

PEMBUATAN SOFTWARE SEBAGAI APLIKASI LINEAR SCHEDULING METHOD PADA PERENCANAAN PENJADWALAN PROYEK JALAN

Arthur Suryadharna¹ dan Ratna S. Alifen²

ABSTRAK: Proyek konstruksi jalan adalah contoh dari proyek linear, dimana terdiri aktivitas – aktivitas yang berulang dari unit yang satu ke unit berikut. Oleh karena itu tipe proyek ini butuh perencanaan penjadwalan yang tepat. *Linear Scheduling Method* (LSM) adalah teknik penjadwalan yang tepat untuk menjadwalkan unit – unit aktivitas proyek linear secara berkesinambungan sehingga terhindar dari *idle time*. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan *software* LSM yang dapat menjaga kesinambungan kelompok kerja, disamping itu dapat menjadwalkan aktivitas – aktivitas agar terjadwal berdasarkan urutan yang ditentukan. Studi kasus proyek jalan digunakan pada penelitian ini untuk menguji *software* yang dibuat. Pembuatan *software* LSM menggunakan bantuan *Visual Basic Software* pada *Microsoft Excel*. *Software* yang diimplementasi pada proyek jalan menunjukkan kemampuan *software* yang dibuat untuk menghasilkan durasi proyek tanpa adanya *idle time* pada perpindahan kelompok kerja dan menjaga hubungan ketergantungan antar aktivitas.

Kata kunci: proyek linear, *linear scheduling method*, *idle time*.

ABSTRACT: Road construction project is good example of linear project that consist of linear activities where the same unit is repeated several times. Hence, these projects require appropriate schedule. *Linear Scheduling Method* (LSM) is well suited for scheduling linear activities by maintaining crew movement from one unit to another without idle time. This research develops a LSM software that be able to maintain crew movement continuity while scheduling activities based on interdependencies relationship among activities. Case study of road construction project is used to test the performance of the software. This LSM software development uses *Visual Basic Software* on *Microsoft Excel*. The results of this software which implemented in road construction project, showing its ability to generate project duration without idle time on crew movement and maintaining interdependencies relationship among activities.

Keywords: linear projects, *linear scheduling method*, *idle time*.

1. PENDAHULUAN

Proyek linear identik dengan proyek yang pekerjaannya berulang dari unit ke unit. Proyek konstruksi linear seperti proyek jalan, perpipaan, perumahan dan bangunan bertingkat mendominasi industri proyek konstruksi, oleh karena itu penjadwalan yang tepat untuk tipe proyek ini sangat krusial. Metode penjadwalan akan efektif bila digunakan berdasarkan karakteristik masing – masing proyek. Metode penjadwalan konvensional seperti *Critical Path Method* (CPM) bukan metode yang tepat untuk digunakan pada proyek konstruksi linear karena dapat menyebabkan *network* penjadwalan menjadi makin kompleks dan

¹ Mahasiswa Progam Studi Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, arthur.suryadharna@gmail.com

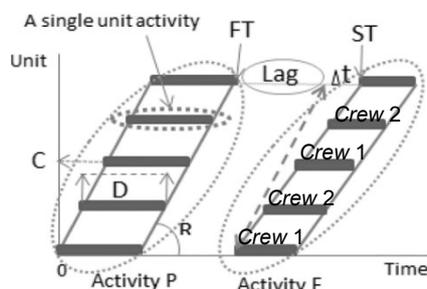
² Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, alifrat@petra.ac.id

ketidakmampuan menjadwalkan kelompok kerja untuk bekerja secara berkesinambungan dari unit ke unit suatu aktivitas pekerjaan (Zolfaghar, Afshar, & Abbasnia, 2014). Sebaliknya *Linear Scheduling Method* (LSM) merupakan metode yang tepat untuk diterapkan pada proyek konstruksi linear karena dapat menjaga kesinambungan perpindahan kelompok kerja dari unit ke unit aktivitas.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan *software* LSM yang dapat menjaga kesinambungan perpindahan kelompok kerja dari unit ke unit aktivitas tanpa adanya *idle time*, di samping itu dapat menjadwalkan aktivitas – aktivitas pada LSM agar terjadwal berdasarkan urutan yang ditentukan. *Software* ini menggunakan studi kasus proyek jalan untuk menguji kemampuan *software* yang dibuat. *Software* yang dibuat diharapkan dapat digunakan oleh kontraktor pada proyek linear di waktu mendatang.

