EXTRAPOLASI Jurnal Teknik Sipil *Untag* Surabaya P-ISSN: 1693-8259
Juli 2015, Vol. 8 No. 1, hal. 9 - 24

OPTIMALISASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN *LINEAR SCHEDULING METHOD* PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG ARSIP DINAS PEKERJAAN UMUM KALIMANTAN TENGAH DI PALANGKA RAYA

Syayuti

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
email: sipil@untag-sby.ac.id

Abstraks

Linier Scheduling Method (LSM) adalah metode penjadualan yang khusus dipergunakan untuk proyek repetitif, tetapi sejauh mana penggunaan *Linier Scheduling Method* (LSM) pada pembangunan gedung bertingkat dan seberapa pengaruhnya. Dalam penelitian ini telah dicoba dengan menggunakan *Linier Scheduling Method* (LSM) tetapi tidak ada dampaknya pada pembangunan gedung bertingkat sedikit. Dapat diyakini untuk pembangunan gedung bertingkat banyak manfaat dari *Linier Scheduling Method* (LSM) sangat banyak. Setelah menggunakan Linier Scheduling Method (LSM), terbukti tidak perlu dilakukan dan oleh karena itu dilakukan cara biasa. Untuk menganalisis waktu dibutuhkan biaya sebesar Rp. 3.804.319.821,36 dengan waktu normal 207 hari kalender dengan orang-hari *(man-days)* 9 (2x12 OH). Biaya yang dibutuhkan tetap sebesar Rp. 3.804.319.821,36 dengan waktu percepatan 175 hari kalender. Biaya yang dibutuhkan dengan biaya lembur dalam 30 hari (1 bulan) sebesar Rp. 71.280.000,00 sehingga biaya total naik sebesar Rp. 3.875.599.821,36 dengan waktu percepatan 145 hari kalender dengan orang-hari *(man-days)* 9 (2x12 OH). Proyek repetitif yang ditinjau adalah proyek dengan jenis yang sama, yaitu gedung bertingkat banyak. Dari masing – masing kegiatan tersebut dihitung berapa durasi proyek yang bisa dipercepat dengan memakai Linier Scheduling Method (LSM) sebagaimana yang telah disebutkan. Metode percepatan durasi dengan Linier Scheduling Method (LSM) bisa menguntungkan untuk dilakukan, dan layak untuk diterapkan apabila metode percepatan tidak bisa dilakukan.

Kata Kunci : Percepatan waktu, optimalisasi.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Palangka Raya adalah salah satu kota di Indonesia yang dibangun dengan membuka hutan belantara melalui desa Pahandut yang terletak ditepi sungai Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah berbeda dengan ibu kota provinsi-provinsi lainnya pada umumnya yang semrawut dan sering terjadi kemacetan. Kota Palangka Raya sangat tertata dengan baik sehingga dijuluki kota Cantik. Letaknya yang berada ditengah-tengah Indonesia dan mempunyai wilayah seluas 2.678, 51 km^2. Secara geografis Palangka Raya terletak pada garis-garis 113°30´-114°07´ Bujur Timur dan 1°35´-2°24´ Lintang Selatan, sehingga dengan derajat Lintang Selatan yang kecil tersebut menunjukkan bahwa kota Palangka Raya adalah dekat dengan garis Khatulistiwa.

Untuk menunjang pembangunan manusia yang tidak kalah pentingnya salah satunya adalah dimana pemerintah provinsi Kalimantan Tengah melalui Dana Anggaran Pendapatan Belanja Daerah (APBD) pada tahun anggaran 2014 telah mengalokasikan dananya dalam Program: Peningkatan Sarana dan Prasarana Aparatur, berupa kegiatan: Pembangunan Gedung Kantor Arsip Dinas Pekerjaan Umum, yang terletak di Jalan Tjilik Riwut KM. 3,5 Palangka Raya. Pembangunan Gedung Arsip Dinas Pekerjaan Umum oleh pemerintah provinsi Kalimantan Tengah adalah merupakan

gedung bertingkat 3 (tiga) lantai yang di rehabilitasi dari bangunan lama yang ada di Kota Palangka Raya.

Proyek Pembangunan Gedung Arsip Dinas Pekerjaan Umum merupakan proyek konstruksi yang terdiri dari serangkaian pekerjaan berulang dan berkelanjutan. Metode penjadualan yang digunakan adalah metode penjadualan linier *(Linier Scheduling Method atau LSM)*. Keunggulan dari penjadualan *Linier Scheduling Method atau LSM* tersebut adalah memudahkan proses pengalokasian sumber daya manusia, pemantauan, dan pengendalian terhadap kegiatan kemajuan proyek.

Kebutuhan informasi dalam menyusun penjadualan *Linier Scheduling Method atau LSM* merupa jenis sumber daya dan produktivitas aktivitas yang didapatkan dari data historis proyek-proyek sejenis yang pernah dikerjakan, namun pada kenyataan-nya, kontraktor sering tidak melakukan pencatatan produktivitas tersebut secara rutin, sehingga tidak tersedia data yang memadai untuk pengaturan proyek berikut-nya yang sejenis. Pada penelitian ini dibuat suatu sistem yang dapat membantu menyimpan informasi yang dapat diman-faatkan pada penjadualan proyek berikut-nya.

Pada sistem penjadwalan dikatakan optimal apabila penjadualan proyek di-lakukan berdasarkan biaya terendah *(least cost)*. Optimalisasi biaya dan waktu umum-nya dilakukan dengan percepatan pada aktivitas yang dianggap mempunyai produktivitas rendah. Untuk memperoleh biaya terendah dilakukan proses berulang *(iterasi)*. Untuk memudahkan proses berulang *(iterasi)* tersebut diperlukan suatu metode optimalisasi penjadualan. Dengan demikian penerapan metode penjadualan adalah upaya untuk mendapatkan biaya terendah dengan cara proses berulang.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana durasi waktu kegiatan proyek pembangunan gedung arsip Dinas Pekerjaan Umum dilakukan sehingga dapat mengetahui proses penjadualan proyek keseluruhan?
2. Bagaimana optimalisasi, waktu dan biaya pada proyek pembangunan gedung arsip dengan teknik penjadualan *Linier Scheduling Method - LSM* dan net work planing?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menentukan durasi waktu kegiatan proyek pembangunan gedung arsip Dinas Pekerjaan Umum dilakukan sehingga dapat mengetahui proses penjadualan proyek keseluruhan.
2. Menentukan optimalisasi, waktu dan biaya pada proyek pembangunan gedung arsip dengan teknik penjadualan *Linier Scheduling Method - LSM* dan net work planing.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

1. Niko Iswanto (2005)
   Judul tesis dalam penelitian ini adalah: *Sistem Penjadwalan LSM Untuk Proyek Instalasi Pipa Bawah Tanah*, Kesim-pulan sebagai berikut: 1. Sistem Penjadualan dengan *Linear Scheduling Method – LSM* yang dilakukan dengan proses pengulangan *(iterasi)* tersebut terdapat suatu optimalisasi biaya secara efisien. 2. Sistem penjadualan dengan *Linear Scheduling Method – LSM* telah sesuai untuk jenis-jenis pekerjaan yang berulang seperti sistem perpipaan bawah tanah.
2. Tony Prasanto Atmadi (2011):
   Judul tesis dalam penelitian ini adalah: *Optimalisasi Waktu dan Biaya Menggu-nakan Metode Penjadualan Linier pada Proyek Saluran Irigasi Waduk Bajul-mati di Kabupaten Banyuwangi.* Kesim-pulan bahwa menggunakan proses pengendalian pelaksanaan proyek EV (*Earned* Value) akan dapat diketahui kemungkinan terjadinya : 1. Peng-hematan atau biaya dibawah perencana-

an *(under cost)* pada saat pelaksanaan pekerjaan. 2. Percepatan waktu atau tidak terjadi keterlambatan pada waktu penyelesaian proyek dimana hal itu dapat dilihat pada uraian berikut ini: a. Bila Proses Pengendalian dilakukan pada Bulan ke 1, maka pihak pelaksana proyek akan mendapatkan keuntungan dari segi waktu dan biaya. b. Bila proses pengendalian dilakukan pada bulan ke 2 sampai dengan bulan ke 4, terlihat bahwa proyek mengalami kerugian dari segi waktu dan biaya. c. Bila proses pengendalian dilakukan pada bulan ke 5 dan ke 6, akan terlihat bahwa proyek mengalami kerugian dalam segi waktu pelaksanaan, akan tetapi dari segi biaya masih mendapatkan keuntungan. d. Bila proses pengendalian dilakukan pada bulan ke 7 sampai dengan bulan ke 14, terlihat bahwa proyek mengalami kerugian dari segi waktu dan biaya.

