office Tower* dengan menggunakan metode konvensional menghabiskan biaya sebesar Rp. 2.775.826.976,61 sedangkan dengan menggunakan metode *block out* menghabiskan biaya sebesar Rp. 2.188.105.048,42 sehingga lebih murah yaitu dengan perbedaan sebesar Rp.567.721.928,19 atau Rp. 113.544.385,64/lantai sehingga efisiensi biaya yang dapat dilakukan sebesar 20,6 %.
2. Waktu pelaksanaan pekerjaan kolom lantai 1 s.d 5 pada Proyek Gran Rubina *Office Tower* dengan menggunakan metode *block out* menghabiskan waktu sebesar 33 hari sedangkan metode konvensional menghabiskan waktu sebesar 45 hari sehingga efisiensi waktu yang bisa dilakukan adalah sebesar 12 hari.

3. Hasil pengecoran dengan menggunakan metode *block out* lebih rapi dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini disebabkan oleh pada metode konvensional pengecoran kolom 2 dilakukan 2 kali yaitu pada bagian badan kolom dan kepala kolom yang paralel dengan balok dan pelat.

2.5. Analisis Penjadwalan Ulang Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Dengan *Line of Balance* (Studi Kasus Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016)

Prasetyo (2017) mengadakan penelitian dengan tujuan untuk mendapatkan penjadwalan ulang pada Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016 dengan metode penjadwalan *Line of Balance* serta mengetahui cara untuk meningkatkan produktivitas.

Metode penelitian yang dilakukan adalah pengumpulan data berupa Gambar Proyek, Penjadwalan dengan Kurva S, Rencana Anggaran Biaya dan Produktivitas Kelompok Kerja, yang dilanjutkan dengan penjadwalan ulang dengan metode *Line of Balance* dengan beberapa variasi. Hasil tersebut dianalisis dengan analisis *trial and error*.

2.6. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis

Perbedaan dengan penelitian lain yang sejenis antara penelitian penulis dengan penelitian sebelumnya tertuang dalam Tabel 2.1. di bawah ini :

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (1/11)

No	Peneliti/Judul	Tujuan
1	<p>Arianto (2010)</p> <p>Eksplorasi Metode Bar Chart, CPM, PDM, PERT, LINE OF BALANCE dan TIME CHAINAGE DIAGRAM Dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi”</p>	<p>1. Mencari metode perencanaan dan penjadwalan yang umum dipakai di Indonesia</p> <p>2. membandingkan masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek untuk mencari karakter yang sesuai dengan sifat proyek dan melakukan simulasi masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek serta menganalisa kelebihan dan kekurangannya</p>
2	<p>Sanjaya dan Syahrizal (2014)</p> <p>“Studi Perbandingan Penjadwalan Proyek Metode Line of Balance Dan Precedence Diagram Method (PDM) Pada Pekerjaan Berulang (Repetitif)”</p>	<p>mengetahui sejauh mana efektifitas metode Line of Balance dan PDM mampu merencanakan penjadwalan proyek pada proyek konstruksi yang melakukan pekerjaan berulang dengan tetap mempertahankan kontinuitas pekerjaan sehingga penggunaan sumber daya menjadi tak terputus dan mengetahui kelebihan dan kelemahan metode Line of Balance dan PDM jika digunakan pada proyek konstruksi yang melakukan pekerjaan berulang, dalam hal ini yang menjadi obyek studi adalah Proyek Perumahan Maysa Tamansari Residence, yang berlokasi di Jalan Setia Budi Pasar 2 Tanjung Sari, Medan</p>

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (2/11)

No	Peneliti/Judul	Tujuan
3	Sanjaya dan Prawira (2014) Pengendalian Proyek Dengan Metode Keseimbangan Garis (<i>Line of Balance</i>) (Studi Kasus Pada Proyek Perumahan Maysa Tamansari Residence)	untuk menganalisis pengendalian proyek dengan metode bagian Linear setimbang (<i>Line of Balance</i>) dalam penjadwalan proyek untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya.
4	Novalrio, Latief dan Andhika (2012) Aplikasi Penjadwalan <i>Linear Scheduling</i> Dengan <i>Stochastic Linear Scheduling Method</i> Pada Proyek Pembangunan <i>Breakwater</i> Di Pelabuhan Kalibaru	menentukan seberapa jauh pergeseran penjadwalan Proyek <i>Breakwater</i> pada masing-masing aktivitas dari penjadwalan eksisting dengan prediksi penjadwalan akan datang
5	Prasetyo (2017) Analisis Penjadwalan Ulang Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Dengan <i>Line of Balance</i> (Studi Kasus Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016)	untuk mendapatkan penjadwalan ulang pada Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016 dengan metode penjadwalan <i>Line of Balance</i> serta mengetahui cara untuk meningkatkan produktivitas.

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (3/11)

No	Peneliti	Metode
1	Arianto (2010)	Metode penelitian yang digunakan adalah dengan dengan pengumpulan data baik data primer maupun data sekunder. Setelah data terkumpul dilakukan analisis data dan elaborasi dari penjadwalan proyek yang ada berupa metode <i>Bar Chat</i> yang diubah ke dalam bentuk metode <i>CPM, PDM, PERT, Line Of Balance</i> dan <i>Time Chainage Diagram</i>
2	Sanjaya dan Syahrizal (2014)	Metode penelitian yang digunakan adalah dengan dengan pengumpulan data , baik data primer maupun data sekunder. Setelah data terkumpul dilakukan dengan penjadwalan ulang dengan <i>Line of Balance</i> dan <i>PDM</i> , kemudian dianalisis dengan parameter perbandingan durasi waktu proyek, kontinuitas sumber daya/tenaga kerja, tingkat kemajuan proyek dan hubungan ketergantungan antar kegiatan.

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (4/11)

No	Peneliti	Metode
3	Sanjaya dan Prawira (2014)	Metode penelitian yang digunakan adalah dengan dengan pengumpulan data , baik data primer maupun data sekunder. Setelah data terkumpul membuat work breakdown struktur berdasarkan data yang ada, kemudian menganalisis konflik yang ada untuk 1 couple 2 (dua) rumah. Langkah selanjutnya adalah memberikan <i>buffer time</i> untuk menghindari terjadinya konflik, kemudian membuat <i>Barchart</i> untuk 3 couple yang diikuti analisis konflik yang terjadi. Langkah terakhir membuat Diagram Line of Balance untuk couple (6 unit) rumah
4	Novalrio, Latief dan Andhika (2012)	diawali dengan studi literatur, survey lapangan dan pengumpulana data, baik primer maupun sekunder. Dari data yang diperoleh dilanjutkan Pembuatan Model Produktivitas dan Pembuatan LSM Perencanaan, yang dilanjutkan dengan peramalan produktivitas dengan Stochastic <i>Linear Scheduling Method</i> . Langkah selanjutnya dilakukan analisis hasil dengan metode <i>black out</i> dan metode konvensional.
5	Prasetyo (2017)	Metode penelitian yang dilakukan adalah pengumpulan data berupa Gambar Proyek, Penjadwalan dengan Kurva S, Rencana Anggaran Biaya dan Produktivitas Kelompok Kerja, yang dilanjutkan dengan penjadwalan ulang dengan metode <i>Line of Balance</i> dengan beberapa variasi. Hasil tersebut dianalisis dengan analisis <i>trial and error</i> .

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (5/11)

No	Peneliti	Hasil
1	Arianto (2010)	<p>1. Metode <i>Bar Chart</i> masih sangat populer di dalam penjadwalan proyek konstruksi di Indonesia dan dapat digunakan untuk berbagai jenis proyek konstruksi, di mana dari hasil analisa data pada penelitian ini hanya 13% (2 proyek) yang menggunakan PDM, sedangkan 87% (13 proyek) lainnya masih menggunakan metode <i>Bar Chart</i>.</p> <p>2. Bahwa berbagai metode perencanaan dan penjadwalan proyek tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing dalam penjadwalan proyek konstruksi, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. <i>Bar Chart</i> bersifat visual, sederhana dan mudah untuk dimengerti, tetapi tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis proyek, serta tidak dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek. b. Metode jaringan kerja (CPM, PDM, PERT) memiliki keandalan dalam menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan menentukan lintasan kritis kegiatan proyek sehingga kegiatan yang menjadi prioritas apabila terjadi keterlambatan dapat diketahui, tetapi tidak dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek.

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (6/11)

No	Peneliti	Hasil
		<p>c. Line of Balance dan <i>Time Chainage Diagram</i> dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek dengan melihat ada tidaknya diagram batang yang saling berpotongan, tetapi tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis kegiatan proyek.</p> <p>3. Metode jaringan kerja (CPM, PDM, PERT) cocok untuk proyek yang bersifat kompleks karena dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan memiliki teknik hitungan matematis.</p> <p>4. PDM memiliki tampilan yang relatif lebih sederhana bila dibandingkan dengan CPM sehingga lebih cocok digunakan untuk proyek yang berulang daripada CPM, misalnya pada proyek <i>Teaching Hospital</i> Gedung A.</p> <p>5. Khusus untuk PERT memiliki metode tersendiri dalam memperkirakan kemungkinan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, di mana PERT menggunakan 3 macam durasi waktu untuk masing-masing kegiatan, yaitu: a = durasi waktu optimistik, m = durasi waktu yang paling mungkin, dan b = durasi waktu pesimistik. Cocok untuk proyek yang memiliki resiko tinggi.</p> <p>6. Berdasarkan analisa dengan metode PERT, waktu penyelesaian proyek dengan kemungkinan 99% untuk <i>Teaching Hospital</i> Gedung A adalah 490 hari, Demak <i>Bypass</i> adalah 580 hari, sedangkan untuk proyek <i>Graving Dock</i> adalah 630 hari.</p>

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (7/11)

No	Peneliti	Hasil
		<p>7. Line of Balance dan <i>Time Chainage Diagram</i> sesuai untuk proyek yang memiliki kegiatan berulang/linier karena dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek pada waktu dan tempat tertentu, misalnya pada proyek Jalan Demak <i>Bypass</i>.</p> <p>8. Agar dapat saling menutupi kekurangan masing-masing metode, maka sebaiknya tidak hanya menggunakan satu metode perencanaan dan penjadwalan proyek, tapi juga dapat mengombinasikannya dengan metode yang lain. Misalnya PDM dengan Line of Balance pada proyek yang memiliki item kegiatan berulang, yaitu dengan cara membuat PDM-nya terlebih dahulu, kemudian mentransfernya ke dalam Line of Balance sehingga dapat diketahui item kegiatan mana yang saling mengganggu dan yang mengalami <i>delay</i> seiring meningkatnya jumlah kegiatan dalam <i>network</i>.</p> <p>9. Dari kekurangan dan kelebihan masing-masing metode di atas, maka penyedia jasa konstruksi dan <i>owner</i> sebaiknya minimal dapat mengetahui dan menerapkan metode <i>Bar Chart</i> dan PDM sehingga dapat mengetahui lintasan kritis kegiatan proyek. Akan lebih baik lagi jika ditambah dengan PERT sehingga probabilitas waktu penyelesaian proyek dapat diketahui.</p>

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (8/11)

No	Peneliti	Hasil
2	Sanjaya dan Syahrizal (2014)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode Line of Balance dan PDM mampu merencanakan penjadwalan proyek pada pekerjaan berulang (repetitif) dengan tetap menjaga kontinuitas penggunaan tenaga kerja ditandai dengan tidak adanya work break pada pekerjaan. 2. Kelebihan penjadwalan proyek metode Line of Balance dibandingkan metode PDM adalah: <ol style="list-style-type: none"> d. Analisa perhitungan penjadwalan proyek relatif sederhana. e. Penampakan visual diagram penjadwalan mudah dibaca dan dipahami. f. Dapat diketahui tingkat kemajuan proyek harian ataupun mingguan. 3. Kelemahan penjadwalan proyek metode Line of Balance dibandingkan metode PDM adalah: <ol style="list-style-type: none"> d. Hubungan ketergantungan antar kegiatan terutama untuk kegiatan yang memiliki lebih dari satu hubungan ketergantungan kurang jelas. e. Untuk pekerjaan yang lebih kompleks dengan item pekerjaan yang banyak relatif sulit. f. Dana yang dibutuhkan cenderung konstan selama durasi proyek sehingga pihak kontraktor harus menyediakan dana yang cukup besar sejak awal proyek. 4. Penjadwalan proyek dengan penggunaan tenaga kerja yang kontinyu hanya bisa diterapkan pada proyek-proyek yang memiliki pekerjaan yang berulang (repetitif). 5. Penggunaan metode Line of Balance dan PDM sekaligus dalam penjadwalan dapat memberikan hasil penjadwalan yang baik, baik dari segi kontinuitas tenaga kerja maupun hubungan ketergantungan antar kegiatan.

