



PENJADWALAN ULANG PROYEK KONSTRUKSI MENGGUNAKAN METODE PDM DAN CPM (STUDI KASUS PADA PEMBANGUNAN TOSERBA YOGYA DI PEKALONGAN)

Fajar Prasetyo Utomo[✉], Mulyono

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Maret 2021
Disetujui Juni 2021
Dipublikasikan Juni 2021

Keywords:
Nonlinear differential equation,
elastic pendulum,
averaging method

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menemukan waktu optimal penjadwalan baru untuk proyek konstruksi toserba yogya di Pekalongan, dengan menggunakan metode PDM-CPM dan Microsoft Project 2010. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pekerjaan-pekerjaan yang terdapat pada jalur kritis proyek, yang nantinya akan menentukan lamanya penyelesaian proyek. Sehingga dapat diketahui, pekerjaan-pekerjaan apa saja yang tidak boleh terjadi keterlambatan. Pengambilan data dalam skripsi ini dengan Teknik wawancara, dokumentasi, dan studi Pustaka dengan PT. Win Sejahtera sebagai kontraktor. Hasil penelitian ini adalah penggunaan metode CPM, PDM, dan Microsoft Project memberikan hasil yang sama yaitu pengerjaan proyek selama 51 Minggu dengan rincian metode PDM memiliki 27 pekerjaan kritis dari 75 Pekerjaan, metode CPM memiliki 37 pekerjaan kritis dari 112 pekerjaan, dan Microsoft Project memiliki 27 pekerjaan kritis dari 73 pekerjaan. Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan PT. Win Sejahtera mempertimbangkan menggunakan teknik PERT-CPM dengan Microsoft Project dalam membuat penjadwalan proyek.

Abstract

This study aims to find the optimal timing of new scheduling for construction project of the Yogya Department Store in Pekalongan using the PDM-CPM method and Microsoft Project 2010. The purpose of this study is to determine the jobs that are on the critical path of the project, which will determine the duration of project completion. So that it can be seen, what jobs are should not be delayed. Retrieval of data in this study uses interview techniques, documentation, and literature study which PT. Win Sejahtera as contractor. The results of this study are the use of the CPM, PDM, and Microsoft Project methods gives the same results are project work for 51 weeks with the details of the PDM method has 27 critical jobs out of 75 jobs, the CPM method has 37 critical jobs out of 112 jobs, and Microsoft Project has 27 critical jobs from 73 jobs. Based on the results of this research, PT. Win Sejahtera is advised to consider using PERT-CPM technique with Microsoft Project in making project scheduling.

How to cite:

Utomo, Fajar Prasetyo & Mulyono. 2021. Penjadwalan Ulang Proyek Konstruksi Menggunakan Metode PDM dan CPM (Studi Kasus pada Pembangunan Toserba Yogya di Pekalongan). *UNNES Journal of Mathematics*. 10(1): 63-67

PENDAHULUAN

Pembangunan bangunan maupun infrastruktur di negara Indonesia pada masa ini semakin digiatkan, seiring dengan meningkatnya taraf hidup dan kebutuhan warga negara Indonesia. Banyak pembangunan untuk kebutuhan masyarakat yang mestinya direncanakan di daerah-daerah tertentu seperti pembangunan jalan, sekolah, gedung, rumah sakit, puskesmas, dan lain-lain. Meskipun pembangunan yang dibutuhkan oleh pribadi misalnya rumah.

Dari tahun ke tahun pekerjaan proyek semakin besar dan kompleks, yang dulunya hanya membangun gedung 3 lantai sekarang pembangunan Gedung bisa puluhan bahkan lebih dari seratus lantai, dengan kata lain pekerjaan proyek saat ini melibatkan tenaga kerja dan bahan-bahan yang lebih banyak dan teknologi yang lebih canggih. Karena kekompleksannya suatu proyek dibutuhkan penjadwalan yang optimal agar proyek selesai sebelum atau tepat waktu yang telah ditentukan. Suatu proyek bisa dikatakan lancar apabila proyek tersebut selesai sebelum atau tepat pada waktu yang disepakati oleh pelanggan dan kontraktor.

Kelancaran pengerjaan sebuah proyek dibutuhkan manajemen yang akan mengelola penjadwalan proyek dari awal sampai akhir. Salah satu cabang dari matematika terapan yaitu analisa network yang merupakan suatu metode analisa yang mampu memberikan informasi kepada manajer untuk dapat melaksanakan/melakukan perencanaan dan pengendalian suatu kegiatan atau proyek yang dilaksanakan. Dalam pengaplikasiannya analisa network membutuhkan pengurutan kegiatan, lama kegiatan dan hubungan antar kegiatan agar perencanaan dan pengawasan proyek dapat dilakukan sebaik mungkin, sehingga pengerjaan proyek lebih terarah.

Pengurutan kegiatan-kegiatan proyek, lama kegiatan dan hubungan antar kegiatan proyek merupakan hal yang sangat penting karena dibutuhkan untuk perencanaan alur kegiatan yang akan dilakukan setiap hari atau setiap minggunya agar proyek berjalan optimal. Lama kegiatan proyek diperkirakan oleh pembuat jadwal berdasarkan pengalamannya di lapangan, meskipun dalam pelaksanaannya mengalami kendala suatu kegiatan selesai terlalu lama ataupun cepat, kepala lapangan dapat mengambil keputusan yang bijak dengan berdasarkan perencanaan yang telah dibuat sebelumnya.

Ketepatan waktu pengerjaan proyek yang telah disepakati oleh pelanggan dan kontraktor merupakan faktor yang menentukan suatu proyek dikatakan berhasil ataupun tidak dan juga untuk menjaga kepercayaan terhadap pihak kontraktor. Ketidaktepatan waktu dalam mengerjakan pekerjaan proyek akan mempengaruhi jadwal kegiatan yang lainnya sehingga akan merugikan kedua belah pihak baik dari segi waktu maupun biaya.

Waktu penyelesaian rangkaian kegiatan-kegiatan di dalam sebuah proyek akan memberikan gambaran mengenai waktu penyelesaian proyek itu. Namun karena sebuah proyek terdiri dari atas rangkaian kegiatan-kegiatan yang saling berhubungan, maka penentuan waktu penyelesaian sebuah proyek ditentukan oleh lintasan kritis (*critical path*), yaitu lintasan penyelesaian rangkaian kegiatan yang terpanjang (Siswanto, 2007:13). Disebut lintasan kritis karena apabila kegiatan-kegiatan yang masuk dalam lintasan kritis mengalami keterlambatan maka akan berpengaruh pada lamanya penyelesaian proyek. Lintasan kritis dapat dicari dengan Teknik evaluasi, metode jalur kritis, metode matriks dan metode labelling.