3. Budi Laksito, (2005).
   Judul penelitian ini adalah: *Studi Komparatif Penjadualan Proyek Konstruksi Repetitif Menggunakan Metode Penjadwalan Berulang (RSM) dan Metode Diagram Preseden (PDM).* Kesimpulan dalam penelitian ini adalah: Metode *Penjadwalan Berulang (Repetitive Scheduling Method -RSM)* ternyata mampu merencanakan jadwal proyek multiunit repetitif dengan tetap mempertahankan kontinuitas pekerjaan bagi regu-regu pekerja sehingga penggunaan tenaga kerja menjadi tak putus. Kelebihan metode-metode *Penjadwalan Berulang (Repetitive Scheduling Method-RSM)* dibanding dengan metode *Diagram Preseden (Presedence Diagram Method-PDM)*: (1). Mampu mempertahankan kontinyuitas pekerjaan bagi regu-regu pekerja (tidak ada menunggu atau stand by), sehingga bisa menghemat upah tenaga kerja. (2). Penampakan diagramnya lebih sederhana dan lebih mudah dibaca karena merupakan diagram berskala waktu *(time scale network)*.

4. Annis Nur Uzma, Putu Artama Wiguna, Cahyono Bintang Nurcahyono, (2012).
   Judul penelitian ini adalah: *Penerapan Repetitive Scheduling Method pada Penjadwalan Proyek Jalan Tubaan–Talisayan / Dumaring, Provinsi Kalimantan Timur.* Kesimpulan dalam penelitian ini adalah: Metode RSM dapat diaplikasikan dengan perhitungan waktu dan biaya akhir sebagai berikut.
   1. Diagram RSM Eksisting :
      Waktu 282 hari
      Total biaya Rp. 5.086.839.313,84
   2. Diagram RSM *Consequence* ke 1 (menghilangkan lag time) :
      Waktu 282 hari
      Total biaya Rp. 4.737.329.782,32
   3. Diagram RSM *Consequence* ke 2 (menambah alat sesuai dengan kebutuhan) :
      Waktu 162 hari
      Total biaya Rp. 5.385.520.490,16
   4. Diagram RSM *Consequence* ke 3 (menambah jam kerja sesuai dengan kebutuhan) :
      Waktu 162 hari
      Total biaya Rp. 4.670.159.227,83

   Dari beberapa *Consequence* tersebut diatas dapat diambil kesimpulan bahwa jika proyek tersebut ingin dilakukan penghematan dalam biaya dan waktu maka yang dipilih adalah Consequence ke 3, dengan penghematan waktu sebesar 120 hari dengan menambah jam kerja dan biaya Rp. 4.670.159.227,83

5. Hedwig Angdiarto Tan, (2012).
   Permodelan Penjadualan Linier Dengan Alokasi Sumberdaya Manusia Pada Proyek Perumahan. Kesimpulan dalam penelitian ini adalah membuat simulasi ke 1 sampai dengan ke 14, hanya simulasi ke 8 yang memiliki durasi waktu yang paling efektif. Hal ini karena dengan penambahan kelompok kerja sebanyak 12 kelompok kerja menjadi 18 kelompok kerja dapat mengurangi durasi penyelesaian unit ke 50 sebanyak 804-314 = 490 hari. Sehingga rata-rata setiap penambahan

satu kelompok kerja dapat mengurangi durasi sebanyak 41 hari.

Simulasi penjadualan tanpa menggunakan buffer sbb:

Pada simulasi ke 1 sampai dengan ke 20 dipilih simulasi ke 9 pekerjaan plafond dengan menggunakan 4 kelompok kerja yang memiliki durasi dengan nilai idle time terendah serta memiliki inefisiensi yang terkecil bila dibandingkan dengan simulasi lainnya. Dari kedua simulasi diatas dapat disimpulkan bahwa simulasi ke 8 menggunakan buffer menjadi alternatif pertama yang dipilih, hal ini karena simulasi ke 8 hanya menggunakan 18 kelompok kerja, lebih hemat 14 kelompok kerja, dari simulasi ke 9 tanpa menggunakan buffer, dengan total menggunakan 32 kelompok kerja. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian yaitu menggunakan sumberdaya manusia yang efisien. Kesimpulan ini masih berlanjut dengan menggunakan berbagai simulasi untuk simulasi simulasi lainnya.

2.2. Penjadualan Proyek

Kegiatan dan aktivitas pada suatu proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian yang saling ada keterkaitan satu sama lain dan mempunyai saling ketergantungan *(interdefendencies)*. Proyek konstruksi selamanya mempunyai kegiatan dan aktivitas berulang, sehingga penjadualan dengan metode *Linear Schedule Modeling - LSM* digunakan bertujuan untuk mencegah terjadinya keterlambatan sekaligus pengaturan alokasi sumber daya yang digunakan.

Penelitian yang menggunakan metode penjadualan linier yang diterapkan pada suatu proyek konstruksi jalan raya, proyek irigasi dan proyek perpipaan dimana metode ini sangat tepat diterapkan pada proyek konstruksi yang memanjang dan pekerjaannya menerus dan tidak berulang, meskipun pada proyek pembangunan gedung juga dapat digunakan.

Tujuan dari perencanaan penjadualan adalah untuk menyelesaikan proyek sesuai dengan waktu yang telah direncanakan dan juga untuk melakukan efisiensi terhadap penggunaan sumber daya dalam menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan jadual yang telah direncanakan. Perencanaan yang telah dilakukan memerlukan proses pemantauan *(monitoring)* secara periodik dan berkesinambungan. Tindakan pemantauan *(monitoring)* tersebut untuk mengidentifikasi deviasi secara cepat dan melakukan penyesuaian metode serta alternatif untuk mengatasi deviasi yang terjadi. Perencanaan yang dilakukan melibatkan penjadualan *(scheduling)* dan pemantauan *(monitoring)* proyek.

2.3. Tahapan Penjadwalan Proyek

Tahapan penjadwalan proyek pada umumnya dan proyek konstruksi berdasarkan metode penjadualan *Linier Scheduling Method LSM* meliputi 4 (empat) proses pentahapan kegiatan (Newitt, 1994), sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi aktivitas,
2. Mengestimasi produktivitas aktivitas,
3. Menentukan urutan aktivitas,
4. Membuat jadual proyek.

Tahap Identifikasi Aktivitas

Identifikasi aktivitas adalah merupakan langkah awal dalam perencanaan jadual proyek. Aktivitas-aktivitas yang diidentifikasi harus merupakan seluruh aktivitas untuk menyelesaikan proyek. Karakteristik aktivitas dalam proyek konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Durasi Waktu Aktivitas adalah menentukan besarnya rentang waktu yang dibutuhkan dalam suatu aktivitas.
2. Sumberdaya Manusia, Peralatan dan Bahan.
3. Pemanfaatan Sumberdaya.
4. Kemajuan Aktivitas.