2. LANDASAN TEORI

LSM merupakan metode penjadwalan yang cocok digunakan pada proyek dengan karakteristik aktivitas yang linear atau berulang. Tujuan dari LSM adalah untuk merencanakan dan menjadwalkan unit – unit aktivitas proyek agar berlangsung secara berkesinambungan dan menghindari *idle time* pada sumber daya yang digunakan (Hyari & El-Rayes, 2006). Format dasar dari LSM adalah *time* diplotkan pada sumbu horisontal dan *unit number* pada sumbu vertikal (Gambar 1). Lebar *bar* pada suatu unit aktivitas menggambarkan durasi aktivitas pada unit tersebut, sedangkan titik awal tiap *bar* merupakan *start* unit aktivitas dan titik akhir tiap *bar* merupakan *finish* unit aktivitas (Ammar, 2013). Suatu aktivitas dapat dikerjakan oleh 1 *crew* (kelompok kerja) maupun lebih. Perpindahan kelompok kerja dari unit ke unit berikut harus dijadwalkan secara berkesinambungan. Hubungan antar aktivitas dalam LSM berupa *finish to start* dengan *lag* maupun tanpa *lag*.

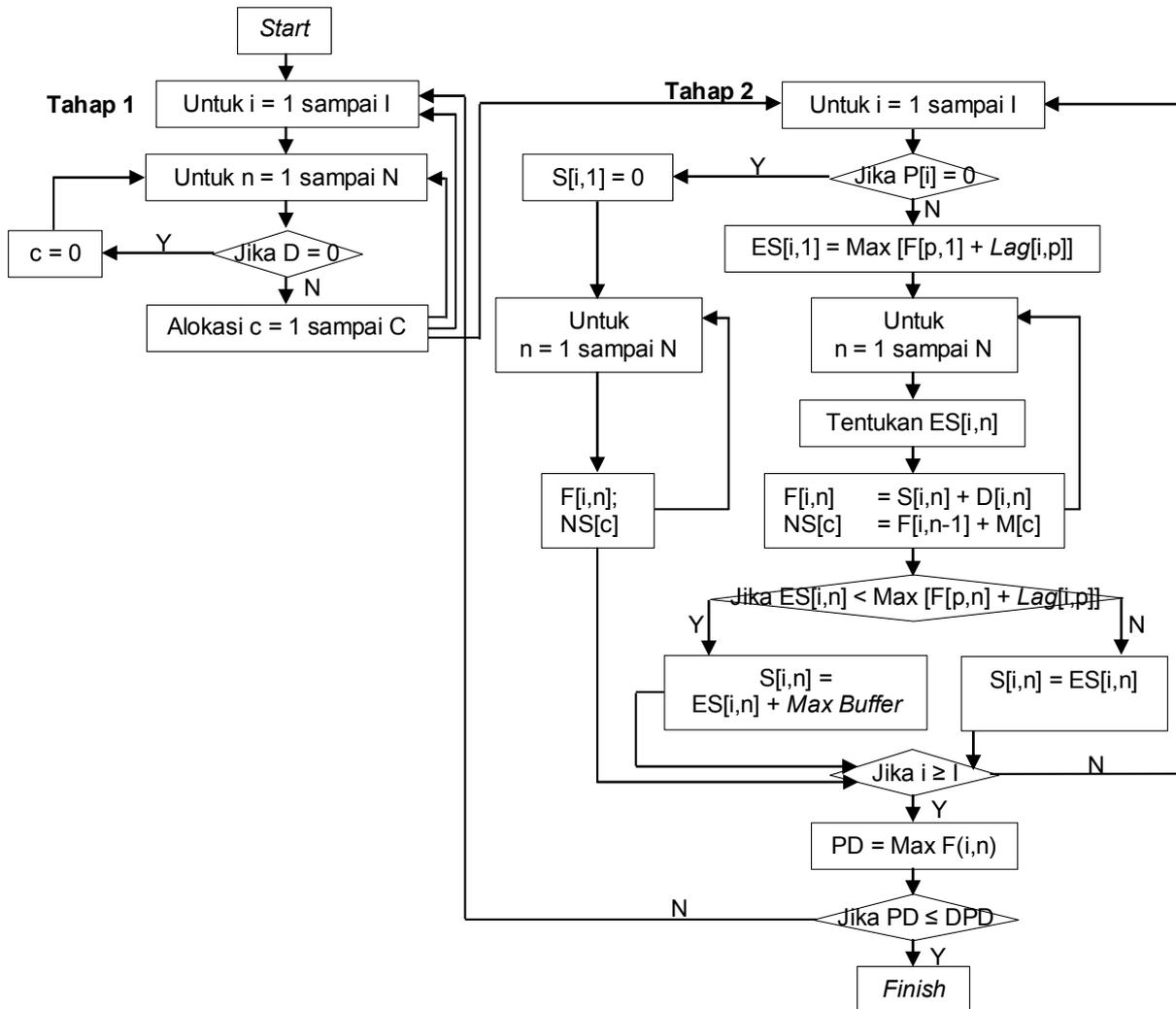


Gambar 1. Konsep LSM (Shuh, Lin, Lin, & Wang, 2013)

Banyak penelitian yang telah dilakukan dalam menyempurnakan konsep LSM dalam beberapa tahun terakhir. Sebagian besar menyimpulkan bahwa kesinambungan perpindahan kelompok kerja merupakan faktor krusial dalam menjadwalkan LSM karena menggambarkan efisiensi sumber daya yang digunakan (Agrama, 2011; Ammar, 2013; Arditi, Tokdemir, & Suh, 2002; Hafez, 2004; Iswanto, 2006). Namun selain itu, beberapa penelitian menyebutkan kelemahan LSM dalam menjadwalkan aktivitas berdasarkan hubungan ketergantungannya (Ammar, 2013; Arditi et al., 2002; Hafez, 2004). Dari studi literatur yang dilakukan, maka kedua faktor tersebut dijadikan variabel dalam pembuatan *software* LSM.