PT Win Sejahtera merupakan kontraktor bangunan yang berdiri sejak tahun 2008, dengan badan hukum resmi yang bergerak dalam bidang konstruksi, penyedia jasa pelayanan teknik dan pengadaan barang, renovasi dan perawatan Gedung, dan mekanikal elektrikal. Pada tahun 2019 PT. Win Sejahtera memenangkan tender untuk mengerjakan proyek pembangunan Toserba Yogya Pekalongan yang akan dilaksanakan pada bulan Oktober 2019 dan di perkirakan akan selesai pada akhir September 2020. PT Win Sejahtera mengalami permasalahan, sehingga ijin tidak bisa langsung didapatkan sehingga pembangunan pun tertunda. Sehingga diperlukan penjadwalan ulang kegiatan proyek agar penyelesaian proyek lebih cepat selesai.

Adanya permasalahan tersebut penulis akan menganalisa kegiatan kegiatan untuk dilakukan penjadwalan ulang dengan metode PDM dan CPM, dengan mencari lintasan kritis sehingga dapat dilakukan tindakan yang tepat agar proyek pembangunan Toserba Yogya Pekalongan dapat selesai lebih cepat.

METODE

Metode dalam penelitian ini adalah studi kasus dan studi Pustaka, studi kasus yaitu dimana peneliti melakukan wawancara dengan kontraktor untuk mengumpulkan seluruh data

yang diperlukan dalam penelitian, sedangkan studi pustaka peneliti mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan metode CPM, Metode PDM dan Microsoft Project untuk menyelesaikan permasalahan yang dikaji.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pekerjaan yang dilakukan dalam proyek dan hubungan ketergantungan antar pekerjaan yang diperoleh secara langsung maupun wawancara dengan Manajer Proyek PT. Win Sejahtera.

Pencarian jalur kritis menggunakan metode PDM dan metode CPM dengan Langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyusun dan menerjemahkan semua pekerjaan yang ada ke dalam bentuk daftar rencana aktifitas.
2. Membuat jaringan kerja dari proyek tersebut.
3. Melakukan perhitungan waktu Early Start (ES) dan Early Finish (EF) dengan menggunakan perhitungan maju.
4. Setelah melakukan perhitungan maju, dicari waktu Latest Finish (LF) dan Latest Start (LS) dengan melakukan perhitungan mundur.
5. Membaca dan menerjemahkan hasil atau solusi waktu yang diperoleh dari network yang telah dilakukan perhitungan maju dan mundur untuk menjawab permasalahan yang ada.

Adapun Langkah-langkah dalam mencari lintasan kritis menggunakan Ms. Project adalah sebagai berikut:

1. Membuka lembar kerja baru
Klik tombol Start > Program > Microsoft Office > Microsoft Office Project 2007.
2. Memasukkan tanggal dimulainya proyek
Klik menu Project > Project Information. Pada kotak dialog Project Information dipilih Schedule From: Project Start Date dan memasukkan tanggal dimulainya proyek pada kotak Start Date.
3. Memasukkan data kegiatan proyek dengan mengetiknya pada kolom Task Name dan waktu kegiatan pada kolom Durasi satu dengan lainnya pada kolom Predecessor. Hubungan antar pekerjaan dibuat berdasarkan gambar kerja.
4. Membuat hubungan antara pekerjaan.
5. Menyusun kalender kerja untuk menentukan hari kerja dan jam kerja.
6. Menghitung waktu normal dalam menyelesaikan pekerjaan dari network diagram.
7. Mengidentifikasi lintasan kritis pada pelaksanaan proyek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini awalnya menjabarkan data nama-nama pekerjaan yang ada dalam proyek Toserba Yogya Pekalongan. Setiap pekerjaan memiliki perkiraan waktu dalam pengerjaannya atau durasi. Selanjutnya menentukan ketergantungan setiap pekerjaan, yaitu pekerjaan disusun kembali menjadi sebuah mata rantai, dimana urutan pekerjaan sesuai dengan ketergantungan dalam diagram jaringan kerja, sehingga diketahui urutan pekerjaan dari awal mulainya proyek sampai dengan selesainya proyek.

Tabel 1. Pekerjaan dalam proyek toserba Yogya Pekalongan

| Proyek : Toserba Yogya Pekalongan | | | | |
|--|-----------------------------|------|---------------------|----|
| Jln. Dr. Cipto Mangunkusumo | | | | |
| No | Nama Pekerjaan | Kode | Ketergantungan | D |
| 1 | Pekerjaan Persiapan | X1 | - | 51 |
| A Pekerjaan Struktur : | | | | |
| a Lantai Basement : Elevasi -4.20 M | | | | |
| 1 | Pekerjaan Tanah | X2 | X4 | 3 |
| 2 | Pek. Pondasi Tiang Pancang | X3 | X1SS+2 | 5 |
| 3 | Soldier Pile | X4 | X3FS-3 | 2 |
| 4 | Pek. Pile Cap | X5 | X2, X3 | 3 |
| 5 | Pek. Sloof, Batu Kali, Dpt, | X6 | X5 | 4 |
| 6 | Pek. Kolom | X7 | X6FS-1 | 3 |
| 7 | Pek. Plat Lantai | X8 | X7FS-1 | 4 |
| 8 | Pek. GWT | X9 | X8 | 1 |
| 9 | Pek. Pit Lift Barang 1 | X10 | X8 | 1 |
| 10 | Pek. Pit Lift Barang 2 | X11 | X10 | 1 |
| 11 | Pek. Tangga & Ramp | X12 | X11 | 1 |
| b Lantai 1 : Elevasi +0.00 | | | | |
| 1 | Pek. Baja Tahap 1 | X13 | X8; X9FF; X10FF | 2 |
| 2 | Pek. Baja Tahap 2 | X14 | X37 | 2 |
| 3 | Pek. Beton Tahap 1 | X15 | X37 | 3 |
| 4 | Pek. Beton Tahap 2 | X16 | X14, X39 | 3 |
| 5 | Pek. Tangga Tahap 1 | X17 | X15SS | 1 |
| 6 | Pek. Tangga Tahap 2 | X18 | X16SS | 1 |
| c Lantai 2 : Elevasi +5.2 | | | | |
| 1 | Pek. Baja Tahap 1 | X19 | X13; X12FF+2 | 4 |
| 2 | Pek. Baja Tahap 2 | X20 | X14FS-1 | 4 |
| 3 | Pek. Beton Tahap 1 | X21 | X15FS-2; X17FF | 2 |
| 4 | Pek. Beton Tahap 2 | X22 | X16FS-2; X18FF; X20 | 2 |
| 5 | Pek. Tangga Tahap 1 | X23 | X21SS | 1 |
| 6 | Pek. Tangga Tahap 2 | X24 | X22SS | 1 |
| d Lantai 3 : Elevasi +9.95 | | | | |
| 1 | Pek. Baja Tahap 1 | X25 | X19FS-2 | 3 |
| 2 | Pek. Baja Tahap 2 | X26 | X20FS-2 | 3 |
| 3 | Pek. Beton Tahap 1 | X27 | X21FS-1; X23FF | 2 |
| 4 | Pek. Beton Tahap 2 | X28 | X22FS-1; X24FF; X26 | 2 |
| 5 | Pek. Tangga Tahap 1 | X29 | X27SS | 1 |
| 6 | Pek. Tangga Tahap 2 | X30 | X28SS | 1 |