\

Tahap Estimasi Produktivitas Aktivitas

Produktivitas aktivitas adalah volume pekerjaan seperti misalnya dicontohkan berupa pekerjaan galian tanah, atau aktivitas pekerjaan lainnya yang dapat

diselesaikan oleh sumber daya: manusia, peralatan dan bahan setiap satuan waktu. Produktivitas aktivitas tersebut yang menjadi dasar dalam melakukan estimasi durasi waktu aktivitas adalah berdasarkan data produktivitas aktivitas yang telah selesai dikerjakan atau juga berdasarkan hasil estimasi. Estimasi produktivitas aktivitas tersebut adalah yang diperoleh dari volume aktivitas yang dapat diselesaikan setiap satu satuan waktu, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Estimasi\ produktivitas = \frac{Volume\ Pe\ker\ jaan}{Durasi\ Waktu}$$

Faktor–faktor yang mempengaruhi produktivitas aktivitas suatu pekerjaan antara lain adalah ketersediaan sumber daya, karakteristik aktivitas, kondisi cuaca dan musim, peraturan kerja dan kualitas pekerjaan, yang tergantung dari manusia, peralatan dan bahan seperti diuraikan dibawah ini. (Glavinich, 1994).

1. Ketersediaan Sumberdaya
2. Karakteristik Aktivitas
3. Kondisi Cuaca dan Musim
4. Peraturan Kerja
   Meliputi kegiatan–kegiatan sebagai berikut:
   1) Jam kerja dan jumlah hari kerja yang diijinkan (dengan 8 jam dalam sehari, dengan 6 hari kerja dalam seminggu)
   2) Pembatasan pengiriman material (berkaitan dengan kelas jalan yang dapat dilewati kendaraan dengan bebannya).
   3) Jaminan keamanan dan keselamatan tenaga kerja (alat-alat kerja dan pengaman kerja yang digunakan).
5. Kualitas Pekerjaan
   Perbedaan karakteristik dan metode perhitungan untuk sumber daya pekerja dan peralatan dan bahan :
   1) Produktivitas Pekerja
      Produktivitas pekerja bervariasi pada setiap aktivitas proyek dan lokasi yang berbeda (Callahan et al, 1992).
   2) Produktivitas Peralatan
      Produktivitas peralatan lebih mudah dianalisis jika dibandingkan dengan produktivitas sumberdaya manusia karena lebih sedikit faktor yang mempengaruhinya. Faktor–faktor yang mempengaruhi produktivitas sumber-daya peralatan antara lain : program pemeliharaan, rutinitas pemeliharaan, kesesuaian kapasitas peralatan, umur peralatan, dan keterampilan operator dalam meng-operasikan peralatan.
      Ada 5 (lima) metode dan cara untuk menghitung produktivitas sumber daya peralatan (Griffis and Farr, 2000) :
      a) *Heuristics*, yang menyeluruh berdasarkan estimasi peralatan yang digunakan;
      b) Menggunakan analisis statistik berdasarkan data-data produk-tivitas peralatan,
      c) Analisis siklus waktu *(cycle time)* yang dapat dilakukan di lapangan saat peralatan berope-rasi,
      d) Teori antrian *(queuing theory)*, adalah cara menggu nakan peralatan yang tepat supaya tidak terjadi waktu tunggu *(idle time)*.
      e) Simulasi, adalah menentukan pera-latan yang tepat yang digunakan baik kapasitas, jenis dan kesesuaian.
   3) Produktivitas Bahan
      Produktivitas bahan tidak mudah di-analisis jika dibandingkan dengan produktivitas sumberdaya manusia dan sumberdaya peralatan, karena lebih banyak faktor yang mempe-ngaruhinya. Faktor–faktor yang mempengaruhi produktivitas sum-berdaya bahan antara lain : tempat penyimpanan bahan, kestabilan harga bahan, ketersediaan bahan, kelangkaan bahan dan mutu bahan.

Tahap Urutan Aktivitas

Hubungan antara aktivitas dengan aktivitas lainnya harus diperhitungkan dan dipertimbangkan sedemikian rupa agar dapat berguna sebagai piranti manajemen *(management tools)* dalam melaksanakan perencanaan, pemantauan dan pengendalian proyek konstruksi. Dalam menentukan urutan aktivitas tersebut sedikitnya ada 4 (empat) jenis hubungan antara aktivitas dengan aktivitas lainnya, (Iswanto,2006), yaitu :

1. *Physical relationship*
2. *Safety relationship*
3. *Resource relationship*
4. *Preferential relationship*

Tahap Penjadwalan Proyek

Ada 3 (tiga) tahapan dalam membuat jadual proyek berdasarkan pada metode *Linear Scheduling Method-LSM*, (Newitt, p. 150,2005), adalah sebagai berikut, yaitu :

1. Menentukan diagram kecepatan untuk aktivitas pertama,
2. Menambahkan diagram yang lain untuk aktivitas selanjutnya,
3. Menentukan aktivitas buffer untuk mencegah terjadinya konflik.

Model *Linear Scheduling Method-LSM* dinyatakan dalam koordinat sumbu horizontal dan sumbu vertikal, dimana sumbu horisontal pada LSM menunjukkan satuan durasi waktu (absis) yang menunjukkan durasi waktu aktivitas dan sumbu vertikal (ordinat) menunjukkan satuan kuantitas unit pekerjaan. Setiap aktivitas proyek memiliki satuan waktu dan satuan kuantitas unit pekerjaan yang berbeda yang harus disamakan menjadi satu jenis satuan sebagai satuan waktu dan satuan kuantitas unit pekerjaan pada *Linear Scheduling Method-LSM*. Intervensi aktivitas dapat terjadi karena perbedaan produktivitas dan aktivitas penyangga *(buffer activity)* digunakan untuk mencegahnya.

2.4. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah biaya-biaya yang dapat diukur dan dialokasikan untuk suatu kebutuhan kegiatan atau aktivitas tertentu pada proyek. Biaya langsung tersebut digunakan langsung untuk operasional proyek. Berdasarkan sumber daya yang dibutuhkan oleh proyek, biaya proyek dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu:

(1) biaya peralatan,
(2) biaya pekerja,
(3) biaya bahan

2.5. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung merupakan biaya yang sulit dimasukkan atau dialokasikan untuk suatu kebutuhan kegiatan atau aktivitas kerja tertentu. Biaya tak langsung meliputi *overhead* dan profit yang jumlah tiap proyek berbeda-beda. Besarnya biaya tak langsung ditentukan berdasarkan pada jenis proyek, besar atau kecilnya proyek, persaingan pada waktu pelaksanaan tender, dan besarnya resiko mungkin terjadi. Berdasarkan faktor–faktor tersebut maka untuk memasukkan besarnya biaya langsung dalam estimasi biaya proyek yaitu sebesar berkisar antara 0-25 % dari nilai biaya langsung proyek (Gould, 1997). Pada suatu perusahaan biaya tak langsung ini dibagi menjadi dua kategori yaitu : 1) Project overhead, 2). General Overhead (Hegazy, 2002).

2.6. Menyusun Jaringan Kerja

Untuk membentuk atau menyusun diagram jaringan kerja setelah metoda penggambaran ditentukan. Diagram jaringan kerja adalah bentuk grafis dari susunan setiap kegiatan dalam melak- sanakan proyek. Susunan jaringan kerja dalam bentuk grafis berupa gambar bagan adalah untuk memudahkan bagi setiap orang memahami setiap peristiwa dan kegiatan dalam pelaksanaan proyek.