3. PEMBUATAN SOFTWARE LSM

Software LSM dibuat menggunakan bantuan *Visual Basic Application* pada *Microsoft Excel*. Software LSM terdiri dari 3 tahap utama, yaitu *input*, proses dan *output*. Pada tahap *input* beberapa data yang dimasukkan terdiri dari: data umum perencanaan proyek, informasi hubungan ketergantungan aktivitas (*predecessor* dan *lag* tiap aktivitas), durasi aktivitas pada tiap *section* proyek dan jumlah kelompok kerja tiap aktivitas. Sedangkan *output software* yang dihasilkan adalah: alokasi kelompok kerja tiap aktivitas, *start* dan *finish* aktivitas tiap *section* dan total durasi proyek. Proses perhitungan dalam *software* LSM terdiri dari 2 tahapan, yaitu tahapan dalam alokasi kelompok kerja pada tiap aktivitas dan tahapan perhitungan *start* dan *finish* tiap aktivitas (Gambar 2).



Gambar 2. Bagan Alir Algoritma Penjadwalan LSM

Pada tahap pertama, kelompok kerja (c) dialokasi pada tiap *section* aktivitas yang memiliki durasi ($D \neq 0$). Sedangkan pada tahap kedua, untuk menentukan waktu *start* dan *finish* aktivitas tiap *section*, perlu ditentukan terlebih dahulu aktivitas pertama pekerjaan. Aktivitas pertama diidentifikasi sebagai aktivitas yang tidak memiliki *predecessor* ($P[i] = 0$). *Start* awal aktivitas pertama pada *section* awal dinyatakan pada Persamaan 1. Berikutnya untuk *finish* tiap *section* aktivitas dihitung dengan menggunakan Persamaan 2. Sedangkan dalam menentukan *start* aktivitas tiap *section* berikut oleh kelompok kerja c adalah dengan

menggunakan Persamaan 3. Perpindahan kelompok kerja dianggap sama dengan nol ($M[c] = 0$).