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (9/11)

No	Peneliti	Hasil
3	Sanjaya dan Prawira (2014)	<p>Hasil dari penelitian ini adalah waktu total yang diperlukan menyelesaikan proyek tersebut untuk 1 couple (2 unit) adalah 20 minggu, sedangkan untuk 3 couple (6 unit) dengan metode keseimbangan garis (<i>Line of Balance</i>) adalah 58 minggu. Dengan menggunakan <i>Line of Balance</i> dapat terlihat sumber daya yang terus berkelanjutan (<i>continue</i>) tanpa adanya pemutusan sehingga sumber daya dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya dan percepatan waktu penyelesaian proyek akibat adanya pengoptimalan sumberdaya. <i>Line of Balance</i> mampu menyajikan tingkat produktifitas dan informasi durasi dalam bentuk format grafik yang lebih mudah dimengerti sehingga dapat menunjukkan kesalahan yang terjadi pada kemajuan kegiatan dan mengestimasi gangguan yang mungkin akan terjadi. Namun, <i>Line of Balance</i> memiliki kekurangan yaitu metode ini menyebabkan peningkatan biaya akibat adanya peningkatan kegiatan tiap minggunya.</p>

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (10/11)

No	Peneliti	Hasil
4	Novalrio, Latief dan Andhika (2012)	<p>Hasil dari penelitian adalah hipotesis mengenai permasalahan biaya dan waktu pemasangan bekisting pada pekerjaan kolom benar. Pada hasil perhitungan, analisis, temuan dan bahasan didapat beberapa kesimpulan dari penelitian perbandingan metode pelaksanaan pemasangan bekisting dengan metode <i>block out</i> dengan metode konvensional, yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Biaya pelaksanaan pekerjaan kolom lantai 1 s/d 5 pada Proyek Gran Rubina <i>Office Tower</i> dengan menggunakan metode konvensional menghabiskan biaya sebesar Rp. 2.775.826.976,61 sedangkan dengan menggunakan metode <i>block out</i> menghabiskan biaya sebesar Rp. 2.188.105.048,42 sehingga lebih murah yaitu dengan perbedaan sebesar Rp.567.721.928,19 atau Rp. 113.544.385,64/lantai sehingga efisiensi biaya yang dapat dilakukan sebesar 20,6 %. 2. Waktu pelaksanaan pekerjaan kolom lantai 1 s.d 5 pada Proyek Gran Rubina <i>Office Tower</i> dengan menggunakan metode <i>block out</i> menghabiskan waktu sebesar 33 hari sedangkan metode konvensional menghabiskan waktu sebesar 45 hari sehingga efisiensi waktu yang bisa dilakukan adalah sebesar 12 hari. 3. Hasil pengecoran dengan menggunakan metode <i>block out</i> lebih rapi dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini disebabkan oleh pada metode konvensional pengecoran kolom 2 dilakukan 2 kali yaitu pada bagian badan kolom dan kepala kolom yang paralel dengan balok dan pelat.
5	Prasetyo (2017)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penjadwalan <i>Line of Balance</i> yang optimal (didasarkan pada peningkatan produktivitas pekerjaan pasangan batu kali untuk saluran (2 kali), pekerjaan plesteran,

Tabel 2.1. Perbedaan Dengan Penelitian Lain Yang Sejenis (11/11)

No	Peneliti	Hasil
		<p>pekerjaan pembesian, pekerjaan leuneng, pekerjaan aspal dan penambahan <i>buffer</i> pada pekerjaan bekisting, pekerjaan cor beton sehingga tanpa konflik) didapatkan pada Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 4 dengan durasi 47 hari.</p> <p>2. Peningkatan produktivitas untuk proyek ini dengan cara penambahan tenaga kerja.</p>



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Proyek

3.1.1. Definisi

Kegiatan Proyek adalah kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliveable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1999).

3.1.2. Sasaran Proyek

Setiap proyek memiliki tujuan yang khusus, dimana untuk mencapai tujuan tersebut ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tersebut merupakan parameter yang sangat penting bagi penyelenggaraan proyek yang diasosiasikan sebagai sasaran proyek. Ketiga batasan tersebut di atas disebut tiga kendala (*triple constraint*) (Soeharto, 1999).

3.1.3. Siklus Proyek

Siklus Proyek menurut *Project Manajement Institude (IPM)* (Soeharto, 1999) adalah :

1. Tahap Konseptual
 - a. Perumusan gagasan
 - b. Kerangka acuan
 - c. Studi kelayakan
 - d. Indikasi dimensi lingkup proyek
 - e. Indikasi biaya dan jadwal
2. Tahap PP/Definisi
 - a. Pendalaman berbagai aspek persoalan
 - b. Desain-engineering dan pengembangan
 - c. Pembuatan jadwal induk dan anggaran, menentukan kelanjutan investasi

- d. Penyusunan strategi penyelenggaraan dan rencana pemakaian sumber daya
 - e. Pembekian dini
 - f. Penyiapan perangkat dan peserta
3. Tahap Implementasi
- a. Desain-engineering terinci
 - b. Pembuatan spesifikasi dan kriteria
 - c. Pembelian peralatan dan material
 - d. Pabrikasi dan konstruksi
 - e. Inspeksi Mutu
 - f. Mechanical “Completion”
4. Tahap Terminasi
- a. Start-up
 - b. Demobilisasi laporan penutupan
 - c. Tahap Operasi atau Utilisasi

3.2. Penjadwalan

3.2.1. Definisi

Dalam perencanaan proyek seorang pengambil keputusan dihadapkan pada pilihan dalam menetapkan sumber daya yang tepat. Salah satu bagian perencanaan adalah penjadwalan (*scheduling*), di mana penjadwalan ini merupakan gambaran dari suatu proses penyelesaian dan pengendalian proyek. Dalam penjadwalan ini akan tampak uraian pekerjaan, durasi atau waktu penyelesaian setiap pekerjaan, waktu mulai dan akhir setiap pekerjaan dan hubungan ketergantungan antara masing-masing kegiatan.

Menurut Faisol (2010) dalam Mata Kuliah Perencanaan, Penjadwalan dan Pengendalian Proyek , Penjadwalan adalah perencanaan pembagian waktu dan hubungan antar pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Menurut Husen (2010), penjadwalan adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan satu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada.

3.2.2. Tujuan

Menurut Faisol (2010) dalam Mata Kuliah Perencanaan, Penjadwalan dan Pengendalian Proyek, tujuan dari penjadwalan adalah :

- a. Mengetahui hubungan antar pekerjaan, baik yang mendahului (*predecessor*) maupun yang mengikuti (*successor*);
- b. Mengetahui durasi tiap pekerjaan dan durasi proyek;
- c. Mengetahui waktu mulai dan waktu akhir setiap pekerjaan;
- d. Sebagai alat penyediaan dan pengendalian sumber daya :
 - i. Dana
 - ii. Material
 - iii. Alat
 - iv. Tenaga kerja
 - v. Teknologi/metoda
- e. Sebagai alat monitoring, pengendalian dan evaluasi proyek.

3.2.3. Metode Penjadwalan *Line of Balance*

Pada umumnya penjadwalan proyek dikerjakan oleh konsultan perencana dan kemudian dikoordinasikan dengan kontraktor dan pemilik (*owner*) dengan ketentuan yang telah disepakati dalam kontrak. Dengan demikian, maka penjadwalan waktu setiap kegiatan proyek perlu diatur secara efisien dan seoptimal mungkin sehingga tidak akan terjadi keterlambatan penjadwalan waktu, maka kontraktor membuat pengelolaan penjadwalan proyek sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi yang direncanakan dan kondisi di lapangan pada waktu pelaksanaan, serta mudah untuk dimonitoring pada setiap waktu. Metode penjadwalan waktu (*time scheduling*) yang digunakan pada penelitian ini adalah *Line of Balance* .

Line of Balance diperkenalkan oleh perusahaan Goodyear pada awal tahun 1940 dan dikembangkan oleh Departemen Angkatan Laut AS untuk pemrograman dan pengendalian proyek-proyek yang bersifat repetitif. Kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *Nation Building Agency* di Inggris untuk proyek-proyek perumahan yang bersifat repetitif, di mana alat penjadwalan yang berorientasi pada sumber daya ini ternyata lebih sesuai dan realistis daripada alat

penjadwalan yang berorientasi dominasi kegiatan. Metode ini kemudian diadaptasi untuk perencanaan dan pengendalian proyek (Lumsden, 1968), di mana produktivitas sumber daya dipertimbangkan sebagai bagian yang penting.

Line of Balance adalah metode yang menggunakan keseimbangan operasi, yaitu tiap-tiap kegiatan adalah kinerja yang terus menerus. Keuntungan utama dari metodologi *Line of Balance* adalah menyediakan tingkat produktivitas dan informasi durasi dalam bentuk format grafik yang lebih mudah. Selain itu, plot *Line of Balance* juga dapat menunjukkan dengan sekilas apa yang salah pada kemajuan kegiatan, dan dapat mendeteksi potensial gangguan yang akan datang. Dengan demikian, *Line of Balance* mempunyai pemahaman yang lebih baik untuk proyek-proyek yang tersusun dari kegiatan berulang daripada teknik penjadwalan yang lain, karena *Line of Balance* memberikan kemungkinan untuk mengatur tingkat produktivitas kegiatan, mempunyai kehalusan dan efisiensi dalam aliran sumber daya, dan membutuhkan sedikit waktu dan upaya untuk memproduksinya daripada penjadwalan network (Arditi dan Albulak, 1986).

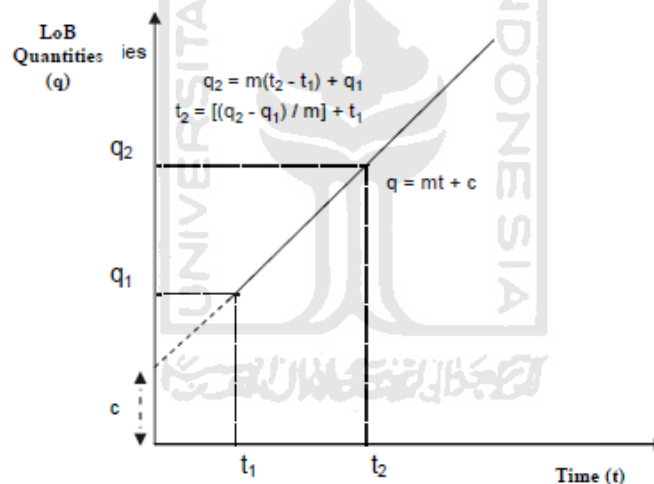
Metode ini cukup efektif untuk digunakan pada proyek bangunan bertingkat dengan keragaman masing-masing tingkat bangunan relatif sama. Pada proyek yang cukup besar, metode ini membantu memonitor kemajuan beberapa kegiatan tertentu yang berada dalam suatu penjadwalan keseluruhan proyek. Hal ini dapat dilakukan bila dikombinasikan dengan metode *Network*, karena metode penjadwalan linear dapat memberikan informasi tentang kemajuan proyek yang tidak dapat ditampilkan oleh metode *Network* (Husen, 2008).

Di dalam berbagai literatur Internasional biasanya *Line of Balance* ditunjukkan sebagai alat penjadwalan yang hanya cocok untuk proyek-proyek yang tersusun atas kegiatan berulang, dan tidak cocok untuk proyek *non-repetitive* (Arditi et al., 2002). Namun di Finlandia, *Line of Balance* telah menjadi alat penjadwalan yang pokok pada perusahaan besar konstruksi sejak tahun 1980 an, di mana *Line of Balance* digunakan untuk penjadwalan proyek-proyek yang spesial dan proyek konstruksi *residential* (Kiiras, 1989; Kankainen dan Sandvik, 1993) dengan menggunakan bantuan *software* DYNAProject. Keuntungan yang didapat dengan bantuan *software* ini antara lain, yaitu : meminimalkan resiko

penjadwalan, menjadi cara analisis alternatif yang lebih baik, mempercepat durasi proyek, cepat dalam memeriksa kelayakan jadwal, menjadi standar pelaporan kemajuan waktu riil untuk manajemen dan memungkinkan optimasi kontrol kegiatan.

3.2.3.1. Teknik Perhitungan *Line of Balance*

Format dasar dari *Line of Balance* adalah *Time* diplotkan pada sumbu horizontal dan *unit number* pada sumbu vertikal (Mawdesley et al., 1997). Konsep *Line of Balance* didasarkan pada pengetahuan tentang bagaimana unit yang banyak harus diselesaikan pada beberapa hari agar program pengiriman unit dapat dicapai (Lumsden, 1968). Karena kecepatan pengiriman m diasumsikan konstan, maka hubungan antara *Line of Balance* kuantitas q dan waktu t adalah linier. Hal ini ditunjukkan dalam Gambar 3.1. sebagai garis miring.