| | | | | |
|----|-------------------------------------|-----|---------------------------------------|---|
| e | Lantai 4 : Elevasi +14.7 | | | |
| 1 | Pek. Baja Tahap 1 | X31 | X25FS-1 | 2 |
| 2 | Pek. Baja Tahap 2 | X32 | X26FS-2 | 3 |
| 3 | Pek. Beton Tahap 1 | X33 | X27FS-1; X29FF | 2 |
| 4 | Pek. Beton Tahap 2 | X34 | X28FS-1; X30FF; X32 | 2 |
| 5 | Pek. Tangga Tahap 1 | X35 | X33SS | 1 |
| 6 | Pek. Tangga Tahap 2 | X36 | X34SS | 1 |
| f | Lantai Atap : Elevasi +17.65 | | | |
| 1 | Pek. Baja Tahap 1 | X37 | X31 | 1 |
| 2 | Pek. Baja Tahap 2 | X38 | X32FS-1 | 2 |
| 3 | Pek. Beton Tahap 1 | X39 | X33; X35FF | 1 |
| 4 | Pek. Beton Tahap 2 | X40 | X34; X36FF; X38 | 1 |
| 5 | Pek. Atap Tangga Tahap 1 | X41 | X39SS | 1 |
| 6 | Pek. Atap Tangga Tahap 2 | X42 | X40SS | 1 |
| g | Pekerjaan Atap | X43 | X38 | 2 |
| B | Pekerjaan Arsitektur : | | | |
| a | Bangunan Utama | | | |
| 1 | Lantai Basement - 4.20 | X44 | X13 | 3 |
| 2 | Lantai Basement Tahap 2 | X45 | X14SS+1; X44 | 3 |
| 3 | Lantai 1 Tahap 1 | X46 | X15FS+2; X44; X41FF | 4 |
| 4 | Lantai 1 Tahap 2 | X47 | X16FS+2; X45; X46; X42FF; X43FF | 4 |
| 5 | Lantai 2 Tahap 1 | X48 | X21FS+2; X46FS-3 | 4 |
| 6 | Lantai 2 Tahap 2 | X49 | X22; X47FS-2; 48FS+2 | 4 |
| 7 | Lantai Tiga Tahap 1 | X50 | X27FS+2; X48FS-3 | 5 |
| 8 | Lantai Tiga Tahap 2 | X51 | X28; X49FS-3; X50FS+2 | 5 |
| 9 | Lantai Empat Tahap 1 | X52 | X33FS+2; X50FS-3 | 4 |
| 10 | Lantai Empat Tahap 2 | X53 | X34; X51FS-3; X52FS+2 | 4 |
| 11 | Lantai Atap Tahap 1 | X54 | X39FS+2; X52FS-2 | 3 |
| 12 | Lantai Atap Tahap 2 | X55 | X40; X53FS-2; X54FS+2 | 3 |
| b | Pekerjaan Luar Bangunan | | | |
| 1 | Pekerjaan Fasad & Finishing | X56 | X63; X64; X65; X58 | 3 |
| 2 | Tiang Pju | X57 | X37 | 1 |
| 3 | Dudukan Poster | X58 | X57 | 1 |
| 4 | Pagar Rantai | X59 | X57 | 1 |
| 5 | Car Stopper | X60 | X59 | 1 |
| 6 | Ramp & Gutter | X61 | X62 | 2 |
| 7 | Saluran Drainase | X62 | X60 | 1 |
| 8 | Vegetasi | X63 | X61 | 1 |
| 9 | Cat Walk & Wiremest | X64 | X62 | 1 |
| 10 | Rumah Shaft | X65 | X59 | 1 |
| C | Pekerjaan Plumbing : | | | |
| 1 | Pek. Peralatan Utama | X66 | X9; | 4 |
| 2 | Pek. Ruang Pompa & Tangki Air Atas | X67 | X37; X66 | 2 |
| 3 | Pek. Pompa Tahap 2 | X68 | X38; X67 | 2 |

| | | | | |
|----|-------------------------------|-----|--------------|---|
| 4 | Pek. Air Bersih | X69 | X67 | 2 |
| 5 | Pek. Air Bersih Tahap 2 | X70 | X68SS+1; X69 | 2 |
| 6 | Pek. Air Kotor, Air Bekas | X71 | X69 | 2 |
| 7 | Pek. Air Kotor Tahap 2 | X72 | X70SS+1; X71 | 2 |
| 8 | Pek. Air Hujan | X73 | X71SS+1 | 3 |
| 9 | Pek. Air Hujan Tahap 2 | X74 | X72SS+1; X73 | 2 |
| 10 | Pek. Lain - Lain (Test Com) | X75 | X74 | 6 |

PDM

Setelah menyusun hubungan antara Pekerjaan dalam proyek, selanjutnya akan ditentukan jalur kritis. Jalur kritis pada proyek Toserba Yogya Pekalongan adalah rangkaian pekerjaan yang jika terjadi keterlambatan pada kegiatan tersebut maka akan mengakibatkan proyek akan terlambat dari jadwal. Pada Langkah ini diawali dengan pembuatan jaringan kerja berdasarkan tabel 1.