Ketergantungan adalah hubungan yang saling berurutan antara 2 (dua) pasang aktivitas atau lebih yang saling terikat. Ada 3 (tiga) dasar tipe saling hubungan atau saling ketergantungan dalam aktivitas

proyek. (1). Ketergantungan wajib *(mandatory defendencies)* yaitu logika ketergantungan yang sulit dihindari *(hard logic)*: adalah yang merupakan ketergantungan yang tidak dapat dirubah, contohnya adanya pemasangan dinding tembok rumah dilakukan lebih dulu sebelum menetapkan untuk memasang atap, (2). Ketergantungan yang bebas memilih *(discretionary defendencies)* yaitu logika ketergantungan yang dapat dihindari *(soft logic)*: adalah ketergantungan yang dapat dihindari oleh manajer proyek, contohnya adalah yang merupakan ketergantungan yang tidak perlu dibutuhkan untuk menyelesaikan persediaan seluruh jumlah bahan utama untuk mulai aktivitas persiapan, (3). Ketergantungan eksternal *(external dependen cies)*, adalah ketergantungan yang berada di luar pengendalian yang telah ditetapkan, contohnya adalah keberadaan dalam menyelesaikan lintasan kritis tidak tergantung pada rencana awal.

Lintasan kritis adalah waktu yang terpanjang dalam menyelesaikan suatu aktivitas proyek, dan jika waktu tersebut dilampaui maka akan menyebabkan keterlambatan proyek. Kadang-kadang tidak mungkin menggambarkan ketergan-tungan tanpa memasukkan kegiatan *dummy*, kegiatan *dummy* adalah kegiatan semu atau kegiatan yang dibuat-buat, yang tidak ada kebutuhan unsur sumberdaya atau waktu. (Oetomo, 2005).

2.7. Optimalisasi Penjadwalan Dengan Metode LSM

Data–data yang dimasukkan pada proses penjadualan dibedakan menjadi dua yaitu : (1) data umum proyek, (2) data aktivitas proyek. Pada data proyek mempunyai atribut diantaranya nama proyek, lokasi proyek, jenis pekerjaan, panjang saluran, panjang per seksi (*section*) atau jumlah section dan jam kerja normal proyek, sedangkan pada data aktivitas proyek memiliki atribut diantaranya dimensi/ukuran bangunan, jumlah jam kerja per hari, data produktivitas alat dan pekerja setiap aktivitas, jumlah kelompok kerja.

Proses Estimasi Biaya

Proses estimasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan bangunan. Total biaya didapatkan dari biaya langsung (material, peralatan, dan pekerja) ditambah dengan biaya tidak langsung. Biaya tidak langsung didapatkan dari hasil rerata data perusahaan pada proyek yang bersangkutan.

Pada suatu perusahaan perhitungan nilai biaya tidak langsung *(indirect cost)* tidak selalu sama, karena alasan ini maka pada sistem nilai *indirect cost* dianggap suatu variabel yang dapat langsung diinputkan nilainya atau melakukan perhitungan dengan memasukkan variabel - variabel dan nilai setiap variabel.

Variabel baru yang diinputkan yaitu nilai dari indirect cost (Rp./ hari) sedangkan variabel lain yang diperlukan didapat dari informasi dasar dan output dari proses penjadwalan LSM, variabel, proses maupun output yang pada proses estimasi biaya proyek.

Proses yang dilakukan untuk menghitung biaya proyek yaitu :

1. Menghitung biaya operasional setiap aktivitas;
2. Menghitung biaya material.

Proses Optimalisasi Biaya–Waktu

Proses optimalisasi dilakukan untuk mendapatkan waktu dan biaya optimum. Perubahan produktivitas suatu aktivitas dilakukan untuk mendapatkan nilai biaya dan waktu dari proyek. Dalam sistem perubahan biaya dan aktivitas dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menambah jumlah tenaga kerja atau dengan menambah jumlah jam kerja. Variabel yang diperlukan sebagai variabel baru yaitu jumlah jam kerja dan jumlah crew. Setelah menginputkan dua variabel itu maka proses penjadualan LSM dan proses estimasi biaya akan berulang kembali, sehingga mendapat-

kan durasi biaya proyek yang baru, demikian proses iterasi dilakukan hingga diperoleh biaya minimum.

Waktu optimal proyek adalah jumlah waktu penyelesaian proyek pada lintasan kritis (Dc). Sedangkan biaya optimal proyek dapat dihitung dengan rumus:

$$Cc = \left[Ck - \left\{ \frac{Dn * Cn}{Dc} * P(Dc) \right\} \right]$$

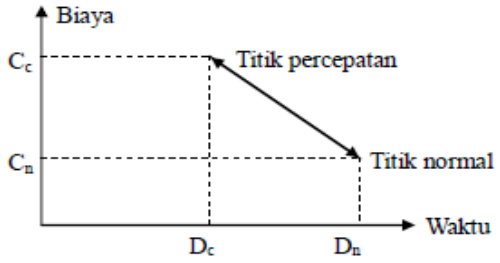
Dimana:

Cc = Biaya optimal
Cn = Biaya normal berdasarkan rencana anggaran biaya
Cp = Biaya ditekan
Ck = Biaya normal lintasan kritis
Dn = Waktu normal berdasarkan bar chart
Dc = Waktu optimal
P (Dc)= Peluang waktu optimal

Sehingga biaya yang dapat dihemat dapat dihitung sebagai berikut :

Cp = Cn – Cc

Biasanya hubungan biaya dengan waktu digambarkan sebagai berikut :



Gambar Grafik hubungan waktu & biaya

Titik (Dn, Cn) menyatakan hubungan waktu (Dn) dengan biaya (Cn). Jika aktifitas diselesaikan dalam kondisi normal, Dn tersebut dapat dipersingkat dengan cara meningkatkan pengalokasian sumber yang dengan sendirinya meningkatkan biaya langsung. Terdapat suatu batas yang dinamakan *crush time* (batas waktu penyusutan) yang menekankan bahwa pengurangan waktu selanjutnya (yang melewati batas tertentu) tidak efektif lagi. Pada titik ini setiap peningkatan sumber hanya akan meningkatkan biaya tanpa mengurangi durasinya. Titik percepatan (*crush point*) pada gambar ditunjukkan oleh titik (Dc, Cc). Hasil dari perhitungan ini adalah kurva yang menunjukkan hubungan biaya dan waktu untuk berbagai jadwal dan biaya-biaya yang bersangkutan. Secara sistimatis keadaan ini dapat dinyatakan hubungannya dengan kemiringan garisnya (cost slope) yaitu :

$$\text{Cost Slope} = \frac{Cc - Cn}{Dn - Dc}$$

Sebagai langkah awal prosedur perhitungannya dengan mengasumsikan bahwa seluruh aktifitas terjadi pada waktu normal, dan langkah selanjutnya adalah mengurangi waktu penyelesaian dengan menekan sebanyak mungkin aktivitas-aktivitas kritis yang memiliki kemiringan terkecil

III. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penjadwalan LSM

Tahapan dan metode penjadualan linier *(Linear Scheduling Method-LSM)* untuk proyek pembangunan gedung bertingkat Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Tengah yang telah berjalan selama tahun anggaran 2014 yang akan dilakukan penelitian adalah melalui urut-urutan produktivitas aktivitas sebagaimana diuraikan berikut ini:

1. Identifikasi aktivitas
2. Estimasi Produktivitas aktivitas
3. Menentukan urutan aktivitas

3.2. Estimasi Biaya Proyek

Biaya proyek didapatkan dengan menjumlahkan biaya proyek baik biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung adalah biaya yang terkait langsung dengan kegiatan proyek sedangkan biaya tidak langsung adalah biaya untuk menunjang kegiatan proyek.

Tc = D +I
Tc = Total Cost
D = Direct Cost
I = Indirect Cost

1. Biaya Langsung *(Direct Cost)*

Biaya ini meliputi penggunaan sumber-daya untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek konstruksi. Biaya langsung ini berbanding terbalik dengan durasi waktu semakin lama durasi waktu proyek semakin rendah biaya yang dibutuhkan. Pada penelitian perhitungan biaya langsung dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu:

1) Biaya Bahan
2) Biaya operasional

Biaya pelaksanaan yang didapat dikalikan durasi yang dibutuhkan un tuk menyelesaikan proyek sehingga didapatkan biaya total proyek.