Gambar 3.1. Hubungan antara *Line of Balance* Kuantitas q dan waktu t
(Sumber : Arditi et al., 2002⁽²⁾)

Terlihat dari gambar 3.1. di atas hubungan antara *Line of Balance* kuantitas q dan waktu t adalah linier dengan rumus sebagai berikut:

$$q = mt + c \dots \dots \dots (3.1)$$

Di mana : q adalah kuantitas unit pada *Line of Balance* ; m adalah kecepatan pengiriman

t adalah waktu; c adalah konstanta

Karena nilai c berimpitan dengan sumbu q , maka diperoleh rumus:

$$q_2 = m(t_2 - t_1) + q_1, \text{ atau} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$t_2 = [(q_2 - q_1) / m] + t_1 \dots\dots\dots (3.3)$$

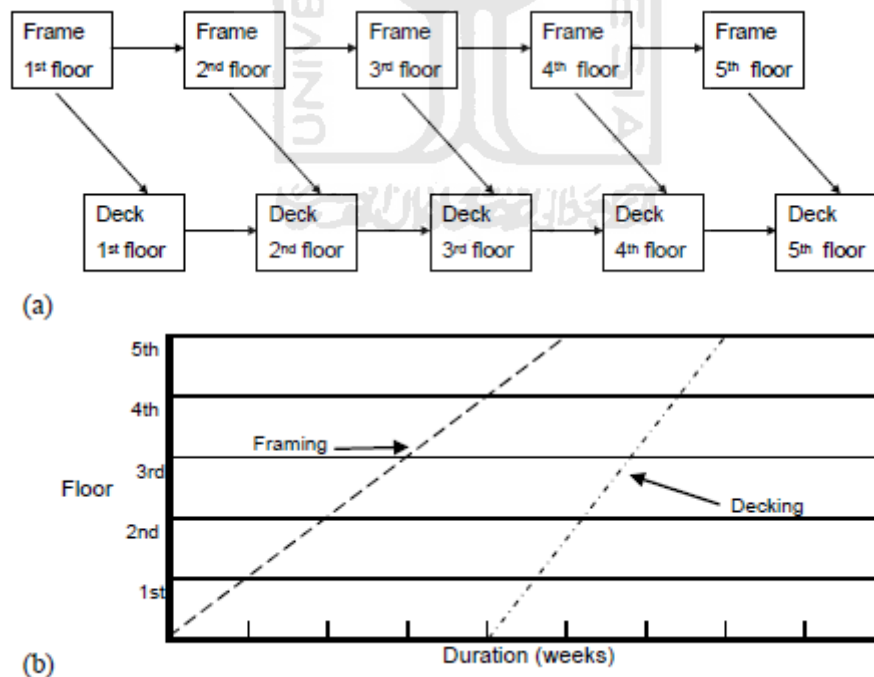
Di mana : q_1 adalah kuantitas unit ke-1 pada *Line of Balance* ; t_1 adalah waktu untuk unit ke-1

q_2 adalah kuantitas unit ke-2 pada *Line of Balance* ; t_2 adalah waktu untuk unit ke-2

Line of Balance didefinisikan atas dasar sebagai berikut (Mawdesley, 1997) :

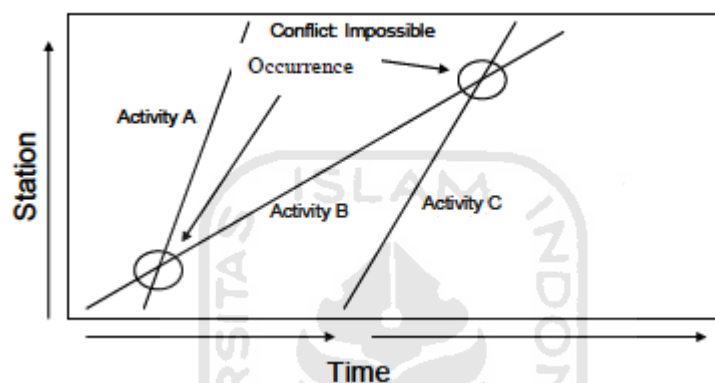
1. Berdasarkan pada tingkat pengiriman atau *handover rate*
2. Logika konstruksi dasar dari unit yang berulang digambarkan dalam bentuk sebuah Network yang disebut dengan “Production Diagram”.
3. Konstanta dari pada tingkat produksi biasanya menggunakan satuan jumlah unit/unit time.

Apabila dibandingkan dengan metode *network* (misalnya *precedence diagram*) *Line of Balance* terlihat lebih sederhana untuk penjadwalan proyek berulang, seperti bangunan bertingkat (lihat pada Gambar 3.2.).



Gambar 3.2. Contoh Format *Line of Balance* Yang Menunjukkan Informasi Yang Dimuat dalam PDM (Sumber : *Hinze, 2008*)

Garis aktifitas pada metode *Line of Balance* tidak boleh saling berpotongan (*no cross*) atau dengan kata lain rangkaian aktivitasnya tidak boleh saling mengganggu atau saling mendahului. Artinya progress atau kemajuan pekerjaan dari aktifitas yang mengikuti (*successor*) tidak boleh mendahului aktifitas yang mendahuluinya (*predecessor*). Bila ini sampai terjadi, maka akan terjadi konflik kegiatan atau dapat mengganggu semua jalannya proyek tersebut (Hinze, 2008).

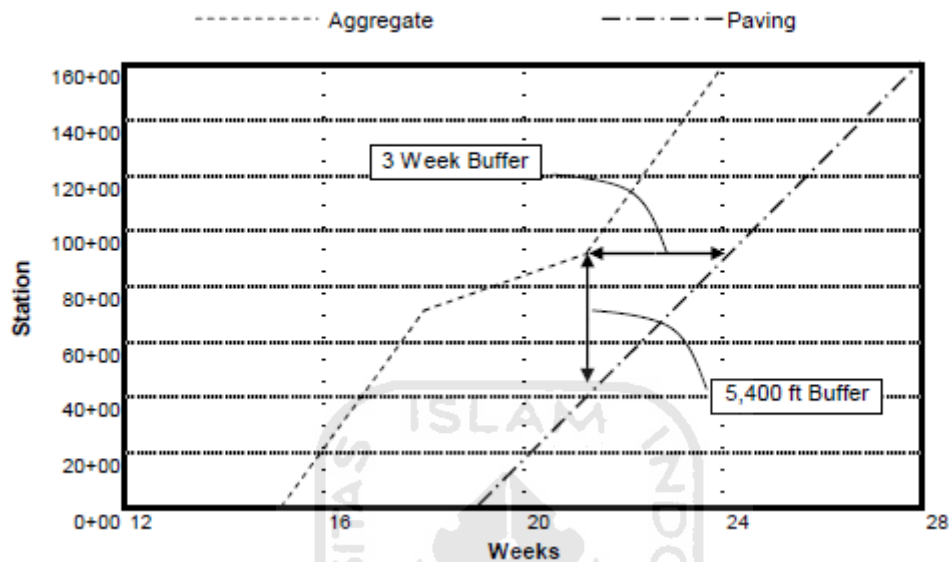


Gambar 3.3. Penjadwalan *Line of Balance* Yang Menunjukkan Adanya Konflik Yang Harus Dihindari (Sumber : *Hinz*, 2008)

3.2.3.2. Buffer

Buffer adalah penyerapan yang memungkinkan untuk mengatasi gangguan antara tugas – tugas atau lokasi yang berdekatan. *Buffer* merupakan komponen dari hubungan logika antara dua tugas tapi yang dapat menyerap penundaan. *Buffer* tampak sangat mirip dengan kelambanan (*float*), yang digunakan untuk melindungi jadwal dan dimaksudkan untuk menyerap variasi kecil dalam produksi (Kenley dan Seppanen, 2009). Ada dua jenis buffer di dalam *Line of Balance* , yaitu *time buffer* dan *distance/space buffer* (Hinze, 2008). *Time Buffer* adalah suatu jarak horizontal yang diberikan pada suatu aktivitas dengan aktivitas pengikutnya sehingga aktivitas pengikut diperkenankan dikerjakan setelah mencapai suatu durasi tertentu. Pada gambar 3.4. ditunjukkan pada garis horisontal yang bersatuan *3 week buffer*. Sedangkan *distance/space buffer* adalah suatu jarak vertikal yang diberikan pada suatu aktivitas dengan aktivitas pengikutnya sehingga aktivitas pengikut diperkenankan dikerjakan setelah

mencapai suatu jumlah tertentu. Pada Gambar 3.4. ditunjukkan vertikal yang mempunyai satuan 5.400 feet buffer. Pengukuran buffer pada Gambar 3.4 dilakukan pada jarak terdekat antara kedua garis tersebut.



Gambar 3.4.
(Sumber : *Hinze*, 2008)

Buffer ini biasanya disebabkan oleh (Setianto, 2004) :

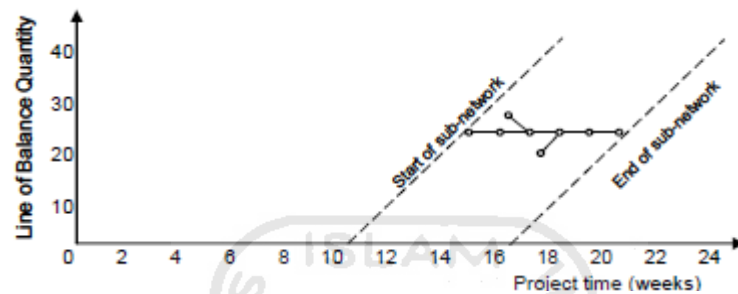
1. Kecepatan produksi yang berbeda di mana kegiatan yang mendahului mempunyai kecepatan produksi yang lebih lambat dari kegiatan yang mengikuti.
2. Perbaikan dan keterbatasan peralatan
3. Keterbatasan material
4. Variasi jumlah kelompok pekerja di mana kegiatan yang mendahului menggunakan kelompok pekerja yang lebih banyak daripada kegiatan yang mengikuti.

3.2.3.3. Metodologi Berbasis Lokasi

Ada dua sub-divisi utama dari metode berbasis lokasi, tergantung pada apakah fokusnya adalah pada berkelanjutan penyelesaian unit repetitif (seperti yang ditemukan dalam produksi pabrik berulang, atau proyek linier) atau fokus pada lokasi fisik penyelesaian variabel (lebih khas pada komersial konstruksi) (Kenley and Seppänen, 2009).

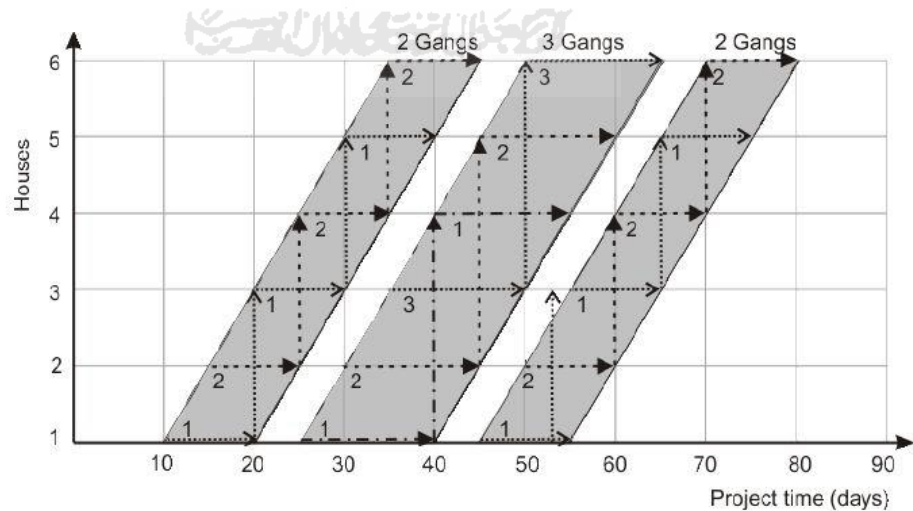
a. **Unit Produksi**

Dengan unit produksi, penekanannya pada perhitungan unit produksi per periode waktu. Metode ini menggunakan garis miring pada dimulainya (suatu kegiatan berulang atau sub-jaringan) dan garis selesai (dari kegiatan yang sama atau sub-jaringan) ada grafik produksi terhadap waktu, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.5.
(Sumber : Kenley dan Seppanen, 2009)

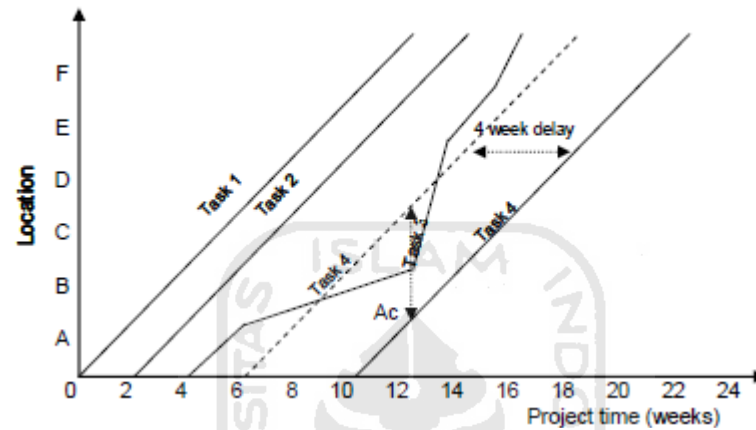
Masing-masing unit tidak peduli dengan *Line of Balance*. Kuncinya adalah tingkat produksi dari kuantitas *Line of Balance* (kumulatif produksi), yaitu untuk menyeimbangkan tingkat perbedaan proses produksi, serta menggunakan *buffer* untuk memungkinkan variabilitas.