Selanjutnya melakukan perhitungan maju untuk mengetahui Early Start (ES) dan Early Finish (EF), berikut adalah rumus yang digunakan

$$ES_j = ES_i + SS_{ij} \text{ atau } ES_j = EF_i + FS_{ij}$$

$$EF_j = ES_i + SF_{ij} \text{ atau } EF_j = EF_i + FF_{ij} \text{ atau}$$

$$ES_j + D_j$$

Jika tidak ada FS_{ij} atau SS_{ij} dan kegiatan *non-splitable* maka $ES_j = EF_j - D_j$.

Selanjutnya perhitungan mundur untuk mengetahui Latest Start (LS) dan Latest Finish (LF), berikut adalah rumus yang digunakan:

$$LS_i = LS_j - SS_{ij} \text{ atau } LS_i = LF_j - SF_{ij} \text{ atau}$$

$$LF_i - D_i$$

$$LF_i = LF_j - FF_{ij} \text{ atau } LF_i = LS_j - FS_{ij}$$

Jika tidak ada FF_{ij} atau FS_{ij} dan kegiatan *non-splitable* maka $LF_i = LS_i + D_i$.

Dari kedua perhitungan tersebut dapat diketahui jalur kritis yang didapatkan dari perhitungan float/slack, yang merupakan kelonggaran waktu penyelesaian suatu pekerjaan.

$$\text{Total Float (TF)}_i = \text{Minimum (LS}_j - EF_i)$$

$$\text{Free Float (FF)}_i = \text{Minimum (ES}_j - EF_i)$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode PDM didapatkan nilai Total Float dari masing masing pekerjaan, dari nilai Total Float tersebut dapat ditentukan pekerjaan kritis yaitu pekerjaan yang memiliki nilai Total Float 0.

Pada proyek pembangunan Toserba Yogya Pekalongan, Pekalongan Jawa Tengah ini, diperoleh beberapa pekerjaan kritis dari pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam proyek, pekerjaan kritis tersebut menentukan

waktu penyelesaian proyek. Pada perhitungan dengan menggunakan metode PDM diperoleh waktu penyelesaian proyek yaitu 51 minggu, dengan pekerjaan-pekerjaan kritisnya sebagai berikut.

- 1) X1 yaitu pekerjaan persiapan.
- 2) X2 yaitu pekerjaan tanah.
- 3) X3 yaitu pekerjaan pondasi tiang pancang.
- 4) X4 yaitu pekerjaan soldier pile.
- 5) X5 yaitu pekerjaan pile cap.
- 6) X6 yaitu pekerjaan sloff.
- 7) X7 yaitu pekerjaan kolom.
- 8) X8 yaitu pekerjaan plat lantai.
- 9) X13 yaitu pekerjaan baja lantai 1 tahap 1.
- 10) X15 yaitu pekerjaan beton lantai 1 tahap.
- 11) X16 yaitu pekerjaan beton lantai 1 tahap 2.
- 12) X19 yaitu pekerjaan baja lantai 2 tahap 1.
- 13) X21 yaitu pekerjaan beton lantai 2 tahap 1.
- 14) X25 yaitu pekerjaan baja lantai 3 tahap 1.
- 15) X27 yaitu pekerjaan beton lantai 3 tahap 1.
- 16) X31 yaitu pekerjaan baja lantai 4 tahap 1.
- 17) X33 yaitu pekerjaan beton lantai 4 tahap 1.
- 18) X37 yaitu pekerjaan baja atap tahap 1.
- 19) X39 yaitu pekerjaan beton atap tahap 1.
- 20) X46 yaitu pekerjaan bangunan lantai 1 tahap 1.
- 21) X47 yaitu pekerjaan bangunan lantai 1 tahap 2.
- 22) X48 yaitu pekerjaan bangunan lantai 2 tahap 1.
- 23) X49 yaitu pekerjaan bangunan lantai 2 tahap 2.
- 24) X50 yaitu pekerjaan bangunan lantai 3 tahap 1.
- 25) X51 yaitu pekerjaan bangunan lantai 3 tahap 2.
- 26) X53 yaitu pekerjaan bangunan lantai 4 tahap 2.
- 27) X55 yaitu pekerjaan bangunan lantai atap tahap 2.

CPM

Setelah menyusun hubungan antara Pekerjaan dalam proyek, selanjutnya akan ditentukan jalur kritis. Jalur kritis pada proyek Toserba Yogya Pekalongan adalah rangkaian pekerjaan yang jika terjadi keterlambatan pada kegiatan tersebut maka akan mengakibatkan proyek akan terlambat dari jadwal. Pada Langkah ini diawali dengan pembuatan jaringan kerja berdasarkan tabel 1.

Selanjutnya melakukan perhitungan maju untuk mengetahui Early Start (ES) dan Early Finish (EF), berikut adalah rumus yang digunakan

$$ES_j = ES_i + SS_{ij} \text{ atau } ES_j = EF_i + FS_{ij}$$

$$EF_j = ES_i + SF_{ij} \text{ atau } EF_j = EF_i + FF_{ij} \text{ atau}$$

$$ES_j + D_j$$

Jika tidak ada FS_{ij} atau SS_{ij} dan kegiatan *non-splitable* maka $ES_j = EF_j - D_j$.

Selanjutnya perhitungan mundur untuk mengetahui *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF), berikut adalah rumus yang digunakan:

$$LS_i = LS_j - SS_{ij} \text{ atau } LS_i = LF_j - SF_{ij} \text{ atau}$$

$$LF_i - D_i$$

$$LF_i = LF_j - FF_{ij} \text{ atau } LF_i = LS_j - FS_{ij}$$

Jika tidak ada FF_{ij} atau FS_{ij} dan kegiatan *non-splitable* maka $LF_i = LS_i + D_i$.

Dari kedua perhitungan tersebut dapat diketahui jalur kritis yang didapatkan dari perhitungan *float/slack*, yang merupakan kelonggaran waktu penyelesaian suatu pekerjaan.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode CPM didapatkan nilai Total Float dari masing masing pekerjaan, dari nilai Total Float tersebut dapat ditentukan pekerjaan kritis yaitu pekerjaan yang memiliki nilai Total Float 0.

Pada proyek pembangunan Toserba Yogya Pekalongan, Pekalongan Jawa Tengah ini, diperoleh beberapa pekerjaan kritis dari pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan dalam proyek, pekerjaan kritis tersebut menentukan waktu penyelesaian proyek. Pada perhitungan dengan menggunakan metode CPM diperoleh waktu penyelesaian proyek yaitu 51 minggu, dengan pekerjaan-pekerjaan kritisnya sebagai berikut.