2. Biaya tak langsung *(Indirect Cost)*

Biaya tak langsung meliputi seluruh biaya yang dibutuhkan untuk menun-jang pelaksanaan proyek konstruksi tersebut pada biaya langsung. Biaya ini berbanding lurus dengan durasi waktu proyek, semakin lama durasi waktu proyek maka semakin besar biaya tidak langsung yang dibutuhkan. Pada pene-litian biaya tak langsung meliputi biaya overhead kantor (*general overhead*). Dimana pada masing-masing overhead terdiri dari biaya asuransi kesehatan, biaya komunikasi, gaji pegawai, ke-butuhan alat tulis dan administrasi, sewa gedung dan mess pekerja, dan biaya lainnya yang tidak terkait langsung.

IV. ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Identifikasi aktivitas

Penjadualan dengan metode *Linear Scheduling Method-LSM* dilakukan pada proyek pembangunan gedung arsip Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Tengah di Palangka Raya untuk kegiatan-kegiatan berulang sebagaimana diuraikan dan dikelompokkan pada urut-urutan berikut:

1. Aktivitas Lantai Dasar
   a. Bowplank
   b. Galian tanah
   c. Urugan Kembali
   d. Besi, Begisting, Pengecoran beton Kolom K 300
   e. Beton Rabat
2. Aktivitas Lantai 1
   Besi, Begisting, Pengecoran beton lantai, kolom, balok, dan tangga K 300 serta pasang dinding bata dan plesteran.
3. Aktivitas Lantai 2
   Besi, Begisting, Pengecoran beton lantai, kolom, balok, dan tangga K 300 serta pasang dinding bata.
4. Aktivitas Lantai 3
   Besi, Begisting, Pengecoran beton lantai, kolom, balok, dan ring balok K 300
5. Aktivitas Siring
   a. Galian tanah,
   b. Urugan tanah
   c. Besi, Begisting, Pengecotan beton kolom K 300
   d. Beton Rabat
6. Aktivitas Atap
   a. Rangka atap baja ringan
   b. Atap metal
   c. Lapisan aluminium foil
   d. Bubungan atap metal
   e. Kalsibord 9 mm, lisplank
   f. Rangka plafond, Flafond
   g. Ornamen
   h. Pengecatan
   i. Penangkal petir

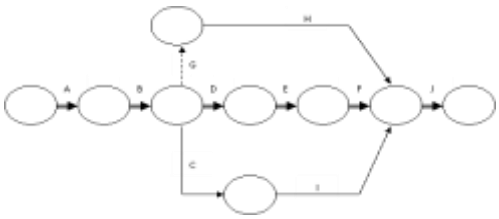
4.2. Penetapan Kelompok Aktivitas

Untuk menetapkan metode *Linear Scheduling Method-LSM* pada proyek pembangunan gedung arsip Dinas Peker-jaan Umum Provinsi Kalimantan Tengah di Palangka Raya untuk kegiatan berulang tersebut mengacu pada hasil tesis Hedwig (2014:46) sebagai berikut:

Tabel 4.1. Urutan Aktivitas

No.	Aktivitas / Jenis Pekerjaan	Predeseccor
A	Pekerjaan Tanah dan Pondasi	-
B	Pekerjaan Struktur Beton	A
C	Pekerjaan Dinding	B
D	Pekerjaan Atap	B
E	Pekerjaan Plafond	D
F	Pekerjaan Keramik	E
G	Pekerjaan Pintu dan Jendela	B
H	Pekerjaan Sanitasi	G
I	Pekerjaan Listrik	B
J	Pekerjaan Cat dan Finishing	F, H, I
	Lintasan kritis	

Sumber : Hasil Olahan Penelitian



Gambar 4.1. Network Hasil CPM (Hedwig, 2014)

Berdasarkan pada Tabel 4.1. Urutan Aktivitas dan Gambar 4.1. Network Hasil CPM yang dipedomani tersebut diatas, maka aktivitas proyek pembangunan gedung arsip Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Tengah di Palangka Raya sebagai berikut :

Tabel 4.2. Penetapan Kelompok Aktivitas

No	Kegiatan	Lt dsr	Lt 1	Lt 2	Lt 3	Luar
1	Pasang Bowplank	√	-	-	-	√
2	Galian dan Urugan Tanah	√	-	-	-	√
3	Sloof Beton K 300	√	-	-	-	√
4	Kolom Beton K 300	√	√	√	√	√
5	Balok Beton K 300	-	√	√	-	-
6	Lantai Beton K 300	-	√	√	-	-
7	Balok Latai Beton K 300	-	√	√	√	-
8	Dinding bata dan plesteran	-	√	√	√	-
9	Pekerjaan atap	-	-	-	√	-
10	Pekerjaan plafond	-	-	-	√	-
11	Pekerjaan rabat / keramik	√	-	-	-	√
12	Pekerjaan pintu jendela	-	-	-	-	-
13	Pekerjaan Sanitasi	-	-	-	-	-
14	Pekerjaan Listrik	-	-	-	-	-
15	Pekerjaan cat dan finishing	-	-	-	-	-

Sumber: Hasil Survei Penelitian

4.3. Estimasi Produktivitas Aktivitas

Seluruh kegiatan ditetapkan bahwa penggunaan tenaga kerja orang-hari, jika per 1 kelompok kerja sebanyak 12 orang hari, jika 2 kelompok kerja 24 orang-hari terdiri dari tukang kayu/batu/cat dan tukang laden (kuli)/ pekerja.

4.3.1. Pekerjaan Lantai Dasar

Pada lantai dasar yang meliputi pekerjaan tanah dan pondasi terdiri dari beberapa sub aktivitas, yaitu (1). Pengukuran dan pemasangan bowplank, (2). galian pondasi (3). Pemasangan pondasi, (4) Urugan tanah/ pasir, (5). Rabat Beton, (6) Sloof dan Pondasi Plat kolom.

1. Pengukuran dan Pemasangan Bowplank:
   Dalam menghitung kelompok kerja per m¹ diambil tukang kayu sebagai patokan dalam satuan orang-hari (OH), dengan tingkat produktivitas :

Tabel 4.3. Kelompok Kerja Pasang Bouwplank

SNI 1.4			Kelipatan
Pekerjaan Bowplank	Satuan	m¹	
Tenaga : Mandor	OH	0,005	0,05
Kepala Tukang	OH	0,010	0,10
Tukang kayu	OH	0,100	1*
Laden tukang kayu	OH	0,100	1

Untuk 6 jam kerja / hari memiliki tingkat produktivitas = 1/0,10 = 10 m¹/hari . Jika diasumsikan menggunakan 6 tukang kayu + 6 laden tukang, maka :

$$\frac{1{,}0\ m'}{0{,}10\ orang-hari}\ x\ 6\ orang = 60\ m'/hari$$

$$Durasi = \frac{116}{60} = 1{,}933\ hari \approx 2\ hari$$ Jadi untuk 6 jam kerja / hari dengan 24 OH / 2 kelompok , durasi 1 hari

2. Galian tanah:
   Dalam menghitung kelompok kerja per m³ diambil pekerja sebagai patokan dalam satuan orang-hari (OH), dengan tingkat produktivitas :
   Untuk 6 jam kerja / hari memiliki tingkat produktivitas 1/0,750 =1,333 m³/hari. Jika diasumsikan menggunakan 12 pekerja , maka :

$$\frac{1{,}0\ m^3}{0{,}750\ org-hari}\ x\ 12\ org = 16\ m^3/hari$$

Tabel 4.4. Kelompok Kerja Galian Tanah

SNI 2.1			Kelipatan
Pekerjaan galian tanah	Satuan	m³	
Tenaga: Mandor	OH	0,025	0,0335
Pekerja	OH	0,750	1*