Gambar 3.6. Keseimbangan Produksi dan Tiga Tugas dalam Line of Balance
(Sumber : Kenley dan Seppanen, 2009)

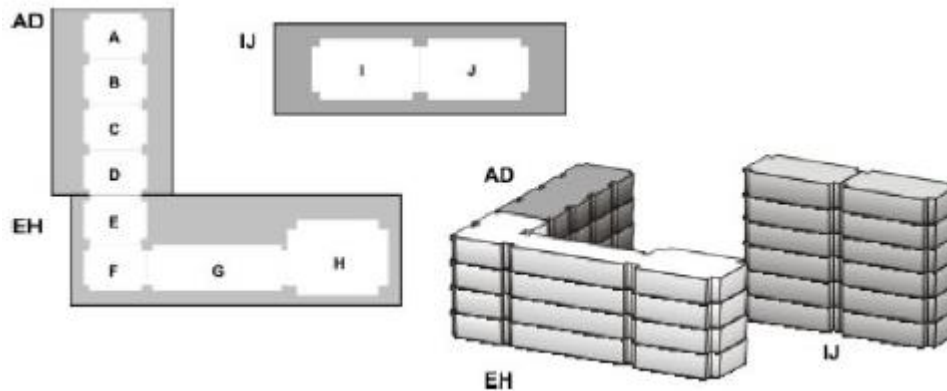
b. Lokasi Produksi

Dengan lokasi produksi, penekanannya pada pelaksanaan pekerjaan dalam lokasi dan tingkat penyelesaian sekuensial. Ini membentuk satu baris untuk setiap tugas yang dimulai di bagian bawah lokasi dan finishing di bagian atas lokasi. Setelah satu lokasi selesai, tugas itu terus ke lokasi kedua. Hal ini ditandai oleh representasi *flowline* seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.

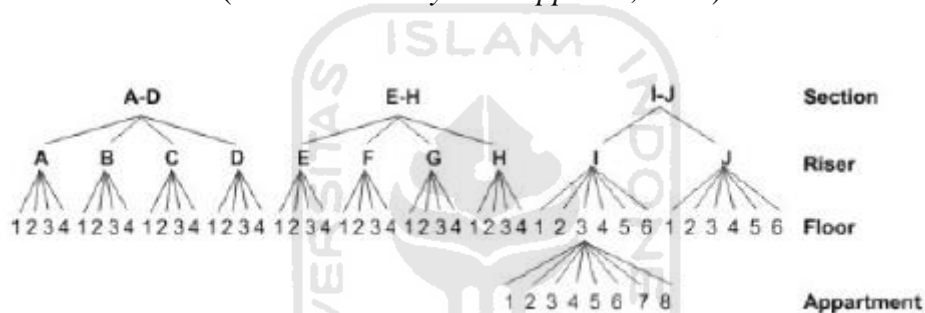


Gambar 3.7. *Flowline* dari Empat Tugas Yang Menunjukkan *Delay*
(Sumber : Kenley dan Seppanen, 2009)

Fokusnya adalah pada tingkat produksi pada lokasi individu, yaitu untuk mendukung aliran sumber daya pada proses produksi melalui lokasi serta menggunakan *buffer* yang memungkinkan untuk variabilitas. Lokasi lebih kompleks dibandingkan unit produksi, yang dapat ditangani dengan numerik. Lokasi memerlukan pengorganisasian hirarki struktur rincian lokasi (*LBS/Location Breakdown Structure*) dengan konsekuensi mengambil manfaat pada realitas fisik serta mengatur pekerjaan di site LBS yang berhubungan dengan fisik rincian proyek, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.8, di mana LBS seperti yang akan ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.8. *Layout* Proyek Tipikal Untuk Persiapan LBS
(Sumber : Kenley dan Seppanen, 2009)



Gambar 3.9. LBS Untuk Proyek Tipikal
(Sumber : Kenley dan Seppanen, 2009)

Juga harus dicatat bahwa produksi adalah lokasi fisik, tidak ada persyaratan untuk itu menjadi pengulangan. Kuantitas cenderung bervariasi (atau tidak ada) antara lokasi, dan tugas-tugas yang diperlukan mungkin berbeda antara lokasi.

3.2.3.4. Masukan Untuk *Line of Balance*

Kavanagh (1985) **menunjukkan** bahwa *Line of Balance* adalah teknik sederhana yang dirancang untuk model sederhana proses produksi berulang dan karenanya tidak siap terhadap berubah-ubahnya lingkungan konstruksi dan kompleksitasnya. Arditi dan Arbulak (1986) berkomentar tentang masalah *visual* dalam penyajian diagram *Line of Balance* dan merekomendasikan warna grafis untuk membedakan antara kegiatan yang tumpang tindih. Nale dan Neale (1989) menyebutkan bahwa *Line of Balance* bisa menunjukkan dengan jelas hanya pada jumlah informasi dan tingkat kompleksitas yang terbatas, terutama bila

menggunakan teknik ini untuk memantau kemajuan. Al Sarraj (1990) memberi *review* penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa metode Line of Balance adalah tidak diformalkan dalam bentuk pemakaian secara umum, sehingga yang digunakan pada industri konstruksi sangat terbatas.

3.3. Produktivitas

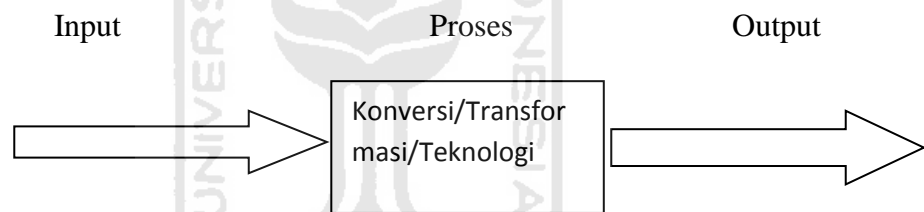
3.3.1. Definisi

Menurut Faisol (2010), definisi produktivitas adalah :

1. Perbandingan antara output dan input, dengan persamaan :

$$\text{produktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{input}} \dots\dots\dots(3.4.)$$

Dari rumus di atas, yang dimaksud input adalah tenaga, kerja, alat, material, energi dan uang, sedangkan output adalah quantity, barang atau jasa.



Gambar 3.10. Proses Produktivitas

2. Produksi/hasil dari suatu pekerjaan oleh satuan tenaga kerja dalam satu satuan waktu, dengan persamaan :

$$\text{produktivitas kelompok kerja} = \frac{\text{output (hasil pekerjaan)}}{\text{jumlah tenaga kerja - lama kerja}} \dots\dots\dots(3.5)$$

Untuk satuan produktivitas (misal pekerjaan pasangan batu) adalah m³, sedangkan satuan tenaga kerja adalah orang/kelompok kerja dan satuan waktu adalah jam/hari/bulan.

Menurut Riyanto (1986) secara teknis produktivitas adalah suatu perbandingan antara hasil yang dicapai (output) dengan keseluruhan sumber daya yang diperlukan (input).

3.3.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas

Menurut Faisol (2010) dari penelitian yang telah dilakukan, faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas kerja antara lain :

1. Tenaga Kerja

Untuk tenaga kerja sendiri, produktivitas dipengaruhi oleh :

a. Pengalaman

Seseorang atau sekelompok orang yang melakukan suatu pekerjaan yang sejenis secara berulang-ulang maka akan mengurangi jam-orang tenaga kerja untuk memproduksinya atau dengan kata lain akan meningkatkan angka produktivitas kerjanya. Misal pekerjaan pembuatan kolom bulat unit ke-8 akan lebih cepat di banding unit ke-1, penurunan waktu penyelesaian berarti peningkatan produktivitas. Penurunan waktu ini mengikuti konsep kurva belajar (*learning curve*) Besar penurunan berbeda-beda untuk setiap jenis pekerjaan.

b. Pelatihan

Pelatihan yang dimaksud adalah pekerjaan yang diberikan sebelumnya dengan tujuan meningkatkan produktivitas.

c. Motivasi

Salah satu fungsi manajemen adalah pengarahan (*directing*) dan menggerakkan SDM agar dapat melaksanakan apa yang telah direncanakan untuk mencapai tujuan organisasi. Menurut Haynes Motivasi adalah sesuatu yang ada di dalam dirinya untuk melakukan sesuatu

d. Umur

Yang dimaksud di sini, umur terlalu muda atau terlalu tua mengakibatkan produktivitas berkurang, sehingga umur yang produktif mempengaruhi produktivitas.

e. Lembur

Kerja lembur mempunyai indikasi penurunan produktivitas karena bekerja di waktu istirahat, namun hal ini tetap dilakukan demi mengejar *schedule* proyek.

f. Kepadatan Tenaga

Kepadatan tenaga kerja pada satu luasan tertentu jika mencapai titik jenuh (optimal) akan menurunkan angka produktivitas. Makin padat, makin sibuk, timbul gangguan pergerakan manusia dan alat, maka produktivitas akan menurun (indeks produktivitas naik)

g. Komunikasi

Salah satu penyebab keberhasilan/kegagalan proyek/rendahnya/tingginya produktivitas proyek atau tenaga kerja adalah memiliki/tidak memiliki sistem komunikasi yang baik

2. Kondisi Fisik Lapangan

Kondisi fisik lapangan yang baik akan berpengaruh besar terhadap peningkatan produktivitas.

3. Iklim/cuaca

Pengaruh iklim/cuaca terhadap produktivitas adalah :

- a. Udara yang panas dengan temperatur tinggi akan mempercepat rasa lelah, sehingga produktivitas turun
- b. Begitu juga pada daerah yang dingin pada waktu salju turun, produktivitas kerja turun

4. Peralatan

Peralatan yang baik dan jumlah mencukupi mendukung juga untuk peningkatan produktivitas

5. Material

Ketersediaan material yang cukup dan sesuai spesifikasi juga mendukung untuk peningkatan produktivitas

6. Ukuran Besar Proyek

7. Manajemen

Manajemen yang baik dalam pengelolaan proyek dapat meningkatkan produktivitas proyek yang sedang dilaksanakan.

Menurut Tamamengka dan Walangitan (2016), faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas adalah :

1. Keadaan Cuaca

2. Keadaan Fisik Lapangan
3. Sarana Bantu
4. Kepenyeliaan, Perencanaan dan Koordinasi
5. Komposisi Kelompok Kerja
6. Kerja Lembur
7. Ukuran Besar Proyek
8. Pekerja Langsung Versus Sub Kontraktor
9. Kurva Pengalaman
10. Kepadatan Tenaga Kerja

Menurut Musauwir (2016) faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas adalah faktor dokumen proyek, faktor material dan peralatan, faktor lingkungan, faktor internal tenaga kerja dan faktor manajemen dan organisasi.



BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengkaji dokumen Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016. Data penelitian yang dikumpulkan adalah tenaga kerja, material, alat, keuangan, harga satuan dan biaya pada Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016.

4.1. Data dan Sumber Data

Data adalah hasil pencatatan atau pengamatan penelitian yang dapat berupa fakta atau angka, dari data dan fakta serta angka yang dapat diolah untuk menjadi suatu informasi. Sumber data adalah asal/sumber darimana data diperoleh.

4.1.1. Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Gambar Proyek;
2. Penjadwalan dengan Kurva S;
3. Rencana Anggaran Biaya;
4. Kelompok Kerja.