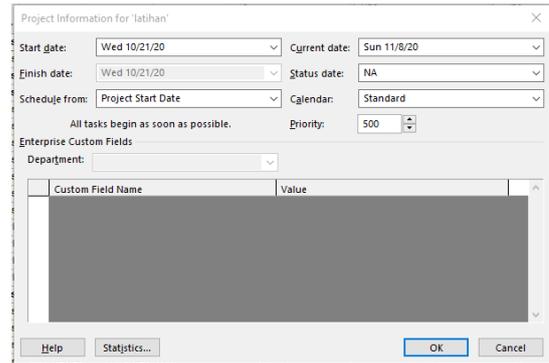
- 1) Jalur 1-2 yaitu pekerjaan persiapan 3.92%.
- 2) Jalur 2-3 yaitu pekerjaan persiapan 96.08%.
- 3) Jalur 6-9 yaitu pekerjaan tanah.
- 4) Jalur 2-4 yaitu pekerjaan pondasi tiang pancang 40%.
- 5) Jalur 4-6 yaitu pekerjaan soldier pile.
- 6) Jalur 7-8 yaitu pekerjaan pile cap.
- 7) Jalur 8-9 yaitu pekerjaan sloff, batu kali, dpt 75%.
- 8) Jalur 9-11 yaitu pekerjaan kolom 66.67%.
- 9) Jalur 11-13 yaitu pekerjaan plat lantai.
- 10) Jalur 13-18 yaitu pekerjaan baja lantai 1 tahap 1.
- 11) Jalur 24-25 yaitu pekerjaan Beton tahap 1 0%
- 12) Jalur 25-26 yaitu pek. Beton tahap 1 33,33%
- 13) Jalur 26-27 yaitu pek. Beton tahap 1 66,67%
- 14) Jalur 133-53 pek. beton tahap 2 0%
- 15) Jalur 53-54 pek. beton tahap 2 33,33%
- 16) Jalur 54-55 pek. Beton tahap 2 66,67%
- 17) Jalur 18-19 yaitu pekerjaan baja lantai 2 tahap 1 50%.
- 18) Jalur 26-29 pek. Beton tahap 1 0%

- 19) Jalur 29-30 yaitu pek. Beton lantai 2 tahap 1 50%
- 20) Jalur 19-21 yaitu pekerjaan baja lantai 3 tahap 1.
- 21) Jalur 30-33 yaitu pekerjaan beton lantai 3 tahap 1 0%.
- 22) Jalur 33-34 yaitu pekerjaan beton lantai 3 tahap 1 50%.
- 23) Jalur 21-23 yaitu pekerjaan baja lantai 4 tahap 1.
- 24) Jalur 34-37 Pek. Beton lantai 4 Tahap 1 0%
- 25) Jalur 37-38 yaitu pekerjaan beton lantai 4 tahap 1.
- 26) Jalur 23-24 yaitu pekerjaan baja atap tahap 1.
- 27) Jalur 38-40 Pek. Beton lantai atap Tahap 1 0%
- 28) Jalur 40-41 yaitu pekerjaan beton lantai atap tahap 1.
- 29) Jalur 72-73 yaitu pekerjaan bangunan lantai 1 tahap 1 25%.
- 30) Jalur 87-88 yaitu pekerjaan bangunan lantai 1 tahap 2 50%.
- 31) Jalur 76-77 yaitu pekerjaan bangunan lantai 2 tahap 1 25%.
- 32) Jalur 91-92 pekerjaan bangunan lantai 2 tahap 2 25%.
- 33) Jalur 79-80 Lantai Tiga Tahap 1 40%
- 34) Jalur 80-81 pekerjaan bangunan lantai 3 tahap 1 60%.
- 35) Jalur 94-95 yaitu pekerjaan bangunan lantai 3 tahap 2 40%.
- 36) Jalur 98-99 yaitu pekerjaan bangunan lantai 4 tahap 2 50%.
- 37) Jalur 102-103 yaitu pekerjaan bangunan lantai atap tahap 2.

Microsoft Project

Pengoperasian Ms. Project memiliki beberapa tahapan yaitu:

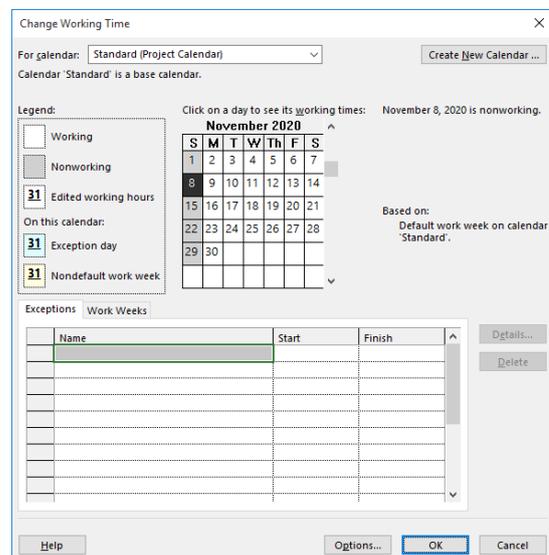
1. Menentukan awal mulai proyek
 Dalam penulisan ini penulis menggunakan tanggal yang sama dengan perencanaan pengerjaan proyek konstruksi Toserba Yogya Pekalongan. Caranya yaitu, klik menu Project lalu pilih Project Information, sehingga akan muncul jendela seperti gambar berikut.



Gambar 1. Kotak dialog Project Information

Pada kotak dialog Project Information dipilih Schedule From: Project Start Date dan memasukkan tanggal dimulainya proyek pada kotak Start Date.

2. Mengatur penanggalan dan jam kerja
 Ms. Project mempunyai kalender standar yaitu 5 hari kerja dalam 1 minggu yaitu Senin sampai Jumat dengan jam kerja 08.00 – 12.00 dan 13.00 – 17.00. Cara untuk mengatur jam kerja agar sesuai yang diinginkan adalah pilih menu project kemudian pilih change working time maka akan tampil dialog seperti gambar 2.



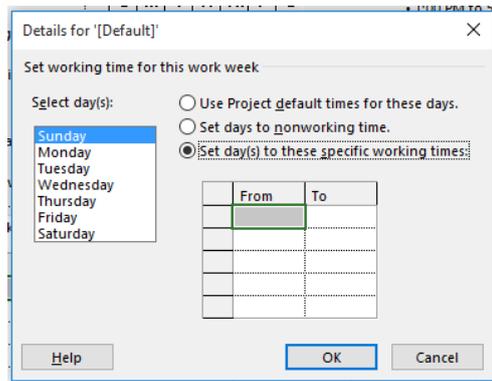
Gambar 2. Jendela Change Working Time

Setelah jendela box tersebut muncul, isikan hari libur pengerjaan proyek seperti hari libur lebaran ataupun hari libur panjang lainnya, dengan cara mengisikan nama hari libur pada kolom Name, tanggal dimulainya libur pada kolom Start, dan tanggal berakhirnya hari libur pada kolom Finish.