$Durasi = \frac{187,10}{16} = 11,694\ hari \approx 12\ hari$ Jadi untuk 6 jam kerja / hari dengan 24 OH / 2 kelompok , durasi 6 hari

3. Urugan tanah / pasir:
   Dalam menghitung kelompok kerja per m³ diambil pekerja sebagai patokan dalam satuan orang-hari (OH), dengan tingkat produktivitas :

Tabel 4.5. Kelompok Kerja Urugan Tanah

SNI 2.11			Kelipatan
Pekerjaan urugan tanah / pasir	Satuan	m³	
Tenaga: Mandor	OH	0,001	0,0334
Pekerja	OH	0,30	1*

Untuk 6 jam kerja / hari memiliki tingkat produktivitas 1/0,30 =3,333 m³/hari. Jika diasumsikan menggunakan 12 pekerja , maka :

$$\frac{1,0\ m^3}{0,30\ org-hari}\ x\ 12\ org = 40\ m^3\ /\ hari$$

$$Durasi = \frac{93,55}{40} = 2,339\ hari \approx 3\ hari$$

Jadi untuk 6 jam kerja / hari dengan 24 OH / 2 kelompok , durasi 2 hari

4. Rabat Beton K 100:
   Dalam menghitung kelompok kerja per m³ diambil tukang batu sebagai patokan dalam satuan orang-hari (OH), dengan tingkat produktivitas :

Tabel 4.6. Kelompok Kerja Rabat Beton

SNI 4.1			Kelipatan
Pekerjaan rabat beton	Satuan	m³	
Tenaga: Mandor	OH	0,083	0,3019
Kepala tukang	OH	0,028	0,1019
Tukang batu	OH	0,275	1*
Laden tukang batu	OH	1,650	6

Untuk 6 jam kerja / hari memiliki tingkat produktivitas 1/0,275 =3,636 m³/hari. Jika diasumsikan menggunakan 2 pekerja + 10 laden tukang maka :

$$\frac{1,0\ m^3}{0,275\ org-hari}\ x\ 2\ org = 7,273\ m^3\ /\ hari$$

$$Durasi = \frac{11,69}{} = 1,607\ hari \approx 2\ hari$$

Jadi untuk 6 jam kerja / hari dengan 24 OH / 2 kelompok , durasi 1 hari

5. Bekisting Kolom:
   Dalam menghitung kelompok kerja per m² diambil pekerja sebagai patokan dalam satuan orang-hari (OH), dengan tingkat produktivitas :

Tabel 4.7. Kelompok Kerja Bekisting Beton 1

SNI 4.22			Kelipatan
Pekerjaan bekisting kolom	Satuan	m³	
Tenaga: Mandor	OH	0,033	0,10
Kepala tukang	OH	0,033	0,10
Tukang kayu	OH	0,330	1*
Laden tukang kayu	OH	0,660	2

Untuk 6 jam kerja / hari memiliki tingkat produktivitas 1/0,330 =3,030 m³/hari. Jika diasumsikan menggunakan 4 pekerja + 8 laden tukang maka :

$$\frac{1,0\ m^3}{0,330\ org-hari}\ x\ 4\ org = 12,121\ m^3\ /\ hari$$

$$Durasi = \frac{388}{12,121} = 32,011\ hari \approx 33\ hari\ ,$$

Jadi untuk 6 jam kerja / hari dengan 24 OH / 2 kelompok , durasi 17 hari

6. Pembesian Kolom:
   Dalam menghitung kelompok kerja per kg diambil tukang batu sebagai patokan dalam satuan orang-hari (OH), dengan tingkat produktivitas:

Tabel 4.8. Kelompok Kerja Pembesian Kolom

SNI 4.17			Kelipatan
Pekerjaan pembesian kolom	Satuan	kg	
Tenaga: Mandor	OH	0,0004	0,0572
Kepala tukang	OH	0,001	0,1429
Tukang batu	OH	0,007	1*
Laden tukang kayu	OH	0,007	1

Untuk 6 jam kerja/hari memiliki tingkat produktivitas 1/0,007 =142,857 kg/hari. Jika diasumsikan menggunakan 6 pekerja, maka :

$$\frac{1{,}0\ m^3}{0{,}007\ org-hari} x\ 6\ org = 857{,}143\ kg/hari$$

$$Durasi = \frac{10.019{,}66}{857{,}143} = 11{,}690\ hari \approx 12\ hari$$ Jadi untuk 6 jam kerja / hari dengan 24 OH / 2 kelompok , durasi 6 hari

7. Sloof / kolom Beton K 300:
   Dalam menghitung kelompok kerja per m³ diambil tukang batu sebagai patokan dalam satuan orang-hari (OH), dengan tingkat produktivitas :

Tabel 4.9. Kelompok Kerja Sloof / Kolom Beton K 300

SNI 4.1			Kelipatan
Pekerjaan sloof / kolom beton	Satuan	m³	
Tenaga: Mandor	OH	0,083	0,3019
Kepala tukang	OH	0,028	0,1019
Tukang batu	OH	0,275	1*
Laden tukang batu	OH	1,650	6

Untuk 6 jam kerja / hari memiliki tingkat produktivitas 1/0,275 =3,636 m³/hari. Jika diasumsikan menggunakan 2 pekerja + 10 laden tukang maka :

$$\frac{1{,}0\ m^3}{0{,}275\ org-hari} x\ 2\ org = 7{,}273\ m^3/hari$$

$$Durasi = \frac{71{,}19}{7{,}273} = 9{,}788\ hari \approx 10\ hari$$

Jadi untuk 6 jam kerja / hari dengan 24 OH / 2 kelompok , durasi 5 hari

Durasi dan penjadualan tenaga kerja untuk pekerjaan pengukuran, pekerjaan tanah dan pondasi untuk 6 jam kerja / hari dengan 24 OH / 2 kelompok seperti terlihat pada bar chart berikut ini. Durasi waktu = 1 + 6 + 17 + 6 + 5 = 35 hari

Tabel 4.10. Alokasi Tenaga Kerja dan Pekerjaan Tanah serta Pondasi

Pekerjaan Tanah dan Pondasi									
No	Aktivitas		Durasi (minggu)						
		hr	1-3	-6	-9	-12	-15	-18	21
1	Pasang Bowplank	1							
2	GalianTanah	6							
3	Bekisting	17							
4	Pembesian	6							
5	Pengecoran Beton	5							

Sumber: Hasil Olahan Penelitian

Yang dihitung tersebut diatas adalah bagaimana menentukan waktu aktivitas dengan menggunakan orang-hari (*man-days)* yang bekerja penuh selama 6 jam dalam sehari dari berbagai aktivitas dengan tenaga kerja 12-OH / 1 kelompok atau 24-OH / 2 kelompok.

Tabel 4.11. Kebutuhan Waktu Kelompok Aktivitas

No	Kegiatan Kegiatan	Lt dsr (hari)	Lt 1 (hari)	Lt 2 (hari)	Lt 3 (hari)	Siring (hari)
1	Pasang Bowplank	1				-
2	Galian tanah	4				2
3	Urugan Tanah	1				1
4	Rabat	1				
5	Bekisting pondasi +kolom	17	36	16	17	
6	Pembesian pondasi + kolom	6	9	8	12	
7	Sloof + kolom Beton K 300	5	7	6	3	
8	Bekisting lantai		20	22		
9	Pembesian lantai		5	13		
10	Lantai beton		4	4		
11	Kolom praktis		4	1	3	
12	Dinding Bata		4	2	2	
13	Plesteran		3	2		
14	Rangka atap				13	
15	Genting				15	
16	Kalsiboard				1	
17	Langit-langit				1	
18	Cat kayu				2	
19	Cat tembok				2	

Sumber: Rekapitulasi Hasil Penelitian

Selanjutnya berikut ini adalah menentukan kemungkinan perlu tidaknya menggunakan *linier scheduling method (LSM)* dalam pembangunan proyek gedung arsip Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Tengah di Palangka Raya. Berikut ini dibuat tabel kebutuhan waktu dari lantai dasar, lantai I lantai II dan pekerjaan atap. Tabel 4.11. Kebutuhan Waktu Kelompok Aktivitas. Durasi dan penjadualan serta alokasi tenaga kerja untuk pekerjaan pengukuran , pekerjaan tanah dan pondasi dapat dilihat pada bar chart. Durasi waktu =

13 + 15 + 1 + 1 + 1 + 2 + 2 = **36** hari. Gambar 4.2. Network Hasil CPM (Hedwig, 2014).