4.1.2. Cara Mendapatkan Data

1. Melalui Dokumen Proyek

Dokumen proyek yang dimaksud adalah Gambar Proyek, Penjadwalan dengan Kurva S dan Rencana Anggaran Biaya;

2. Wawancara

Wawancara dilaksanakan pada Kontraktor Pelaksana yaitu Direktur CV X untuk mendapatkan informasi Kelompok Kerja Tukang dan Pekerja beserta produktivitasnya.

4.2. Metode Analisis

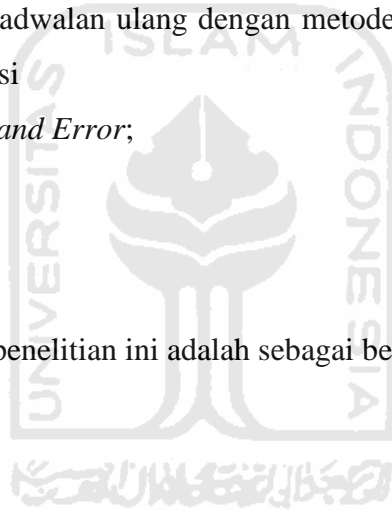
Setelah data tersebut terkumpul Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Metode *Trial and Error*. Yang dimaksud dalam hal ini, data produktivitas kerja kelompok tukang pekerja yang ada dibuat penjadwalan dengan Metode *Line of Balance* dengan berbagai variasi dengan *buffer* dan peningkatan produktivitas.

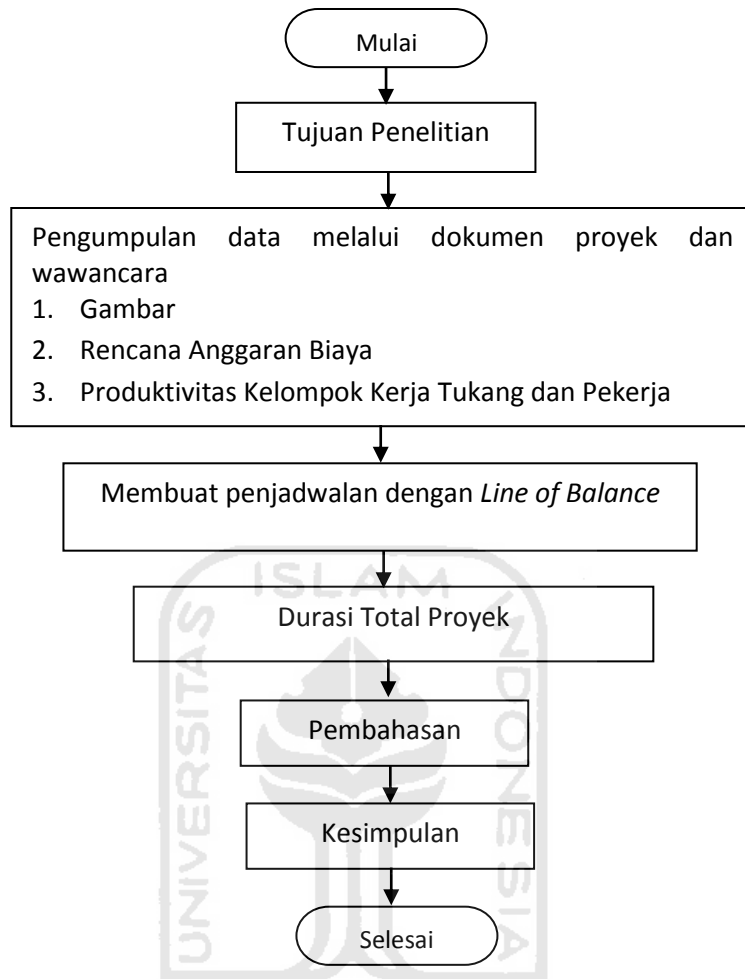
4.3. Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah :

1. Pengumpulan Data;
2. Membuat penjadwalan ulang dengan metode *Line of Balance* dengan beberapa variasi
3. Analisis *Trial and Error*;
4. Pembahasan
5. Kesimpulan

Adapun alur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :





Gambar 4.1. Diagram Alir Metode Penelitian

BAB V

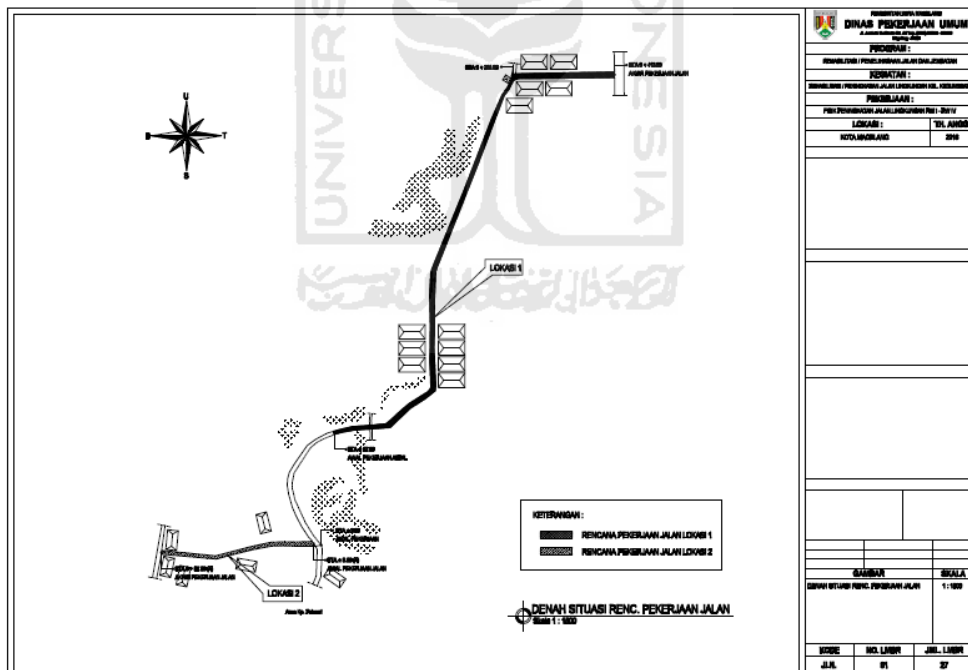
DATA, ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil pengumpulan data pada proyek konstruksi yang dijadikan sebagai studi kasus pada penelitian ini, penjadwalan dengan metode *Line of Balance*, analisis dan pembahasan.

5.1. Data

5.1.1. Gambar Denah Proyek

Pada gambar denah, diketahui bahwa untuk pekerjaan jalan ada 2 lokasi, dengan lokasi 1 adalah dari stationing 0 + 000 – 0 + 203 dan lokasi 2 stationing 0 + 000 – 0 + 305.

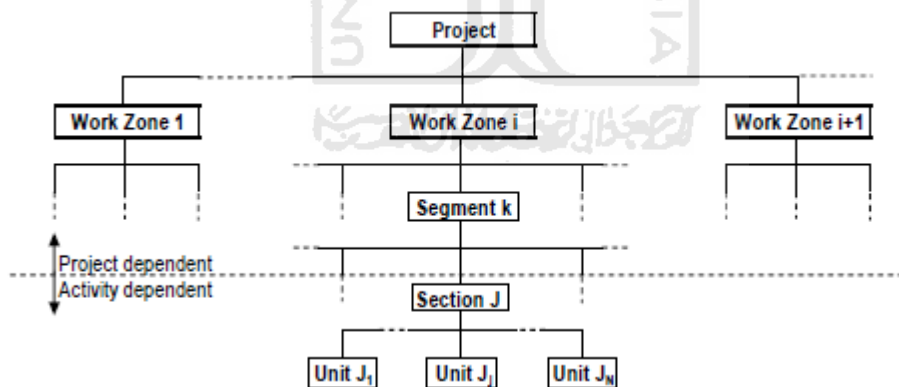


Gambar 5.1. Denah Proyek Penelitian

Penjadwalan dengan metode *Line of Balance* adalah penjadwalan pada proyek berulang, dimana proyek berulang dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori : *Line* (seperti jalan raya dan pipa) dan *nonliner* (seperti gedung bertingkat tinggi dan proyek perumahan) (Vorster et al, 1992 (dalam Arif Arianto 2010)).

Meskipun yang menyebabkan berulang adalah geometrik *layout*-nya, sedangkan yang lain disebabkan oleh kru yang mengulang tugas yang sama di semua unit. Dua perbedaan utama antara kedua kelas tersebut adalah : 1). Dalam proyek-proyek *nonLine* , unit adalah entitas fisik (misalnya, lantai di sebuah gedung bertingkat tinggi). Dengan demikian, setelah menyelesaikan pekerjaan di setiap unit, kru memerlukan waktu relokasi dari satu unit ke unit berikutnya. Hal ini tidak terjadi di proyek *Line* , dimana kru hanya maju dari satu unit ke unit berikutnya. 2) Ketika mengadopsi strategi beberapa kru dalam proyek *Line* , proyek dipecah menjadi beberapa bagian, masing-masing dilaksanakan oleh kru. Hal ini tidak terjadi pada proyek *nonLine* , dimana kru dapat ditugaskan pada unit berikutnya.

Oleh karena itu, pada tahap perencanaan dan definisi atau yang biasa dikenal dengan WBS (*Work Breakdown Structure*), setiap kegiatan di dalam proyek dibagi menjadi lebih kecil, didefinisikan dan unit secara umum dikenal sebagai paket pekerjaan (divisi). Dalam metode ini kegiatan dibagi menjadi *work zone*, *segment*, *section* dan *unit* (Hassanein dan Mosehi(dalam Arianto, 2010)) seperti gambar di bawah ini :



Gambar 5.2. WBS Proyek Jalan

(Sumber : Hassanein dan Mosehi, 2004)

Untuk Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016 yang menyebabkan berulang adalah geometrik *layout*-nya. Dari denah yang ada diketahui ada 2 lokasi jalan, namun dalam penelitian ini hanya 1 lokasi yang diteliti yaitu jalan lokasi 1,

karena pada jalan lokasi 1 **mempunyai** item pekerjaan yang berulang yang merupakan syarat dalam membuat penjadwalan dengan metode *Line of Balance*, kecuali item pekerjaan jembatan yang hanya ada pada stationing 0 + 109 – 0 + 112, untuk item pekerjaan ini diabaikan. Untuk jalan lokasi 2 juga tidak dibuat penjadwalan dengan metode di atas karena hanya mempunyai 1 item pekerjaan saja, yaitu pekerjaan aspal. Untuk selanjutnya stationing 0 + 000 – 0 + 050 disebut *section 1*, stationing 0 + 050 – 0 + 100 disebut *section 2*, stationing 0 + 100 – 0 + 150 disebut *section 3* dan stationing 0 + 150 – 0 + 203 disebut *section 4*.

Pada proyek ini mempunyai batasan waktu yaitu 60 hari, sehingga durasi waktu total yang diharapkan maksimal 60 hari. Apabila dalam penjadwalan mendapatkan durasi lebih 60 hari, maka diperlukan langkah-langkah untuk memperpendek durasi total tersebut.