Setelah mengisi hari libur, aktifkan tab work week kemudian pilih details maka akan muncul jendela baru Details for

Default didalamnya ada pilihan sebagai berikut:

- *Use Project default times for these days* digunakan untuk menggunakan hari kerja standar dari Microsoft Project yaitu hari kerja dari Senin sampai Jumat dengan jam kerja 08.00-12.00 dan dilanjutkan pada jam 13.00-17.00.
- *Set days to nonworking time* digunakan untuk membuat hari kerja yang terpilih menjadi hari libur standar proyek.
- *Set days to these specific working times* digunakan untuk mengatur jam kerja pada hari yang terpilih sehingga menjadi jam kerja standar yang berlaku pada proyek tersebut, dan juga bisa digunakan untuk merubah hari Sabtu atau Minggu sebagai hari kerja Proyek dengan memasukkan jam kerja pada hari tersebut.



Gambar 3. Jendela Change Working Time

3. Memasukkan data ke dalam Task Sheet
Setelah mengatur tanggal dimulainya proyek dan waktu kerja dalam proyek, kemudian isikan data pada kolom-kolom task sheet. Data yang diisikan yaitu:

- Nama pekerjaan dalam proyek dimasukkan pada kolom Task Name, waktu pekerjaan dimasukkan pada kolom Durasi.
- Kolom Start diisi dengan tanggal mulai pekerjaan yang paling awal, apabila pada Project Information telah dipilih dasar perhitungan Project Start Date maka kolom Start akan terisi otomatis.
- Masukkan hubungan ketergantungan antar kegiatan pada kolom Predecessor.

4. Menganalisa lintasan kritis

Lintasan kritis proyek konstruksi Toserba Yoga Pekalongan yang didapat dengan menggunakan Microsoft project dapat dilihat dari nilai Total Slack yang bernilai 0 atau pada grant chart yang berwarna merah.

- 1) X1 yaitu pekerjaan persiapan.
- 2) X2 yaitu pekerjaan tanah.
- 3) X3 yaitu pekerjaan pondasi tiang pancang.
- 4) X4 yaitu pekerjaan soldier pile.
- 5) X5 yaitu pekerjaan pile cap.
- 6) X6 yaitu pekerjaan sloff.
- 7) X7 yaitu pekerjaan kolom.
- 8) X8 yaitu pekerjaan plat lantai.
- 9) X13 yaitu pekerjaan baja lantai 1 tahap 1.
- 10) X15 yaitu pekerjaan beton lantai 1 tahap.
- 11) X16 yaitu pekerjaan beton lantai 1 tahap 2.
- 12) X19 yaitu pekerjaan baja lantai 2 tahap 1.
- 13) X21 yaitu pekerjaan beton lantai 2 tahap 1.
- 14) X25 yaitu pekerjaan baja lantai 3 tahap 1.
- 15) X27 yaitu pekerjaan beton lantai 3 tahap 1.
- 16) X31 yaitu pekerjaan baja lantai 4 tahap 1.
- 17) X33 yaitu pekerjaan beton lantai 4 tahap 1.
- 18) X37 yaitu pekerjaan baja atap tahap 1.
- 19) X39 yaitu pekerjaan beton atap tahap 1.
- 20) X46 yaitu pekerjaan bangunan lantai 1 tahap 1.
- 21) X47 yaitu pekerjaan bangunan lantai 1 tahap 2.
- 22) X48 yaitu pekerjaan bangunan lantai 2 tahap 1.
- 23) X49 yaitu pekerjaan bangunan lantai 2 tahap 2.
- 24) X50 yaitu pekerjaan bangunan lantai 3 tahap 1.
- 25) X51 yaitu pekerjaan bangunan lantai 3 tahap 2.
- 26) X53 yaitu pekerjaan bangunan lantai 4 tahap 2.
- 27) X55 yaitu pekerjaan bangunan lantai atap tahap 2.

PEMBAHASAN

Pada perhitungan menggunakan PDM, CPM dan aplikasi Microsoft Project memberikan hasil lama pengerjaan proyek yang sama yaitu selama 51 minggu, dengan rincian PDM dengan 27 pekerjaan kritis dari 75 pekerjaan, CPM dengan 37 pekerjaan kritis dari 112 pekerjaan, dan Microsoft Project dengan 27 kegiatan kritis dari 75 pekerjaan. Berikut adalah penjabaran dari pekerjaan kritis proyek Toserba Yoga Pekalongan dari masing-masing metode dan aplikasi.