$$S[i,1] = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$F[i,n] = S[i,n] + D[i,n] \dots\dots\dots(2)$$

$$NS[c] = F[i,n-1] + M[c] \dots\dots\dots(3)$$

Berikutnya untuk menentukan titik *start* aktivitas yang memiliki *predecessor* ($P[i] \neq 0$), adalah dengan menghitung *early start* aktivitas terlebih dahulu. *Early start* aktivitas ditentukan dengan menetapkan nilai maksimum dari *finish* awal *predecessor* ditambah *lag predecessor* sebagai acuan *start* awal aktivitas atau dapat dihitung dengan Persamaan 4. Setelah acuan awal *start* aktivitas diketahui, maka kemudian dihitung *start* dan *finish* tiap *section*nya ($ES[i,n]$) dengan menggunakan Persamaan 2 dan 3. Setelah diperoleh nilai *early start* dari aktivitas i ($ES[i,n]$), proses berikutnya adalah membandingkan *early start* aktivitas i tersebut dengan maksimum *finish* aktivitas *predecessor* yang ditambah *lag predecessor*. Apabila nilai *early start* lebih kecil dari nilai maksimum *finish* aktivitas *predecessor* dan *lag predecessor*, hal ini menandakan terjadi interfensi antar aktivitas i dan aktivitas *predecessor*. Untuk menghindari terjadinya interfensi antar aktivitas, adalah memberi *buffer* antar aktivitas i dan *predecessornya*. *Buffer* adalah selisih antara *early start* aktivitas i dan *finish* aktivitas *predecessor* ditambah *lag* (Persamaan 5). *Buffer* tiap *section* yang diperoleh dari Persamaan 5 kemudian diambil yang maksimum sebagai *buffer* antara aktivitas i dan aktivitas *predecessor*. Sehingga *start* aktivitas i adalah *early start* aktivitas i ditambah maksimum *buffer* (Persamaan 6). Sebaliknya, apabila nilai *early start* lebih besar dari nilai maksimum *finish* aktivitas *predecessor* dan *lag predecessor* menunjukkan tidak ada interfensi aktivitas yang terjadi. Pada kondisi ini, nilai *start* aktivitas i yang dipakai adalah sama dengan *early start* aktivitas i (Persamaan 7).

$$ES[i,1] = \text{Max} [F[p,1] + \text{Lag}[i,p] \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Buffer} = ES[i,n] - \text{Max} [F[p,n] + \text{Lag}[i,p]] \dots\dots\dots(5)$$

$$S[i,n] = ES[i,n] + \text{Max Buffer} \dots\dots\dots(6)$$

$$S[i,n] = ES[i,n] \dots\dots\dots(7)$$

Setelah proses perhitungan waktu *start* dan *finish* tiap *section* pada seluruh aktivitas selesai maka proses terakhir adalah menentukan durasi proyek, yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 8. Durasi proyek yang dihasilkan *software* LSM kemudian dibandingkan dengan jangka waktu proyek pada data perencanaan penjadwalan LSM yang menjadi target waktu penyelesaian proyek (DPD).

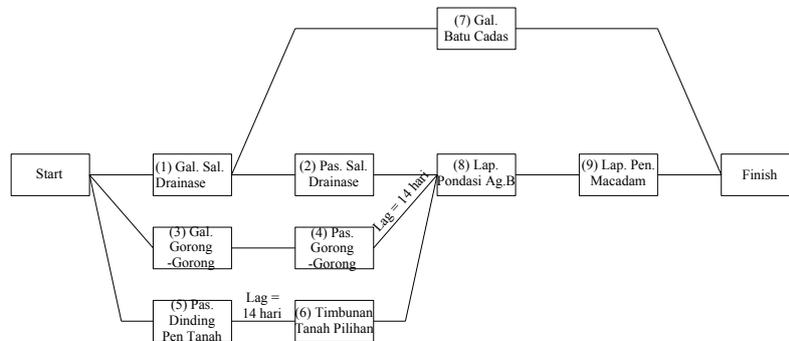
$$PD = \text{Max} F[i,n] \dots\dots\dots(8)$$

4. PENERAPAN SOFTWARE LSM PADA PROYEK KONSTRUKSI JALAN

Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini untuk menguji *software* yang dibuat adalah proyek konstruksi jalan Nangaroro – Maunori yang terletak di Provinsi Nusa Tenggara Timur, dengan panjang 2,3 km dan dibagi menjadi 23 *section* pekerjaan, dengan panjang tiap *section* adalah 100 m.