5.1.2. Rencana Anggaran Biaya

Pada Rencana Anggaran Biaya didapatkan pekerjaan yang ada proyek penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Pekerjaan Persiapan/Umum

1. Administrasi dan Dokumentasi
2. Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank
3. Pembuatan Gudang/Kantor Sementara (Sewa)
4. Pemasangan Papan Nama Proyek

B. Pekerjaan Peningkatan Jalan Lokasi 2

- I. Pekerjaan Aspal Sheet

C. Pekerjaan Jalan dan Saluran Lokasi 1

- I. Pekerjaan Tanah
- II. Pekerjaan Struktur
- III. Pekerjaan Pasangan Pondasi
- IV. Pekerjaan Plesteran
- V. Pekerjaan Aspal Jalan

D. Pekerjaan Jembatan

- I. Pekerjaan Tanah
- II. Pekerjaan Pasangan

- III. Pekerjaan Struktur
- IV. Pekerjaan Aspal Jalan
- V. Pekerjaan Pengecatan
- VI. Pekerjaan Pipa
- E. Pekerjaan Leuneng
 - I. Pekerjaan Leuneng Pembatas

Dari data pekerjaan yang ada di atas, pekerjaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pekerjaan pada Jalan Lokasi 1. Dari data pada lokasi tersebut ada penyesuaian nama pekerjaan sehingga pekerjaan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Tanah
2. Pasangan batu kali untuk saluran
3. Plesteran
4. Bekisting
5. Pembesian
6. Cor Beton
7. Leuneng
8. Aspal

5.1.3. Kelompok Kerja

Kelompok kerja yang ada pada proyek ini yang didapatkan adalah kelompok kerja yang hanya digunakan pada penelitian beserta produktivitasnya, yaitu :



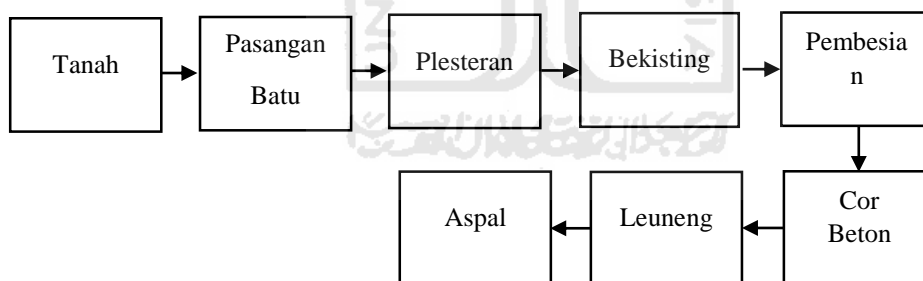
Tabel 5.1. Kelompok Kerja Tukang dan Pekerja

No	Uraian Pekerjaan	Kelompok Kerja	Durasi (hari)
1	Tanah	5 pekerja	4
2	Pasangan batu kali untuk saluran	3 tukang 2 pekerja	10
3	Plesteran	4 tukang 2 pekerja	7
4	Bekisting	2 tukang 2 pekerja	5
5	Pembesian	2 tukang 3 pekerja	7
6	Cor Beton	1 tukang 3 pekerja	2
7	Leuneng	3 tukang 4 pekerja	10
8	Aspal	20 pekerja	5

Sumber : Penyedia Jasa

5.2. Analisis

Urutan uraian pekerjaan dalam Tabel 5.1. merupakan urutan item pekerjaan dengan *Network Diagram Per Section* pada proyek ini adalah sebagai berikut :



Gambar 5.3. *Network Diagram Per Section*

Dengan adanya *Network Diagram Per Section* ini maka kita bisa mengetahui baik pekerjaan yang mengikuti (*successor*) maupun pekerjaan yang mendahului (*predecessor*). Contohnya adalah jika pasangan batu merupakan pekerjaan yang mengikuti (*successor*) maka tanah merupakan pekerjaan yang mendahului (*predecessor*).

Data dari Tabel 5.1 ditampilkan data kelompok kerja tukang dan pekerja yang selanjutnya dibuat Penjadwalan dengan metode *Line of Balance*, dengan cara

membuat sumbu kartesius dengan sumbu X adalah waktu dalam hari, sedangkan sumbu Y adalah *section* per 50 meter.

Dari data pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.3 maka dibuatlah penjadwalan dengan ketentuan, pekerjaan 1 dimulai pada titik (0,0) yang kemudian dilanjutkan membuat garis dengan jarak pada sumbu X sejauh produktivitas per *section* (yang durasinya ada pada Tabel 5.1.) dan jarak pada sumbu Y sejauh akhir *section* 1. Setelah pekerjaan 1 selesai pada *section* 1, disusul pekerjaan 2 yang dimulai pada sumbu X senilai durasi waktu produktivitas per *section* pekerjaan 1 yang bergerak pada sumbu X sejauh nilai produktivitas pekerjaan 2 pada Tabel 5.1, sedangkan sumbu Y dimulai pada awal *section* 1 selesai pada akhir *section* 1. Dalam hal ini, untuk pembuatan garis dibuat dengan konsep *Finish to Start (FS)* dalam *section* yang sama, artinya begitu pekerjaan 1 selesai, maka pekerjaan 2 mulai. Untuk pekerjaan selanjutnya (pekerjaan 3 – pekerjaan 8) dikerjakan dengan cara yang sama, sehingga tergambarlah garis-garis sejumlah pekerjaan yang dengan warna berbeda (yang menunjukkan pekerjaan tertentu). Apabila pada *section* 1 selesai, maka dilanjutkan pada *section* 2, yang melanjutkan garis pada *section* 1, kemudian garis *section* 3 yang meneruskan garis *section* 2 dan seterusnya sampai *section* terakhir.

Pada proyek penjadwalan dimulai dari item pekerjaan 1 yaitu pekerjaan tanah, yang mempunyai durasi 4 hari/*section* (sesuai pada Tabel 5.1.). Gambar untuk pekerjaan ini dimulai dari titik (0,0) menuju titik (4,1). Setelah itu dilanjutkan pekerjaan pasangan batu kali untuk saluran dengan durasi 10 hari/*section*, yang dilaksanakan setelah pekerjaan tanah selesai pada akhir *section* 1. Posisi awal pada pekerjaan ini pada sumbu X dititik 4 dan pada sumbu Y dititik 0. Pekerjaan pasangan batu kali untuk saluran ini mulai pada titik (4, 0) menuju titik (14,1). Setelah itu dilanjutkan pekerjaan plesteran dengan durasi 7 hari/*section*, yang dilaksanakan setelah pekerjaan pasangan batu kali untuk saluran selesai pada akhir *section* 1. Posisi awal pada pekerjaan ini pada sumbu X dititik 14 dan pada sumbu Y dititik 0. Pekerjaan Plesteran ini mulai pada titik (14,0) menuju titik (21,1). Setelah itu dilanjutkan pekerjaan bekisting dengan durasi 5 hari/*section*, yang dilaksanakan setelah pekerjaan plesteran selesai pada akhir *section* 1. Posisi awal pada pekerjaan ini pada sumbu X dititik 21 dan pada sumbu Y dititik 0. Pekerjaan bekisting ini

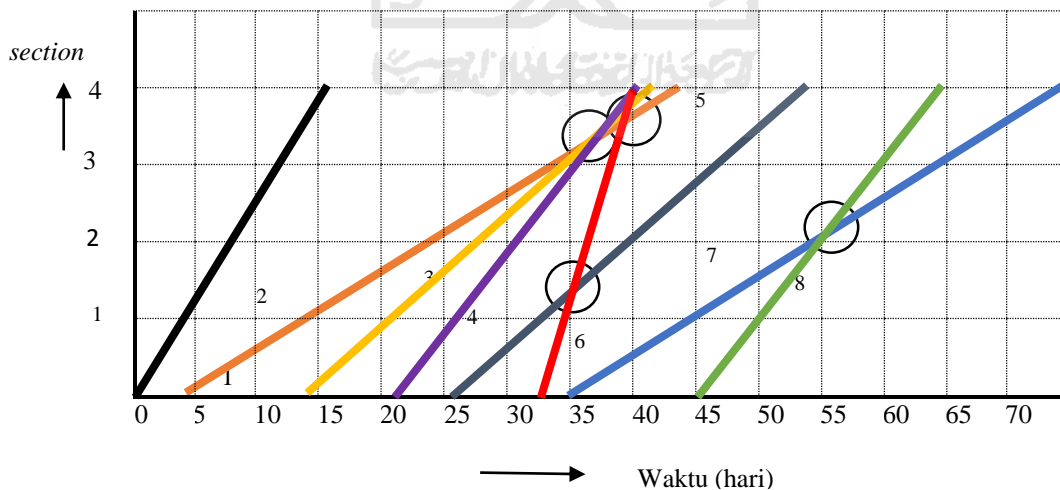
mulai pada titik (21,0) menuju titik (26,1). Setelah itu dilanjutkan pekerjaan pembesian dengan durasi 7 hari/*section*, yang dilaksanakan setelah pekerjaan bekisting selesai pada akhir *section* 1. Posisi awal pada pekerjaan ini pada sumbu X dititik 26 dan pada sumbu Y dititik 0. Pekerjaan Plesteran ini mulai pada titik (26,0) menuju titik (33,1). Setelah pekerjaan pembesian dilanjutkan pekerjaan cor beton dengan durasi 2 hari/*section* yang dilaksanakan setelah pekerjaan pembesian selesai pada akhir *section* 1. Posisi awal pekerjaan ini pada sumbu X di titik 33 dan pada sumbu Y di titik 0. Untuk pekerjaan cor beton ini mulai pada titik (33,0) menuju titik (35,2). Setelah pekerjaan cor beton dilanjutkan pekerjaan leuneng dengan durasi 10 hari/*section* yang dilaksanakan setelah pekerjaan cor beton selesai pada akhir *section* 1. Posisi awal pekerjaan ini pada sumbu X di titik 35 dan pada sumbu Y di titik 0. Untuk pekerjaan cor beton ini mulai pada titik (35,0) menuju titik (45,2). Pekerjaan terakhir adalah pekerjaan aspal yang dilaksanakan setelah pekerjaan leuneng dengan durasi 5 hari/*section*. Posisi awal pekerjaan aspal pada sumbu X di titik 45 dan pada sumbu Y di titik 0. Pekerjaan aspal ini mulai pada titik (45,0) menuju titik (50,2).

Untuk pekerjaan pada *section* 2, perhitungannya sama dengan pekerjaan-pekerjaan pada *section* 1. Untuk pekerjaan pada *section* 2, meneruskan pada *section* 1, demikian juga pada *section* 3 meneruskan *section* 2, akhirnya sampai *section* 4 meneruskan *section* 3 sehingga hasilnya ada di Tabel 5.2. Penjadwalan *Line of Balance*.

Tabel. 5.2. Penjadwalan *Line of Balance* Awal

No	Uraian Pekerjaan	Durasi per section(hari)	Durasi Total (hari)	Mulai	Akhir
1	Tanah	4	16	0	16
2	Pasangan batu kali untuk saluran	10	40	4	44
3	Plesteran	7	28	14	42
4	Bekisting	5	20	21	41
5	Pembesian	7	28	26	54
6	Cor Beton	2	8	33	41
7	Leuneng	10	40	35	75
8	Aspal	5	20	45	65

Hasil penjadwalan dengan *Line of Balance* sesuai dengan Tabel 5.2. digambarkan seperti pada Gambar 5.4 di bawah ini.



Gambar 5.4. Penjadwalan *Line of Balance* Awal

Pada Gambar 5.4, Penjadwalan *Line of Balance*, terlihat durasi total adalah 75 hari yang berarti melebihi batas waktu yang ditentukan yaitu 60 hari. Selain itu ada

4 konflik yang terjadi, yaitu pada pekerjaan pasangan batu kali untuk saluran, pekerjaan plesteran, pekerjaan bekisting, pekerjaan pembesian, pekerjaan cor beton, pekerjaan leuneng dan pekerjaan aspal. Dengan adanya 4 konflik tersebut di atas maka perlu adanya langkah yang diambil agar menghilangkan konflik tersebut, mengubah kemiringan garis menjadi lebih tegak atau yang berarti meningkatkan produktivitas pekerjaan. Namun dalam hal peningkatan produktivitas kelompok tukang-pekerjaan juga harus mempertimbangkan adanya kemungkinan peningkatan produktivitas yang logis. Berdasarkan ini maka diambil langkah-langkah yang sebagai berikut :

1. Pekerjaan pasangan batu kali untuk saluran produktivitasnya dinaikkan sehingga pekerjaan sepanjang 50 meter yang semula dikerjakan dalam 10 hari/*section* menjadi 6 hari/*section*;
2. Pekerjaan plesteran produktivitasnya dinaikkan sehingga pekerjaan sepanjang 50 meter yang semula dikerjakan dalam 7 hari/*section* menjadi 6 hari/*section*;
3. Pekerjaan pembesian produktivitasnya dinaikkan sehingga pekerjaan sepanjang 50 meter yang semula dikerjakan dalam 7 hari/*section* menjadi 5 hari/*section*;
4. Pekerjaan leuneng produktivitasnya dinaikkan sehingga pekerjaan sepanjang 50 meter yang semula dikerjakan dalam 10 hari/*section* menjadi 4 hari/*section*;
5. Pekerjaan aspal produktivitasnya dinaikkan sehingga pekerjaan sepanjang 50 meter yang semula dikerjakan dalam 5 hari/*section* menjadi 4 hari/*section*;

Pada pekerjaan lainnya tidak dinaikkan produktivitasnya dengan alasan sebagai berikut :

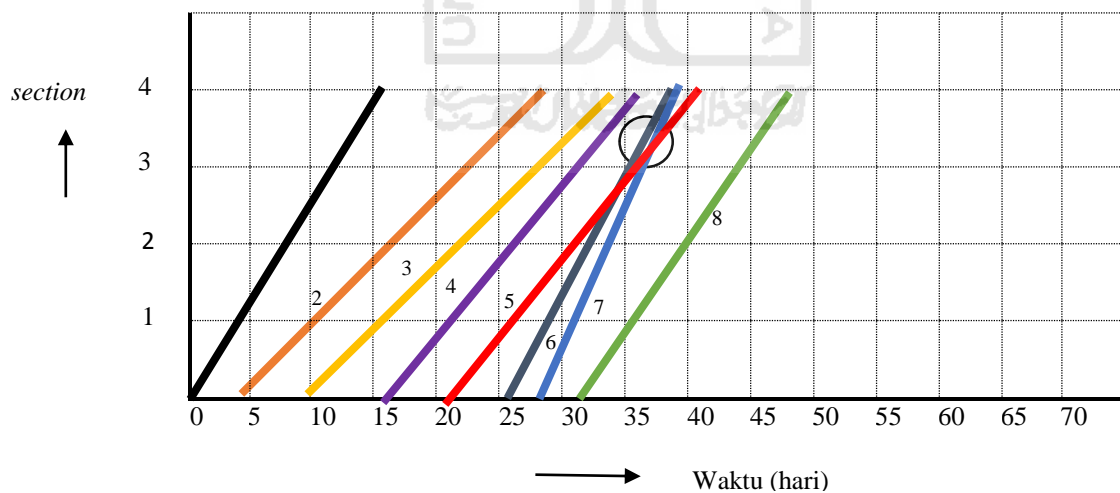
1. Pekerjaan tanah merupakan *predecessor* (pekerjaan yang mendahului) bagi pekerjaan pasangan batu kali untuk saluran, dimana apabila produktivitas dinaikkan secara logis, tidak berpengaruh pada durasi total, karena pekerjaan tanah lebih produktif daripada pekerjaan pasangan batu kali untuk saluran.
2. Pekerjaan bekisting dan pekerjaan cor dirasa sudah optimal produktivitasnya, sehingga tidak logis apabila dinaikkan lagi.