Table 2. Perbandingan PDM, CPM, dan Ms. Project

Proyek : Toserba Yoga Pekalongan

Jln. Dr. Cipto Mangunkusumo

| No | Nama Pekerjaan | Kode | D | PDM | MS Project | CPM |
|----|-----------------------------------|-------------|----|-----|------------|-----|
| 1 | Pekerjaan Persiapan | X11 3,92% | 51 | 2 | K | K |
| | | X12 96,08% | | 49 | | K |
| A | Pekerjaan Struktur : | | | | | |
| a | Lantai Basement : Elevasi -4.20 M | | | | | |
| 1 | Pekerjaan Tanah | X2 | 3 | 3 | K | K |
| 2 | Pek. Pondasi Tiang Pancang | X31 40% | 5 | 2 | K | K |
| | | X32 60% | | 3 | | T K |
| 3 | Soldier Pile | X4 | 2 | 2 | K | K |
| 4 | Pek.Pile Cap | X5 | 3 | 3 | K | K |
| 5 | Pek. Sloof, Batu Kali, Dpt, | X61 75% | 4 | 3 | K | K |
| | | X62 25% | | 1 | | T K |
| 6 | Pek. Kolom | X71 66,67% | 3 | 2 | K | K |
| | | X72 33,33% | | 1 | | T K |
| 7 | Pek. Plat Lantai | X8 | 4 | 4 | K | K |
| 8 | Pek. GWT | X9 | 1 | 1 | T K | T K |
| 9 | Pek. Pit Lift Barang 1 | X10 | 1 | 1 | T K | T K |
| 10 | Pek. Pit Lift Barang 2 | X11 | 1 | 1 | T K | T K |
| 11 | Pek. Tangga & Ramp | X12 | 1 | 1 | T K | T K |
| b | Lantai 1 : Elevasi +0.00 | | | | | |
| 1 | Pek. Baja Tahap 1 | X13 | 2 | 2 | K | K |
| 2 | Pek. Baja Tahap 2 | X141 50% | 2 | 1 | T K | T K |
| | | X142 50% | | 1 | | T K |
| | | X151 0% | | 0 | | K |
| 3 | Pek. Beton Tahap 1 | X152 33,33% | 3 | 1 | K | K |
| | | X153 66,67% | | 2 | | K |
| | | X161 0% | | 0 | | K |
| 4 | Pek. Beton Tahap 2 | X162 33,33% | 3 | 1 | K | K |
| | | X163 66,67% | | 2 | | K |
| 5 | Pek. Tangga Tahap 1 | X17 | 1 | 1 | T K | T K |
| 6 | Pek. Tangga Tahap 2 | X18 | 1 | 1 | T K | T K |
| c | Lantai 2 : Elevasi +5.2 | | | | | |
| 1 | Pek. Baja Tahap 1 | X191 50% | 4 | 2 | K | K |
| | | X192 50% | | 2 | | T K |
| 2 | Pek. Baja Tahap 2 | X201 50% | 4 | 2 | T K | T K |
| | | X202 50% | | 2 | | T K |
| | | X211 0% | | 0 | | K |
| 3 | Pek. Beton Tahap 1 | X212 50% | 2 | 1 | K | K |
| | | X213 50% | | 1 | | T K |
| | | X221 0% | | 0 | | T K |
| 4 | Pek. Beton Tahap 2 | X222 50% | 2 | 1 | T K | T K |
| | | X223 50% | | 1 | | T K |
| 5 | Pek. Tangga Tahap 1 | X23 | 1 | 1 | T K | T K |
| 6 | Pek. Tangga Tahap 2 | X24 | 1 | 1 | T K | T K |
| d | Lantai 3 : Elevasi +9.95 | | | | | |
| 1 | Pek. Baja Tahap 1 | X251 66,67% | 3 | 2 | K | K |
| | | X252 33,33% | | 1 | | T K |
| 2 | Pek. Baja Tahap 2 | X261 33,33% | 3 | 1 | T K | T K |
| | | X262 66,67% | | 2 | | T K |
| | | X271 0% | | 0 | | K |
| 3 | Pek. Beton Tahap 1 | X272 50% | 2 | 1 | K | K |
| | | X273 50% | | 1 | | T K |

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|-------------|---|---|-----|-----|-----|
| | | X281 0% | | 0 | | | T K |
| 4 | Pek. Beton Tahap 2 | X282 50% | 2 | 1 | T K | T K | T K |
| | | X283 50% | | 1 | | | T K |
| 5 | Pek. Tangga Tahap 1 | X29 | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| 6 | Pek. Tangga Tahap 2 | X30 | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| e | Lantai 4 : Elevasi +14.7 | | | | | | |
| 1 | Pek. Baja Tahap 1 | X31 | 2 | 2 | K | K | K |
| | | X321 66,67% | | 2 | | | T K |
| 2 | Pek. Baja Tahap 2 | X322 33,33% | 3 | 1 | T K | T K | T K |
| | | X331 0% | | 0 | | | K |
| 3 | Pek. Beton Tahap 1 | X332 100% | 2 | 2 | K | K | K |
| | | X341 0% | | 0 | | | T K |
| 4 | Pek. Beton Tahap 2 | X342 100% | 2 | 2 | T K | T K | T K |
| 5 | Pek. Tangga Tahap 1 | X35 | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| 6 | Pek. Tangga Tahap 2 | X36 | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| f | Lantai Atap : Elevasi +17.65 | | | | | | |
| 1 | Pek. Baja Tahap 1 | X37 | 1 | 1 | K | K | K |
| 2 | Pek. Baja Tahap 2 | X38 | 2 | 2 | T K | T K | T K |
| | | X391 0% | | 0 | | | K |
| 3 | Pek. Beton Tahap 1 | X392 100% | 1 | 1 | K | K | K |
| | | X401 0% | | 0 | | | T K |
| 4 | Pek. Beton Tahap 2 | X402 100% | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| 5 | Pek. Atap Tangga Tahap 1 | X41 | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| 6 | Pek. Atap Tangga Tahap 2 | X42 | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| g | Pekerjaan Atap | X43 | 2 | 2 | T K | T K | T K |
| A | Pekerjaan Arsitektur : | | | | | | |
| a | Bangunan Utama | | | | | | |
| 1 | Lantai Basement -4.20 | X44 | 3 | 3 | T K | T K | T K |
| 2 | Lantai Basement Tahap 2 | X45 | 3 | 3 | T K | T K | T K |
| | | X461 25% | | 1 | | | K |
| 3 | Lantai 1 Tahap 1 | X462 75% | 4 | 3 | K | K | T K |
| | | X471 50% | | 2 | | | K |
| 4 | Lantai 1 Tahap 2 | X472 50% | 4 | 2 | K | K | T K |
| | | X481 25% | | 1 | | | K |
| 5 | Lantai 2 Tahap 1 | X482 75% | 4 | 3 | K | K | T K |
| | | X491 25% | | 1 | | | K |
| 6 | Lantai 2 Tahap 2 | X492 75% | 4 | 3 | K | K | T K |
| | | X501 40% | | 2 | | | K |
| 7 | Lantai Tiga Tahap 1 | X502 60% | 5 | 3 | K | K | K |
| | | X511 40% | | 2 | | | K |
| 8 | Lantai Tiga Tahap 2 | X512 60% | 5 | 3 | K | K | T K |
| | | X521 50% | | 2 | | | T K |
| 9 | Lantai Empat Tahap 1 | X522 50% | 4 | 2 | T K | T K | T K |
| | | X531 50% | | 2 | | | K |
| 10 | Lantai Empat Tahap 2 | X532 50% | 4 | 2 | K | K | T K |
| 11 | Lantai Atap Tahap 1 | X54 | 3 | 3 | T K | T K | T K |
| 12 | Lantai Atap Tahap 2 | X55 | 3 | 3 | K | K | K |
| b | Pekerjaan Luar Bangunan | | | | | | |
| 1 | Pekerjaan Fasad & Finishing | X56 | 3 | 3 | T K | T K | T K |
| 2 | Tiang Pju | X57 | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| 3 | Dudukan Poster | X58 | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| 4 | Pagar Rantai | X59 | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| 5 | Car Stopper | X60 | 1 | 1 | T K | T K | T K |
| 6 | Ramp & Gutter | X61 | 2 | 2 | T K | T K | T K |

| | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|----------|---|---|----|----|----|
| 7 | Saluran Drainase | X62 | 1 | 1 | TK | TK | TK |
| 8 | Vegetasi | X63 | 1 | 1 | TK | TK | TK |
| 9 | Cat Walk & Wiremest | X64 | 1 | 1 | TK | TK | TK |
| 10 | Rumah Shaft | X65 | 1 | 1 | TK | TK | TK |
| C Pekerjaan Plumbing : | | | | | | | |
| 1 | Pek. Peralatan Utama | X66 | 4 | 4 | TK | TK | TK |
| 2 | Pek. Ruang Pompa & Tangki Air Atas | X67 | 2 | 2 | TK | TK | TK |
| 3 | Pek. Pompa Tahap 2 | X68 | 2 | 2 | TK | TK | TK |
| 4 | Pek. Air Bersih | X691 50% | 2 | 1 | TK | TK | TK |
| | | X692 50% | 2 | 1 | TK | TK | TK |
| 5 | Pek. Air Bersih Tahap 2 | X701 50% | 2 | 1 | TK | TK | TK |
| | | X702 50% | 2 | 1 | TK | TK | TK |
| 6 | Pek. Air Kotor, Air Bekas | X711 50% | 2 | 1 | TK | TK | TK |
| | | X712 50% | 2 | 1 | TK | TK | TK |
| 7 | Pek. Air Kotor Tahap 2 | X721 50% | 2 | 1 | TK | TK | TK |
| | | X722 50% | 2 | 1 | TK | TK | TK |
| 8 | Pek. Air Hujan | X73 | 3 | 3 | TK | TK | TK |
| 9 | Pek. Air Hujan Tahap 2 | X74 | 2 | 2 | TK | TK | TK |
| 10 | Pek. Lain - Lain (Test Com) | X75 | 6 | 6 | TK | TK | TK |

Terlihat bahwa PDM, CPM, dan aplikasi MS Project memberikan hasil yang sama meskipun jumlah pekerjaannya berbeda, ini dikarenakan terjadi pemecahan pekerjaan yang *overlapping* atau tumpang tindih pada CPM misalnya pekerjaan yang dipecah menjadi dua seperti pekerjaan persiapan, pekerjaan pondasi tiang pancang, pekerjaan sloof batu kali dan lain-lain, sehingga memperbanyak pekerjaan yang harus diamati.

Meskipun demikian terlihat dari tabel 2 bahwa pekerjaan kritis pada setiap metode adalah sama, bukan dari jumlahnya melainkan dari jenis pekerjaan yang termasuk kegiatan kritis. Salah satu contohnya pada pekerjaan kolom, pada CPM pekerjaan kolom di pecah dua menjadi pekerjaan kolom berbobot 66,67% yang berdurasi 2 minggu dan pekerjaan kolom yang berbobot 33,33% yang berdurasi 1 minggu. Pada perhitungan menggunakan CPM menunjukkan pekerjaan kolom berbobot 66,67% adalah pekerjaan kritis dan yang berbobot 33,33% bukan pekerjaan kritis, sedangkan pada perhitungan menggunakan PDM dan aplikasi MS Project memperlihatkan keseluruhan pekerjaan kolom merupakan pekerjaan kritis. Dengan kata lain CPM memberikan hasil yang lebih rinci pada pekerjaan *overlapping* atau tumpang tindih.

PENUTUP

Simpulan yang dapat diambil dari penjadwalan proyek konstruksi dengan menggunakan PDM, CPM, dan PDM dengan bantuan aplikasi Microsoft Project yaitu lama

pengerjaan dari kedua metode tersebut memberikan hasil yang sama yaitu 51 minggu, dengan rincian PDM dengan 27 pekerjaan kritis dari 75 pekerjaan, CPM dengan 37 pekerjaan kritis dari 112 pekerjaan, dan Microsoft Project dengan 27 kegiatan kritis dari 75 pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakhtiyar A. dkk. 2012. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi keterlambatan proyek konstruksi pembangunan gedung di kota lamongan.
- Budi Santoso, 2003. Manajemen Proyek. Guna Widya. Jakarta.
- Dimiyati, Hamdan dan Nurjaman Kadar, 2014, Manajemen Proyek : CV Pustaka
- Dimiyati, Tjutju Tarliah dan Dimiyati, Ahmad. 2011. Operations Research: Model-model Pengambilan Keputusan. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Ervianto, I.W. (2005). Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi. Yogyakarta. Andi.
- Gitosudarmo, I. (2007). Manajemen Operasi Edisi 3. Yogyakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Gadjah Mada

- Glenwright Jr., Earl T. (2004), *Let's Scrap The Precedence Diagramming Method*, ACE International Transactions, PS. 08.1- PS. 08.6. Lembaga Administrasi Negara, 2007:51
- Weaver, Patrick (2006), *A Brief History of Scheduling*, Project Services Pty Ltd, Canberra.
- Hayun. A. Anggara, 2005 "Perencanaan dan pengendalian proyek dengan metode Pert-CPM studi kasus fly over ahmad yani karawang," *Journal The winners*, vol. 6, no. 2, pp. 155-174.
- Heizer Jay, Render Barry. 2005. *Operations Management*. Jakarta: Salemba Empat.
- Husen, Abrar, (2008), *Manajemen Proyek*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ismael, I. 2013. *Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung, Faktor Penyebab dan Tindakan Pencegahannya*. Jurnal Momentum.
- Jamal, Mustofa. (2012). *Analisis Jalur Krisis CPM (Critical Path Method)*
Lembaga Administrasi Negara, 2007:47
- Nurhayati. 2010. *Manajemen Proyek*. Graha Ilmu : Jogjakarta
- O'Brien, J.J. dan Plotnick, F.L. (1999), *CPM in Construction Management*, Fifth Edition, McGraw-Hill.
- Principles of Operations Management*, 2004
- Siswanto. 2007. *Operations Research Jilid kedua*. Jakarta : Erlangga.
- SetiaHandoko, Hani. 2010. *Manajemen Personalia & Sumber daya Manusia*. Yogyakarta: BPFE UGM.
- Soeharto, Iman. 1995. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Uher, T.E. (1996), *Programming and Scheduling Techniques, Construction Project Management and Economic Unit*, School of Building, University of NWS, Australia.