4.1. Input *Software* LSM

Variabel – variabel yang diinput pada *software* LSM ditandai dengan kotak berwarna putih, sedangkan *output software* ditandai dengan kotak berwarna abu – abu. Pada Gambar 4, informasi yang diinput berupa informasi umum proyek, sedangkan jumlah *predecessor* maksimum adalah jumlah *predecessor* terbanyak dari suatu aktivitas (Gambar 3). Berikutnya dari CPM Gambar 3, maka data *predecessor* dan *lag* tiap aktivitas diinput pada Tabel 1.



Gambar 3. Urutan Aktivitas Pekerjaan Konstruksi Jalan

DATA PERENCANAAN PENJADWALAN LSM		
Nama Proyek	=	Peningkatan Jalan Nangaroro - Maunura - Maunori
Lokasi Proyek	=	Nangaroro
Kontraktor	=	CV. Anugerah Cipta Jaya
Jangka Waktu Pekerjaan	=	90 hari
Jam Kerja Efektif per Hari	=	7 jam
Jumlah Aktivitas	=	9 aktivitas
Panjang Jalan	=	2300 m
Panjang tiap Section	=	100 m
Jumlah Section / Unit Pekerjaan	=	23 section
Jumlah Predecessor Maksimum	=	3 predecessor

Gambar 4. Data Perencanaan Penjadwalan LSM

Tabel 1. Tabel Hubungan Ketergantungan Aktivitas

No.	Aktivitas (i)	Predecessor (P)					
		P(1)	Lag(1)	P(2)	Lag(2)	P(3)	Lag(3)
1	Galian Saluran Drainase	-	-	-	-	-	-
2	Pasangan Saluran Drainase	1	0	-	-	-	-
3	Galian Gorong - Gorong	-	-	-	-	-	-
4	Pasangan Gorong - Gorong	3	0	-	-	-	-
5	Pasangan Dinding Penahan Tanah	-	-	-	-	-	-
6	Timbunan Tanah Pilihan	5	14	-	-	-	-
7	Galian Batu Cadas	1	0	-	-	-	-
8	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	2	0	6	0	4	14
9	Lapis Permukaan Penetrasi Macadam	8	0	-	-	-	-

4.2. Output Software LSM

Setelah menginput variabel – variable di atas, tahap berikut adalah menginput durasi aktivitas tiap *section* aktivitas dan jumlah kelompok kerja tiap aktivitas untuk menghasilkan *output* berupa alokasi kelompok kerja, *start* dan *finish* aktivitas tiap *section* dan total durasi proyek (Tabel 2). Total durasi proyek yang dihasilkan untuk proyek konstruksi jalan ini adalah sebesar 83 hari.