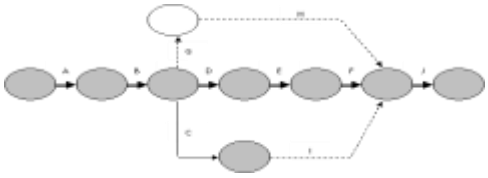
4.4.Penentuan Urutan Aktivitas

Yang perlu dicermati adalah apakah terjadi intervensi pada setiap kegiatan terutama pekerjaan beton (bekisting, pembesian, dan pembetonan) berurutan mulai dari pantai dasar, lantai 1, lantai 2. Tabel 4.11. Penentuan aktivitas dan Lintasan kritis Berikut ini penjelasannya. Gambar 4.3. Penetapan intervensi.

Tabel 4.12. Penentuan aktivitas dan Lintasan kritis

No	Aktivitas / Jenis Pekerjaan	Predecessor	Durasi (hari)	OH	Keterangan
A	Pekerjaan Tanah dan Pondasi	-	29	2x12	1+4+1+1+17+5
B	Pekerjaan Struktur Beton	A	143	2x12	bekisting+cor
C	Pekerjaan Dinding (bata+plester)	B	13	2x12	4+2+2+3+2
D	Pekerjaan Atap (rangka+genting)	B	28	2x12	!3+15
E	Pekerjaan Plafond (kalsiboard)	D	2	2x12	!+1
F	Pekerjaan Keramik / Rabat	E	1	2x12	1
G	Pekerjaan Pintu dan Jendela	B	-	-	
H	Pekerjaan Sanitasi	G	-	-	
I	Pekerjaan Listrik	B	-	-	
J	Pekerjaan Cat tembok dan kayu	F, H, I	4	2x12	2+2
	Lintasan kritis (A-B-D-E-F-J)		**207**		

Sumber : Hasil Olahan Penelitian



Gambar 4.2. Network Hasil CPM (Hedwig, 2014)

Lintasan Kritis A-B-D-E-F-J = 207 hari

4.5. Penjadualan Linier Dengan 3 Unit

Setelah didapat lintasan kritis, dari CPM dengan 6 aktivitas A-B-D-E-F-J, selanjutnya menentukan tingkat produktivitas (m) durasi waktu yang berbeda-beda, yang kesemuanya pada 2 kelompok kerja dengan rumus

$$Tingkat\ \Pr oduktivitas\ (m) = \frac{Kelompok\ Kerja\ (F)}{Durasi\ (D)}$$

Rata-rata kegiatan tiap lantai adalah sebagai berikut:

Tabel 4.13. Penetapan rata-rata aktivitas Struktur beton setiap tingkat

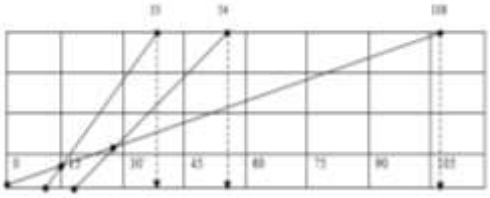
Aktivitas	Lt - 1	Lt - 2	Lt - 3	Rata-2
Bekisting	56	36	17	36
Pembesian	14	21	-	18
Pengecoran beton	15	11	6	11

Sumber : Hasil Olahan Penelitian

Tabel 4.14. Penetapan rata-rata aktivitas Struktur Beton Setiap Tingkat

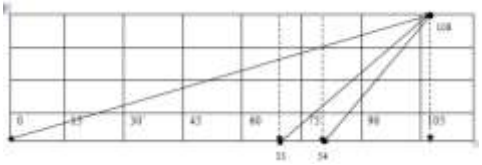
No	Aktivitas	d	F	m	T1	T2
		Durasi	Kelompok	Produktivitas	Durasi Unit Ke 1	Durasi Unit ke 2
		(hari)	(2 group)	Unit/hr	Hr	Hr
			F/d		T2=[(Q2-Q1)/m	[(Q2-Q1)/m]+1
		1	2	3 = 2:1	4	5
1	Bekisting	36	2	0,0556	36	(3x36) = 108
2a	Pembesian	18	2	0,1112	36 + 18= 54	(3x54)-108 = 54
2b	Pengecoran	11	2	0,1819	36 + 11 = 65	(3 x 47) - 108= 33
		65	6			

Sumber : Hasil Olahan Penelitian



Gambar 4.3. Simulasi 1 dengan 2 kelompok Kerja

Dari hasil metode penjadualan linier *(linear scheduling method-LSM)* dengan 3 unit pada aktivitas / kegiatan di Lt. 1, Lt. 2 dan Lt. 3 untuk aktivitas/ pekerjaan bekisting (kolom, balok dan lantai) dan pengecoran (beton kolom, balok dan lantai), serta aktivitas pembesian (ko- lom, balok dan lantai) dan aktivitas pengecoran (beton kolom, balok dan lan tai), terjadi intervensi sebagaimana terlihat pada perhitungan Tabel 4.14. Penetapan Aktivitas Struktur Beton, setiap tingkat/ lantai (rata-rata), dan Gambar 4.3. Simulasi dengan 2 kelom- pok Kerja. Supaya tidak terjadi inter- vensi atau waktu tunggu *(idle time)* ma- ka dilakukan simulasi sebagai berikut:



Gambar 4.4. Simulasi 2 dengan 2 kelompok Kerja

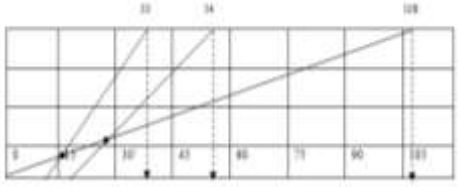
Pada simulasi 2 tersebut ditetapkan bahwa selesainya pemasangan bekisting (kolom, balok dan lantai) dan pembesian (kolom,

balok dan lantai), dan pengecoran (beton kolom, balok dan lantai) dilakukan secara bersama-sama, sehingga penyelesaian aktivitas proyek adalah dengan Lintasan Kritis A-B-D-E-F-J = 207 - 32 = 175 hari, seperti dijelaskan pada tabel. Tabel 4.15. Penentuan aktivitas Simulasi 2 dan Lintasan Kritis.