Hasil perubahan berdasarkan peningkatan produktivitas pada beberapa pekerjaan di atas ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.3. Penjadwalan dengan *Line of Balance* Revisi 1

No	Uraian Pekerjaan	Durasi per section(hari)	Durasi Total (hari)	Mulai	Akhir
1	Tanah	4	16	0	16
2	Pasangan batu kali untuk saluran	6	24	4	28
3	Plesteran	6	24	10	34
4	Bekisting	5	20	16	36
5	Pembesian	5	20	21	41
6	Cor Beton	2	8	26	34
7	Leuneng	4	16	28	44
8	Aspal	4	16	32	48

Adapun penjadwalan sesuai dengan Tabel 5.3. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 1 adalah sebagai berikut :



Gambar 5.5. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 1

Hasil dari langkah-langkah di atas menghasilkan durasi total pekerjaan yang terpaut cukup jauh dengan yang pertama, yaitu 48 hari, namun hal ini berdampak

adanya 2 pekerjaan dalam 1 *section* dan masih adanya konflik, sehingga perlu adanya *time buffer/distance buffer* pada beberapa garis pekerjaan tersebut. Adapun pekerjaan tersebut adalah :

1. Pada pekerjaan bekisting seharusnya dimulai pada saat pekerjaan plesteran selesai pada *section* 1, namun apabila hal ini diterapkan maka pekerjaan plesteran mulai pada *section* 3 yang belum selesai sudah disusul pekerjaan bekisting. Untuk lebih jelasnya dilihat pada tabel 5.4, di mana pekerjaan plesteran pada *section* 3 selesai pada hari ke 28, pekerjaan bekisting mulai pada hari ke 26.

Tabel 5.4. Waktu Pekerjaan Plesteran dan Bekisting

No	Uraian Pekerjaan	Waktu <i>Section</i> 1	Waktu <i>Section</i> 2	Waktu <i>Section</i> 3	Waktu <i>Section</i> 4
1	Plesteran	10 - 16	16 - 22	22 - 28	28 - 34
2	Bekisting	16 - 21	21 - 26	26 - 31	31 - 36

Dalam hal ini pekerjaan bekisting diberikan *distance buffer* sebesar jarak pada tiap *section*, yaitu 50 meter. Hal ini dilakukan dengan cara menggunakan logika ketergantungan *Finish to Start (FS)* oleh karena itu pekerjaan bekisting dimulai pada hari ke 19 sehingga *overlap* pekerjaan plesteran dan bekisting pada *section* yang sama bisa dihindari (lihat tabel 5.5.)

Tabel 5.5. Waktu Pekerjaan Plesteran dan Bekisting Dengan *Distance Buffer*

No	Uraian Pekerjaan	Waktu <i>Section</i> 1	Waktu <i>Section</i> 2	Waktu <i>Section</i> 3	Waktu <i>Section</i> 4
1	Plesteran	10 - 16	16 - 22	22 - 28	28 - 34
2	Bekisting	19 - 24	24 - 29	29 - 34	34 - 39

Pada Gambar 5.6. selain adanya *distance buffer* antara pekerjaan plesteran dengan pekerjaan bekisting, tampak juga adanya *time buffer* sebesar 5 hari.

2. Pada pekerjaan cor beton seharusnya dimulai pada saat pekerjaan pembesian selesai pada *section 1*, namun apabila hal ini diterapkan maka pekerjaan cor beton mulai pada *section 2* yang belum selesai sudah disusul pekerjaan cor beton. Untuk lebih jelasnya dilihat pada tabel 5.6, di mana pekerjaan pembesian pada *section 2* selesai pada hari ke 31, pekerjaan cor beton mulai pada hari ke 28.

Tabel 5.6. Waktu Pekerjaan Pembesian dan Cor Beton

No	Uraian Pekerjaan	Waktu <i>Section 1</i>	Waktu <i>Section 2</i>	Waktu <i>Section 3</i>	Waktu <i>Section 4</i>
1	Pembesian	21 - 26	26 - 31	31 - 36	36 - 41
2	Cor Beton	26 - 28	28 - 30	30 - 32	32 - 34

Dalam hal ini pekerjaan cor beton diberikan *Distance Buffer* minimal jarak per section yaitu 50 meter sehingga pekerjaan cor beton dimulai pada hari ke 38 sehingga *overlap* pekerjaan plesteran dan bekisting pada *section* yang sama bisa dihindari (lihat tabel 5.7.). Pada Gambar 5.6. selain adanya *distance buffer* antara pekerjaan pembesian dengan pekerjaan cor beton, tampak juga adanya *time buffer* sebesar 2 hari

Tabel 5.7. Waktu Pekerjaan Pembesian dan Cor Beton Dengan *Distance Buffer*

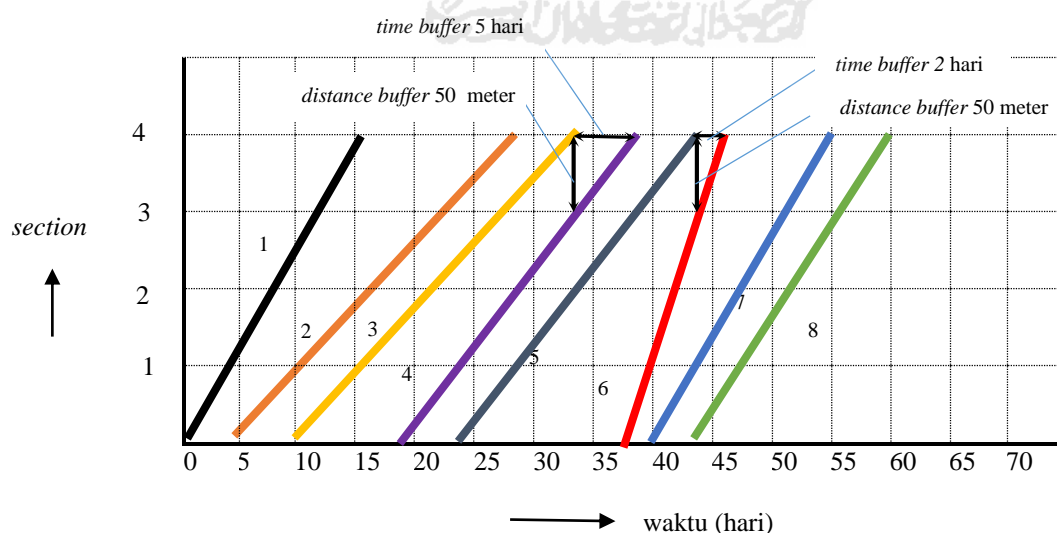
No	Uraian Pekerjaan	Waktu <i>Section 1</i>	Waktu <i>Section 2</i>	Waktu <i>Section 3</i>	Waktu <i>Section 4</i>
1	Pembesian	24 - 29	29 - 34	34 - 39	39 - 44
2	Cor Beton	38 - 40	40 - 42	42 - 44	44 - 46

Hasil setelah dilakukan *Distance Buffer* di atas, maka *overlap* pada 2 kegiatan pada 1 *section* bisa dihindari, sehingga hasilnya adalah pada Tabel 5.8.

Tabel. 5.8. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 2

No	Uraian Pekerjaan	Durasi per section(hari)	Durasi Total (hari)	Mulai	Akhir
1	Tanah	4	16	0	16
2	Pasangan batu kali untuk saluran	6	24	4	28
3	Plesteran	6	24	10	34
4	Bekisting	5	20	19	39
5	Pembesian	5	20	24	44
6	Cor Beton	2	8	38	46
7	Leuneng	4	16	40	55
8	Aspal	4	16	44	60

Dari Tabel. 5.8. maka digambarkan penjadwalan pada sumbu kartesius seperti pada Gambar 5.6. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 2.



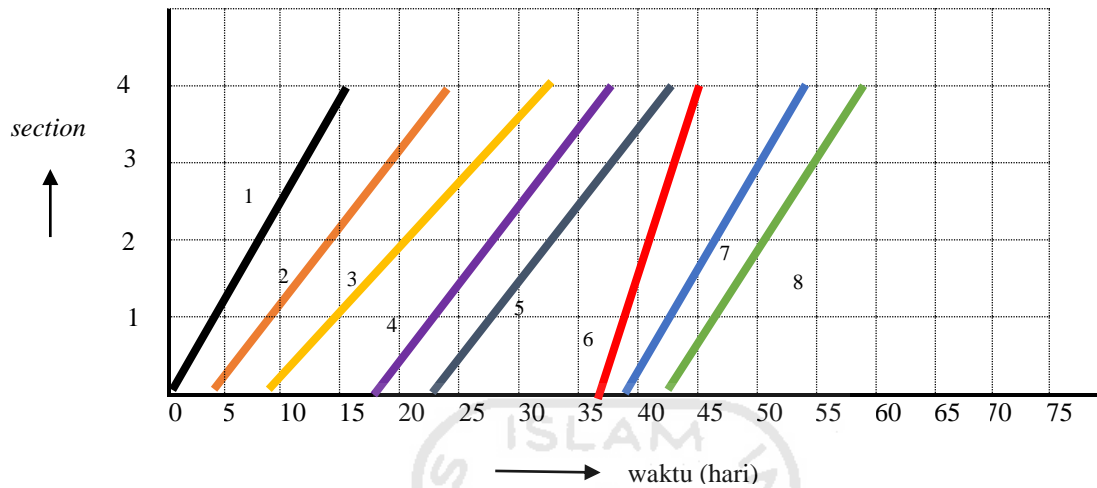
Gambar 5.6. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 2

Dengan adanya revisi 2 ini sudah tidak ada pekerjaan yang menimbulkan konflik dan adanya 2 pekerjaan dalam 1 *section*, sedangkan durasi untuk proyek ini adalah 60 hari. Berkenaan dengan durasi proyek sama dengan batasan waktu yang ada, maka dicoba alternatif lain dimana durasi waktunya kurang dari 60 hari. Melihat Gambar 5.6., pada pekerjaan pasangan batu kali untuk saluran mempunyai garis dengan gradien kecil dimana masih mempunyai kemungkinan secara logis untuk ditingkatkan produktivitasnya yang semula durasinya 6 hari/*section* ditingkatkan menjadi 5 hari/*section*, sehingga penjadwalan dibuat seperti Tabel 5.9.

Tabel 5.9. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 3

No	Uraian Pekerjaan	Durasi per section(hari)	Durasi Total (hari)	Mulai	Akhir
1	Tanah	4	16	0	16
2	Pasangan batu kali untuk saluran	5	20	4	24
3	Plesteran	6	24	9	33
4	Bekisting	5	20	18	38
5	Pembesian	5	20	23	43
6	Cor Beton	2	8	37	45
7	Leuneng	4	16	39	54
8	Aspal	4	16	43	59

Dari Tabel 5.9., didapatkan durasi 59 hari dengan gambar penjadwalan adalah pada gambar 5.7. di bawah ini.