Tabel 2. *Output Software LSM*

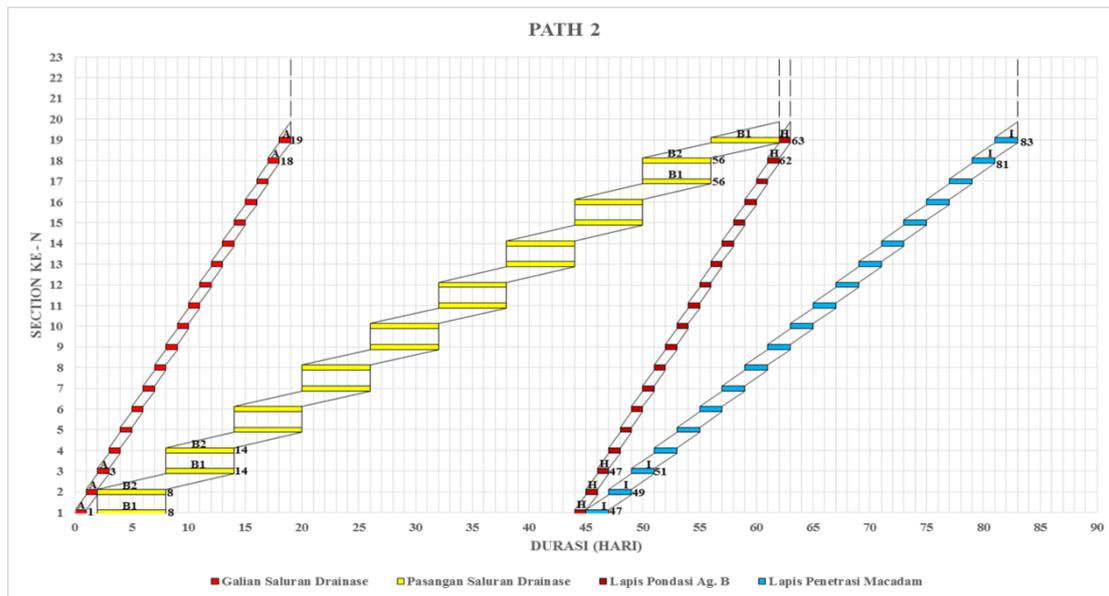
Section	(1) Galian Saluran Drainase				(2) Pasangan Saluran Drainase				(3) Galian Gorong - Gorong				(4) Pasangan Gorong - Gorong				(5) Pasangan Dinding Penahan Tanah			
	Jumlah Kelompok Kerja = 1				Jumlah Kelompok Kerja = 2				Jumlah Kelompok Kerja = 1				Jumlah Kelompok Kerja = 1				Jumlah Kelompok Kerja = 2			
	Durasi	Alokasi Kelompok Kerja	Start	Finish	Durasi	Alokasi Kelompok Kerja	Start	Finish	Durasi	Alokasi Kelompok Kerja	Start	Finish	Durasi	Alokasi Kelompok Kerja	Start	Finish	Durasi	Alokasi Kelompok Kerja	Start	Finish
1	1.00	1	0.00	1.00	6.00	1	2.00	8.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	1	1.00	1.00	0.00	0	0.00	0.00
2	1.00	1	1.00	2.00	6.00	2	2.00	8.00	1.00	1	0.00	1.00	2.00	1	1.00	3.00	7.00	1	0.00	7.00
3	1.00	1	2.00	3.00	6.00	1	8.00	14.00	0.00	0	1.00	1.00	0.00	0	3.00	3.00	8.00	2	0.00	8.00
4	1.00	1	3.00	4.00	6.00	2	8.00	14.00	0.00	0	1.00	1.00	0.00	0	3.00	3.00	9.00	1	7.00	16.00
5	1.00	1	4.00	5.00	6.00	1	14.00	20.00	0.00	0	1.00	1.00	0.00	0	3.00	3.00	9.00	2	8.00	17.00
6	1.00	1	5.00	6.00	6.00	2	14.00	20.00	0.00	0	1.00	1.00	0.00	0	3.00	3.00	0.00	0	17.00	17.00
7	1.00	1	6.00	7.00	6.00	1	20.00	26.00	0.00	0	1.00	1.00	0.00	0	3.00	3.00	0.00	0	17.00	17.00
8	1.00	1	7.00	8.00	6.00	2	20.00	26.00	0.00	0	1.00	1.00	0.00	0	3.00	3.00	0.00	0	17.00	17.00
9	1.00	1	8.00	9.00	6.00	1	26.00	32.00	0.00	0	1.00	1.00	0.00	0	3.00	3.00	9.00	1	16.00	25.00
10	1.00	1	9.00	10.00	6.00	2	26.00	32.00	0.00	0	1.00	1.00	0.00	0	3.00	3.00	0.00	0	25.00	25.00
11	1.00	1	10.00	11.00	6.00	1	32.00	38.00	1.00	1	1.00	2.00	2.00	1	3.00	5.00	9.00	2	17.00	26.00
12	1.00	1	11.00	12.00	6.00	2	32.00	38.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	0.00	0	26.00	26.00
13	1.00	1	12.00	13.00	6.00	1	38.00	44.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	0.00	0	26.00	26.00
14	1.00	1	13.00	14.00	6.00	2	38.00	44.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	0.00	0	26.00	26.00
15	1.00	1	14.00	15.00	6.00	1	44.00	50.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	0.00	0	26.00	26.00
16	1.00	1	15.00	16.00	6.00	2	44.00	50.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	0.00	0	26.00	26.00
17	1.00	1	16.00	17.00	6.00	1	50.00	56.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	0.00	0	26.00	26.00
18	1.00	1	17.00	18.00	6.00	2	50.00	56.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	0.00	0	26.00	26.00
19	1.00	1	18.00	19.00	6.00	1	56.00	62.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	0.00	0	26.00	26.00
20	0.00	0	19.00	19.00	0.00	0	62.00	62.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	0.00	0	26.00	26.00
21	0.00	0	19.00	19.00	0.00	0	62.00	62.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	10.00	1	25.00	35.00
22	0.00	0	19.00	19.00	0.00	0	62.00	62.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	0.00	0	35.00	35.00
23	0.00	0	19.00	19.00	0.00	0	62.00	62.00	0.00	0	2.00	2.00	0.00	0	5.00	5.00	9.00	2	26.00	35.00