Tabel 4.15. Penentuan Aktivitas Simulasi 2 dan Lintasan Kritis

No	Aktivitas / Jenis Pekerjaan	Prede seccor	Durasi (hari)	OH	Keterangan
A	Pekerjaan Tanah dan Pondasi	-	29	2x12	
B	Pekerjaan Struktur Beton	A	111	2x12	143-32
C	Pekerjaan Dinding (bata+plester)	B	13	2x12	
D	Pekerjaan Atap (rangka+genting)	B	28	2x12	
E	Pekerjaan Plafond (kalsiboard)	D	2	2x12	
F	Pekerjaan Keramik / Rabat	E	1	2x12	
G	Pekerjaan Pintu dan Jendela	B	-	-	
H	Pekerjaan Sanitasi	G	-	-	
I	Pekerjaan Listrik	B	-	-	
J	Pekerjaan Cat tembok dan kayu	F, H, I	4	2x12	
	Lintasan kritis (A-B-D-E-F-J)		**175**		

Sumber: Hasil Olahan Penelitian



Gambar 4.5. Simulasi dengan 2 kelompok Kerja

4.6. Analisis Percepatan Waktu

Dari hasil penetapan percepatan waktu yang telah ditetapkan tersebut diatas, ada 3 (tiga), yang harus diperhatikan untuk dianalisis, aktivitas proyek pembangunan gedung arsip Dinas Pekerjaan Umum provinsi Kalimantan Tengah adalah sebagai berikut:

1. **Waktu Normal**
   Dari hasil analisis dan perhitungan, maka telah ditetapkan bahwa jumlah durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas untuk waktu normal adalah 207 hari kalender dengan biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 3.804.319.821,36
2. **Waktu Percepatan akibat Penyesuaian Waktu Berakhirnya Pembetonan**
   Dari hasil analisis dan perhitungan, maka ditetapkan jumlah durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas untuk percepatan akibat penyesuaian waktu berakhirnya aktivitas pembetonan (selesainya aktivitas pekerjaan begisting, pembesian dan pengecoran beton) adalah 175 hari kalender dengan biaya sebesar Rp. 3.804.319.821,36. Penggunaan biaya masih tetap, karena tidak ada biaya lembur hanya penggabungan saja.
3. **Waktu Percepatan akibat Penyesuaian Waktu Selesainya Pembetonan**
   Dari hasil analisis dan perhitungan, maka ditetapkan jumlah durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas untuk percepatan akibat penyesuaian waktu lamanya aktivitas pembetonan (selesainya aktivitas pekerjaan begisting, pembesian dan pengecoran beton) adalah 145 hari kalender dengan kebutuhan biaya lembur bekisting:
   1. Lembur dalam 1 bulan (30 hari) untuk pekerjaan begisting dalam bulan 2
   2. Jumlah Biaya

Dalam menghitung kelompok kerja per m² sebagaimana dijelaskan dalam Tabel diambil pekerja sebagai patokan dalam satuan orang-hari (OH), dengan tingkat produktivitas :

SNI 4.22			Kelipatan
Pekerjaan bekisting lantai	Satuan	m²	
Tenaga : Mandor	OH	0,033	0,10
Kepala tukang	OH	0,033	0,10
Tukang kayu	OH	0,330	1*
Laden tukang kayu	OH	0,660	2

Untuk 6 jam kerja / hari memiliki tingkat produktivitas 1/0,330 =3,030 m³/hari. Jika diasumsikan menggunakan 4 pekerja + 8 laden tukang maka :

$$\frac{1{,}0\ m^3}{0{,}330\ org-hari} x\ 4\ org = 12{,}121\ m^2 / hari,$$

maka upah :

Tabel 4.16. Kebutuhan Upah kerja Lembur

No	Tenaga Kerja	OH (12 OH)	Upah / per hari (12,121 m²)
	Mandor	0,10 = 0,10 x 4 = 0,40	0,40 x 170.000 = Rp. 68.000
	Kepala tukang	0,10 = 0,10 x 4 = 0,40	0,40 x 150,000 = Rp. 60.000
	Tukang kayu	1 = 4	4,00 x 115.000 = Rp. 460.000
	Laden tukang kayu	2 = 2 x 4 = 8	8,00 x 75.000 = Rp. 600.000
Upah Lembur pekerjaan bekisting per hari / 1 group			Rp. 1.188.000
Upah lembur dalam satu bulan (30 hari) / 1 group			Rp. 35.640.000
Jadi dalam 1 bulan / 2 kelompok (2 x 12 OH)			**Rp. 71.280.000**

Sumber : Hasil Olahan Penelitian

Besarnya biaya langsung yang dibutuhkan untuk percepatan adalah sebesar Rp. 3.804.319.821,36 + Rp. 71.280.000,00 = Rp. 3.875.599.821,36

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari analisis penelitian dan hasil pembahasan karena tidak ada intervensi atau konflik diantara aktivitas sehingga tidak perlu *buffer* sebagaimana telah dibahas pada bab sebelumnya maka berikut ini dapat ditarik kesimpulan dengan menggunakan alternatif pilihan untuk menentukan optimasi adalah sebagai berikut antara lain :

1. Biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek pembangunan gedung arsip Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Tengah di Palangka Raya adalah sebesar Rp. 3.804.319.821,36 dengan waktu normal 207 hari kalender dengan orang-hari *(man-days)* 9 (2x12 OH).
2. Biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek pembangunan gedung arsip Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Tengah di Palangka Raya adalah tetap sebesar Rp. 3.804.319.821,36 dengan waktu percepatan 175 hari kalender dengan orang-hari *(man-days)* tetap 9 (2x12 OH).
3. Biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek pembangunan gedung arsip Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Tengah di Palangka Raya dengan biaya lembur dalam 30 hari (1 bulan) adalah Rp. 71.280.000,00 sehingga biaya keseluruhan naik menjadi sebesar Rp. 3.875.599.821,36 dengan waktu percepatan 145 hari kalender dengan orang-hari *(man-days)* naik 10 (2x12 OH).

5.2. Saran

Saran-saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Produktivitas sumber daya pada setiap proyek mempunyai perbedaan dalam kuantitas maupun kualitasnya, oleh karena itu dalam melakukan penjadwalan sebaiknya menggunakan produktivitas aktual di lapangan;
2. Pada penelitian ini hanya menggunakan start buffer, untuk pengembangan selanjutnya hendaknya memasukkan end buffer sebagai pilihan untuk melakukan penjadwalan pada metode LSM ini.
3. Pada penelitian ini dibuat hanya sampai tahap monitoring sedangkan dalam sebuah proyek tahapan untuk melakukan penjadwalan yaitu sampai pada tahap *controlling*. Oleh karena itu untuk pengembangan selanjutnya sebaiknya dilakukan penjadwalan sampai pada *controlling* sehingga dapat mengatasi keterlambatan yang mungkin terjadi;
4. Penelitian pengembangan selanjutnya hendaknya juga memperhatikan *cash-flow* pada proses monitoring dan controlling dari proyek yang bersangkutan, mengingat pada penelitian ini dasar dari pemilihan durasi suatu proyek berdasarkan pada estimasi biaya yang dikeluarkan.

Pada penelitian ini produktivitas akan berbanding lurus dengan adanya penambahan jumlah jam kerja maupun crew

pekerja. Meskipun pada kenyataannya tidak demikian, oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya diharapkan faktor – faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas juga diperhatikan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

DeGarmo, E. Paul., Sulvan, William G., Bondelli, James A., Wick, Elin M. (1997), *Engineering economy (10th edition)*. New Jersey: Prentice Hall, upper Saddle River.

Fisk, Edward R. (1997). *Construction project administration (5th edition)*. New Jersey: Prentice Hall, upper saddle River.

Flood, Ian.,Issa, Raja R.A., & Liu, Wen., (2006). *A new modeling paradigm or computer-based construction project planning*. Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering.

Gould, Frederick E (1997). *Managing the construction process (estimating, scheduling, and project control)*, Prantice-Hall International Editions.

Hegazy, T. (2002), *Computer-based construction project management,* New Jersey: Pearson Education, Inc.

Hyari, Khaled., & El-Rayes, Khaled., (2006). *Optimal Planning and scheduling for repetitive construction projects. Journal of Management in Engineering,* ACSE. P. 11-19.

Hang, Aiyin., Cheng, Bin., Flood, Ian., & Issa, Raymond (2006). *Modified linear scheduling in scheduling multiple utility line construction project. Join International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering.*

Iswanto, Niko (2005), *Sistem Penjadwalan LSM untuk proyek instalasi pipa bawah tanah*, (01000091/MTS/2006) Universitas Kristen Petra.

Jiang, Aiyin., Cheng, Bin, Flood, Ian., & Issa, Raymond (2006). *Modified linear scheduling multiple utility line construction project. Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering.*

Newitt, Jay S. (2005) *Construction scheduling principles and practices*. New Jersey: Pearson Education, Inc