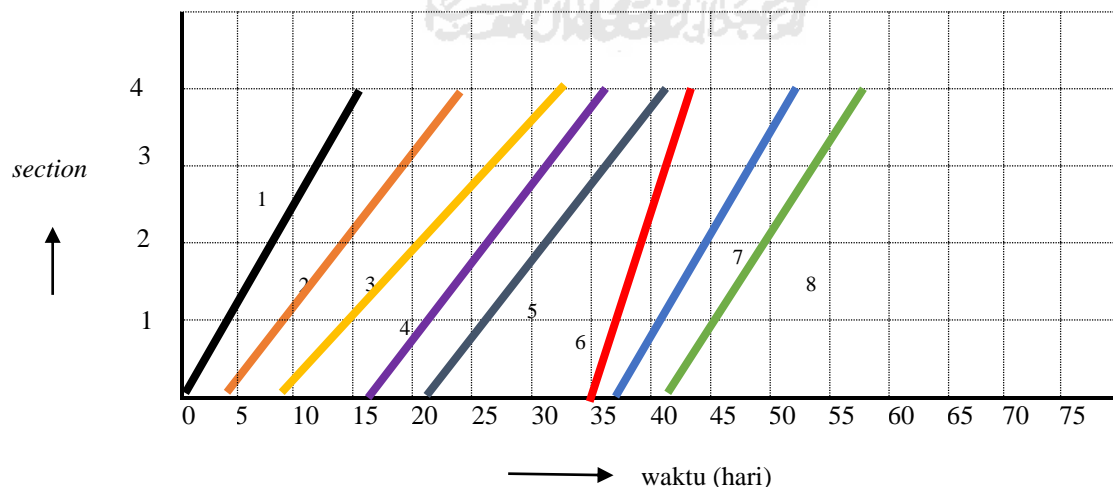
Gambar 5.7. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 3

Melihat Gambar 5.7. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 3, masih dimungkinkan untuk memulai lebih awal pekerjaan yang mengikuti (*successor*), dimana produktivitas pekerjaan yang mendahului (*predecessor*) lebih kecil/jangka waktu lebih lama. Contohnya pekerjaan yang dimulai lebih cepat adalah bekisting, karena pekerjaan plesteran mempunyai durasi per *section* paling besar, sehingga pekerjaan bekisting dipercepat 2 hari. Adapun tabel perhitungannya adalah sebagai berikut :

Tabel 5.10. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 4

No	Uraian Pekerjaan	Durasi per section(hari)	Durasi Total (hari)	Mulai	Akhir
1	Tanah	4	16	0	16
2	Pasangan batu kali untuk saluran	5	20	4	24
3	Plesteran	6	24	9	33
4	Bekisting	5	20	16	36
5	Pembesian	5	20	21	41
6	Cor Beton	2	8	35	43
7	Leuneng	4	16	37	53
8	Aspal	4	16	41	57

Dari Tabel 5.10. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 4, didapatkan penjadwalan sebagai berikut :



Gambar 5.8. Penjadwalan *Line of Balance* Dengan *Buffer* dan Peningkatan Produktivitas 3

5.3. Pembahasan

Penjadwalan dengan metode *Line of Balance* hanya dipergunakan untuk proyek yang repetitif. Untuk Proyek Rehabilitasi/Peningkatan Jalan Lingkungan RW I – RW IV Kelurahan Kedungsari Kota Magelang Tahun Anggaran 2016 merupakan proyek jalan yang repetitif pada jalan lokasi 1 dengan item pekerjaan adalah pekerjaan tanah, pekerjaan pemasangan batu kali untuk saluran, pekerjaan plesteran, pekerjaan bekisting, pekerjaan pembesian, pekerjaan cor beton, pekerjaan leuneng dan pekerjaan aspal.

Untuk penjadwalan dengan metode *Line of Balance* dilakukan dengan 4 revisi, dengan rincian adalah sebagai berikut :

1. Pada Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 1, revisi yang dilakukan adalah dengan adanya peningkatan produktivitas beberapa pekerjaan, yaitu pekerjaan pemasangan batu kali, pekerjaan plesteran, pekerjaan pembesian, pekerjaan leuneng dan pekerjaan aspal;
2. Pada Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 2, setelah revisi 1 dilakukan, maka dilakukan revisi 2 yaitu penambahan *distance buffer* pada pekerjaan bekisting dan pekerjaan cor beton, yang otomatis berdampak adanya *time buffer*, seperti pada Gambar 5.6.;
3. Pada Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 3, setelah dilakukan revisi 2, maka dilakukan peningkatan produktivitas pada pekerjaan pemasangan batu kali untuk saluran;
4. Pada Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 4, setelah dilakukan revisi 3, maka dilakukan memajukan pekerjaan bekisting.

Dalam penjadwalan sesuai data kelompok kerja tukang tenaga beserta produktivitasnya didapatkan penjadwalan *Line of Balance* Awal dengan durasi 75 hari. Pada penjadwalan di atas ternyata durasi yang ada melebihi batas waktu yang telah ditetapkan yaitu selama 60 hari dan adanya persilangan garis yang berarti adanya konflik. Langkah selanjutnya dilakukan Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 1, durasinya menjadi lebih pendek, yaitu 48 hari, namun terjadi masalah,

yaitu adanya 2 pekerjaan dalam 1 *section* pada waktu yang bersamaan, dimana konsep *Finish to Start (FS)* per *section* tidak terpenuhi, sehingga ini menimbulkan permasalahan baru. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dilakukan Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 2, yaitu dengan adanya penambahan *buffer*. Durasi yang didapatkan adalah 60 hari sesuai batasan waktu yang dipersyaratkan. Durasi yang didapatkan telah sesuai dengan batasan yang ada, namun melihat pada Gambar 5.5., ada pekerjaan yang memungkinkan untuk ditingkatkan lagi produktivitasnya secara logis, maka dilakukan Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 3. Hasil yang didapatkan durasi proyek menjadi 59 hari. Dari hasil tersebut, dicoba lagi untuk membuat Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 4. Hal tersebut pada proyek ini masih dimungkinkan dalam penjadwalan ulang dengan metode *Line of Balance*, karena yang dikerjakan adalah proyek jalan, dimana mempunyai ruang kerja yang memanjang sehingga pekerjaan *successor* bisa dimulai sebelum pekerjaan *predecessor* selesai. Dari hasil tersebut didapatkan durasi total proyek menjadi 57 hari. Perbandingan dari penjadwalan di atas adalah :

Tabel 5.11. Perbandingan Penjadwalan Dengan Metode *Line of Balance* (1/2)

No	Uraian	Durasi	Titik Konflik
1	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Awal	75	Ada
2	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 1	48	Ada
3	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 2	60	Tidak Ada
4	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 3	59	Tidak Ada
5	Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Revisi 4	57	Tidak Ada

Dari Penjadwalan dengan metode *Line of Balance* dapat dilihat terdapat pekerjaan yang mengalami permasalahan, yaitu adanya titik konflik dan adanya 2 pekerjaan pada 1 *section*. Untuk mengatasi hal tersebut menggunakan *Distance Buffer* dan peningkatan produktivitas. Kedua solusi ini ternyata tidak efektif ketika berdiri sendiri-sendiri, ketika yang digunakan adalah peningkatan produktivitas tiap *section*, yang terjadi adalah adanya 2 pekerjaan dalam 1 *section*. Ketika *buffer* yang digunakan, maka durasinya menjadi lebih panjang. Berkenaan dengan hal tersebut

di atas, maka solusinya adalah menggunakan kedua solusi tersebut secara bersamaan, sehingga hasil yang di dapatkan efektif dan tepat.

Dalam penjadwalan dengan metode *Line of Balance* secara umum, adanya 2 pekerjaan atau lebih dalam 1 *section* harus dihindari, karena mempengaruhi kinerja masing-masing pekerjaan. *Section* yang sering terjadi masalah tersebut di atas adalah *section* pertama dan *section* terakhir. Dalam hal ini kita memerlukan *Buffer* dengan perhitungan-perhitungan yang efektif, sehingga berdasarkan penelitian ini dan cara dalam penjadwalan dengan *Line of Balance* menurut Arianto (2010) maka disimpulkan penjadwalan ulang secara efektif :

1. Dibuat terlebih dahulu *Network Diagram* dalam penjadwalan dengan metode *Line of Balance*, sehingga jelas mana pekerjaan yang mengikuti (*successor*) pekerjaan yang mendahului (*predecessor*);
2. Apabila pekerjaan yang mengikuti (*successor*) lebih cepat/produktif dari pekerjaan yang mendahului (*predecessor*), maka menggunakan hubungan logika ketergantungan FF (*Finish to Finish*);
3. Apabila pekerjaan yang mengikuti (*successor*) lebih lambat/non produktif dari pekerjaan yang mendahului (*predecessor*), maka menggunakan hubungan logika ketergantungan SS (*Start to Start*);

Sebagai contoh pada pekerjaan pemasangan batu kali untuk saluran diidentifikasi mempunyai durasi yang lebih lambat dari pekerjaan tanah, pekerjaan pemasangan batu kali untuk saluran dijadwalkan setelah pekerjaan tanah selesai, yaitu dengan menggunakan hubungan logika ketergantungan SS (*Start to Start*), sehingga pekerjaan tanah dimulai pada hari ke 4 (0+4) dengan berakhirnya pekerjaan pemasangan batu kali untuk saluran pada hari ke 24 (4+20). Sedangkan pekerjaan bekisting adalah contoh dari pekerjaan yang mengikuti (*successor*) lebih lambat/non produktif dari pekerjaan yang mendahului (*predecessor*), yaitu pekerjaan plesteran, maka akhir dari pekerjaan bekisting dijadwalkan setelah 5 hari (durasi pekerjaan bekisting 5 hari) pada akhir pekerjaan plesteran selesai, sehingga pekerjaan bekisting berakhir pada hari ke 38 (33+5). Untuk lebih jelasnya dilihat Tabel 5.10. Penjadwalan *Line of Balance* Revisi 4.

Berkenaan pembahasan tentang peningkatan produktivitas, pada Sub Bab 3.3.2. faktor-faktor yang mempengaruhi produktifitas telah disampaikan berdasarkan Faisol (2010) dan Tamamengka dan Walangitan (2016). Pada dasarnya cara meningkatkan produktivitas adalah dengan cara meningkatkan produktivitas sumber dayanya, terutama pada sumber daya tenaga dan sumber daya peralatan. Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas, banyak cara yang dilakukan untuk meningkatkan produktivitas, namun cara yang yang berdampak langsung pada proyek ini dengan cara menambah tenaga kerja.



DAFTAR PUSTAKA

- Muhammad Rizki Ridho, 2014, “Evaluasi Penjadwalan Waktu Dan Biaya Proyek Dengan Metode PERT dan CPM (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Kantor Badan Pusat Statistik Kota Medan di Jl. Gaperta Medan, Sumatera Utara.)”, Tesis, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Arif Arianto, 2010, “Eksplorasi Metode *BAR CHART, CPM, PDM, PERT, LINE OF BALANCE* DAN *TIME CHAINAGE DIAGRAM* “, Tesis, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Deko Sanjaya dan Shayhrizal, 2010, “Studi Perbandingan Penjadwalan Proyek Metode *Line of Balance* (LoB) dan Precedence Diagram Method (PDM) Pada Pekerjaab Berulang (Repetitif)”, Tesis, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Gustina Arifin Prawira dan Syahrizal, 2010, “Pengendalian Proyek Dengan Metode Keseimbangan Garis (*Line of Balance*) (Studi Kasus Pada Proyek Perumahan Maysa Tamansari, Residence)”, Tesis, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Novalrio, Yusuf Latief dan Rully Andhika (2010), “Aplikasi Penjadwalan *Linear Scheduling* Dengan *Stochastic Linear scheduling Method* Pada Proyek Pembangunan *breakwater* Di Pelabuhan Kalibaru” Tesis” Universitas Indonesia, Jakarta.
- Arditi, D. dan Albulak, M.Z. (1986), *Line-of-Balance Scheduling in Pavement Construction*, J. Constr. Eng. and Mgmt., ASCE, 112(3), 411–424
- Ir. Imam Soeharto, 1998, “Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)” Jilid 1, Edisi Kedua, PT Gelora Aksara Pratama.

Ir. Abrar Husen, MT,2009, “Manajemen Proyek”, Edisi Revisi, CV ANDI OFFSET.

Fitri Nugraheni, ST, MT, Ph.D, (2010), “Manajemen Konstruksi”, Diktat Kuliah, UII Yogyakarta.

Ir Faisol AM, MS(2010), “Activity And Arrow, Perencanaan Time Schedule Dengan Bart Chart,Precedence Network”, Diktat Kuliah, UII Yoyakarta.