Tabel 2. (Lanjutan)

Section	(6) Timbunan Tanah Pilihan				(7) Galian Batu Cadas				(8) Lapis Pondasi Agregat Kelas B				(9) Lapis Permukaan Penetrasi Macadam			
	Jumlah Kelompok Kerja = 1				Jumlah Kelompok Kerja = 1				Jumlah Kelompok Kerja = 1				Jumlah Kelompok Kerja = 1			
	Durasi	Alokasi Kelompok Kerja	Start	Finish	Durasi	Alokasi Kelompok Kerja	Start	Finish	Durasi	Alokasi Kelompok Kerja	Start	Finish	Durasi	Alokasi Kelompok Kerja	Start	Finish
1	0.00	0	43.00	43.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	44.00	45.00	2.00	1	45.00	47.00
2	1.00	1	43.00	44.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	45.00	46.00	2.00	1	47.00	49.00
3	1.00	1	44.00	45.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	46.00	47.00	2.00	1	49.00	51.00
4	1.00	1	45.00	46.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	47.00	48.00	2.00	1	51.00	53.00
5	1.00	1	46.00	47.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	48.00	49.00	2.00	1	53.00	55.00
6	0.00	0	47.00	47.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	49.00	50.00	2.00	1	55.00	57.00
7	0.00	0	47.00	47.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	50.00	51.00	2.00	1	57.00	59.00
8	0.00	0	47.00	47.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	51.00	52.00	2.00	1	59.00	61.00
9	1.00	1	47.00	48.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	52.00	53.00	2.00	1	61.00	63.00
10	0.00	0	48.00	48.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	53.00	54.00	2.00	1	63.00	65.00
11	1.00	1	48.00	49.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	54.00	55.00	2.00	1	65.00	67.00
12	0.00	0	49.00	49.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	55.00	56.00	2.00	1	67.00	69.00
13	0.00	0	49.00	49.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	56.00	57.00	2.00	1	69.00	71.00
14	0.00	0	49.00	49.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	57.00	58.00	2.00	1	71.00	73.00
15	0.00	0	49.00	49.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	58.00	59.00	2.00	1	73.00	75.00
16	0.00	0	49.00	49.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	59.00	60.00	2.00	1	75.00	77.00
17	0.00	0	49.00	49.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	60.00	61.00	2.00	1	77.00	79.00
18	0.00	0	49.00	49.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	61.00	62.00	2.00	1	79.00	81.00
19	0.00	0	49.00	49.00	0.00	0	19.00	19.00	1.00	1	62.00	63.00	2.00	1	81.00	83.00
20	0.00	0	49.00	49.00	5.00	1	19.00	24.00	0.00	0	63.00	63.00	0.00	0	83.00	83.00
21	1.00	1	49.00	50.00	11.00	1	24.00	35.00	0.00	0	63.00	63.00	0.00	0	83.00	83.00
22	0.00	0	50.00	50.00	10.00	1	35.00	45.00	0.00	0	63.00	63.00	0.00	0	83.00	83.00
23	1.00	1	50.00	51.00	12.00	1	45.00	57.00	0.00	0	63.00	63.00	0.00	0	83.00	83.00

4.3. Grafik LSM

Grafik LSM merupakan grafik informatif yang menampilkan informasi penjadwalan LSM dalam 2 dimensi, yaitu dimensi waktu (hari) pada sumbu X dan dimensi lokasi (*section*) pada sumbu Y. Untuk menjadikan grafik mudah dibaca, maka grafik LSM ditampilkan berdasarkan tiap *individual path* yang ada pada *network* CPM. *Path 2* (Gambar 5) merupakan jalur kritis dimana bila terjadi keterlambatan pada salah satu aktivitas yang berada di dalamnya, maka akan menyebabkan molornya total durasi proyek.



Gambar 5. *Path 2*

5. KESIMPULAN

- Perencanaan penjadwalan proyek konstruksi jalan menggunakan *software* LSM yang dibuat, menghasilkan total durasi proyek sebesar 83 hari kerja.
- *Output* dari *software* LSM menunjukkan perpindahan kelompok dalam suatu aktivitas berlangsung berkesinambungan, tanpa *idle time* pada perpindahan kelompok kerja.
- *Software* LSM yang dibuat memungkinkan perencana dalam mengatur urutan aktivitas proyek dengan cara menginput informasi yang ada pada *network* penjadwalan CPM ke dalam tabel hubungan ketergantungan aktivitas.
- Durasi yang dapat diinput pada tiap *section* aktivitas memungkinkan *user* dalam mengkombinasikan aktivitas linear yang tipikal dan non tipikal pada *software* LSM ini.
- Penerapan *software* LSM pada studi kasus proyek konstruksi jalan menunjukkan bahwa *software* ini dapat digunakan dalam perencanaan penjadwalan proyek yang sifatnya linear di waktu mendatang (khususnya proyek konstruksi jalan).

6. SARAN

- Pada penelitian selanjutnya diharapkan mempertimbangkan faktor pembanding seperti variabel biaya proyek dalam memperhitungkan total durasi proyek.
- Penelitian – penelitian berikut diharapkan memasukkan faktor keterbatasan kelompok kerja, sehingga dapat menghasilkan penjadwalan LSM yang lebih realistis.
- Pengembangan penelitian berikut hendaknya mempertimbangkan urutan penugasan kelompok kerja untuk mengerjakan unit aktivitas yang berulang (*construction order*).

7. DAFTAR REFERENSI

- Agrama, F. A. E.-M. (2011). "Linear Projects Scheduling Using Spreadsheets Features" *Alexandria Engineering Journal*, 50(2), 179–185. <http://doi.org/10.1016/j.aej.2011.01.018>
- Ammar, M. A. (2013). "LOB and CPM Integrated Method for Scheduling Repetitive Projects" *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Arditi, D., Tokdemir, O. B., & Suh, K. (2002). "Challenges in Line-of-Balance Scheduling" *Journal of Construction Engineering and Management*. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:6\(545\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:6(545))
- Hafez, S. M. (2004). "Practical Limitations of Line-of-Balance in Scheduling Repetitive Construction Units" *Alexandria Engineering Journal*, 43(5), 653–661. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-014644404875&partnerID=40&md5=5dbdf585113df5d4892d03f17533c98c>
- Hyari, K., & El-Rayes, K. (2006). "Optimal Planning and Scheduling for Repetitive Construction Projects" *Journal of Management in Engineering*, 22(1), 11–19. [http://doi.org/Doi.10.1061/\(Asce\)0742-597x\(2006\)22:1\(11\)](http://doi.org/Doi.10.1061/(Asce)0742-597x(2006)22:1(11))
- Iswanto, N. (2006). *Sistem Penjadwalan LSM untuk Proyek Instalasi Pipa Bawah Tanah*. Universitas Kristen Petra.
- Shuh, J., Lin, Y.-H., Lin, Y.-C., & Wang, L.-C. (2013). "Simplified CPM/LOB Methodology for Construction Project Management" *Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Paper*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2115/54211>
- Zolfaghar Dolabi, H. R., Afshar, A., & Abbasnia, R. (2014). "CPM/LOB Scheduling Method for Project Deadline Constraint Satisfaction" *Automation in Construction*, 48, 107–118. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.09.003>