

**OPTIMISASI PERENCANAAN PROYEK PEMBANGUNAN PERPUSTAKAAN
MENGUNAKAN PDM DAN *RESOURCE LEVELING* (STUDI KASUS PROYEK
PERPUSTAKAAN OLEH CV. MAJU INDAH)**

**OPTIMIZATION OF LIBRARY CONSTRUCTION PROJECT PLANNING BY
USING PDM AND *RESOURCE LEVELING* (CASE STUDY OF LIBRARY
CONSTRUCTION PROJECT BY CV. MAJU INDAH)**

Ifnu Bastian¹⁾, Sugiono²⁾, Ceria Farela Mada Tantrika³⁾

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya

Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: ifnubastian@gmail.com¹⁾, sugiono_ub@ub.ac.id²⁾, ceria_fmt@ub.ac.id³⁾

Abstrak

CV. MAJU INDAH adalah perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi bangunan. CV. MAJU INDAH masih mengalami keterlambatan dalam penyelesaian proyek. Proyek dikatakan terlambat bila waktu penyelesaian melebihi waktu yang direncanakan. Dalam melakukan perencanaan proyek, CV. MAJU INDAH masih melakukan secara acak kegiatan mana yang harus diselesaikan serta mengabaikan kebutuhan dan ketersediaan sumber daya manusia sehingga waktu perencanaan lebih singkat dibandingkan realisasi. Hal ini mengindikasikan ketidaktepatan dalam melakukan perencanaan. Karena itu, perlu dicari metode perencanaan yang mampu memastikan keterkaitan antar kegiatan terpenuhi serta mempertimbangkan ketersediaan sumber daya. Pada penelitian ini metode perencanaan proyek yang digunakan adalah Precedence Diagram Method (PDM) dan resource leveling. Perencanaan waktu proyek pembangunan perpustakaan oleh CV. MAJU INDAH adalah selama 130 hari, sedangkan realisasinya adalah selama 230 hari. Pada penelitian ini penjadwalan proyek tersebut menggunakan PDM tanpa resource leveling menghasilkan waktu penyelesaian proyek selama 127 hari dengan kebutuhan sumber daya maksimal sebanyak 26 orang, yang terdiri dari 15 pekerja, 2 tukang batu, 8 tukang kayu dan 1 tukang besi. Sedangkan penjadwalan dengan menggunakan PDM dan resource leveling menghasilkan waktu penyelesaian proyek selama 236 hari dengan kebutuhan maksimal sumber daya sebanyak 7 orang, yang terdiri dari 3 pekerja, 2 tukang batu, 1 tukang kayu dan 1 tukang besi. Perencanaan proyek dengan PDM dan resource leveling mampu memberikan hasil yang mendekati realisasi.

Kata kunci: *Precedence Diagram Method (PDM), resource leveling, waktu penyelesaian proyek, sumber daya terbatas.*

1. Pendahuluan

Dalam manajemen proyek, perencanaan menempati urutan pertama dari fungsi-fungsi lain seperti mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan. Perencanaan adalah proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapaitujuan awal (Soeharto, 1997). Ruang lingkup manajemen proyek meliputi perencanaan, penjadwalan dan kontrol dari aktivitas agar sesuai dengan tujuan awal proyek tersebut (Lewis, 2000). Perencanaan sangat penting dilakukan karena merupakan acuan dalam penyelenggaraan, se-kaligus sebagai landasan dalam pengawasan pelaksanaan proyek agar tidak terjadi keterlambatan waktu penyelesaian proyek. Dalam merencanakan kegiatan suatu proyek, keterlambatan adalah kondisi yang tidak dikehendaki. Keterlambatan akan merugikan pihak kontraktor dan

pemilik proyek, baik dalam segi waktu, biaya maupun tenaga kerja. Oleh karena itu suatu proyek perlu penanganan manajemen penjadwalan kerja yang baik, agar ditangani dengan perhitungan yang cermat dan teliti. Dengan demikian diharapkan penjadwalan dapat menghemat waktu dan biaya proyek. Ervianto (2005) menjelaskan bahwa, pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi dari tahap perencanaan hingga pelaksanaan proyek dapat dikelompokkan menjadi tiga pihak yaitu pemilik proyek (owner) atau principal (employer atau client atau bowheer), pihak perencana (designer) dan pihak kontraktor (aannemer). Dipohusodo (1996) menyatakan bahwa, selama proses konstruksi selalu saja muncul gejala kelangkaan periodik atas material-material yang diperlakukan, berupa material dasar atau barang jadi baik yang lokal maupun import.

CV. MAJU INDAH adalah perusahaan

yang bergerak di bidang konstruksi bangunan dan salah satu proyek yang sedang dikerjakan adalah proyek perpustakaan. Dalam membuat perencanaan, CV. MAJU INDAH tidak menggunakan *tools* perencanaan yang umum digunakan, seperti *Critical Path Method* (CPM), *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) dan *Precedence Diagram Method* (PDM). CV. MAJU INDAH melakukan perencanaan dengan menentukan estimasi waktu hanya berpedoman pada perencanaan yang telah disusun berdasarkan urutan kegiatan yang dibuat berdasarkan pengalaman. Hal ini menyebabkan CV. MAJU INDAH sering mengalami keterlambatan waktu penyelesaian proyek. Beberapa proyek yang mengalami keterlambatan waktu penyelesaian proyek ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterlambatan Proyek di CV. MAJU INDAH

Nama Proyek	Rencana (Hari)	Realisasi (Hari)	Keterlambatan
Pembangunan 3 buah Ruko Arjuno no. 7 Ngoro Kab Jombang	215 hari	327 hari	112 hari
Pembangunan Rumah Type 150/200	186 hari	279 hari	93 hari
Pembangunan 3 lokal Ruang Kelas	235 hari	321 hari	86 hari
Pembangunan Balai Pertanian Ngoro Kab. Jombang	115 hari	242 hari	127 hari
Pembangunan Kantor Desa Sugihwaras	105 hari	198 hari	93 hari
Pembangunan Perpustakaan SDN 3 Mundusewu Kab. Jombang	123 hari	230 hari	107 hari

Pada Tabel 1 menunjukkan CV. MAJU INDAH mengalami keterlambatan waktu penyelesaian proyek paling lama pada pembangunan Balai Pertanian Ngoro Kab. Jombang dengan waktu keterlambatan selama 127 hari yang disebabkan oleh kekurangan tenaga kerja. Masalah keterlambatan penyelesaian proyek tersebut juga terjadi pada pembangunan perpustakaan, dikarenakan keterbatasan sumber daya

yang tidak dipertimbangkan oleh CV. MAJU INDAH pada tahap perencanaan proyek. Hal ini mengindikasikan ketidaktepatan dalam perencanaan. Karena itu, perlu dicari metode perencanaan yang mampu memastikan keterkaitan antar kegiatan terpenuhi serta mempertimbangkan ketersediaan sumber daya. Pada penelitian ini metode perencanaan proyek yang digunakan adalah *Precedence Diagram Method* (PDM) dan *resource leveling*. Hasil dari penelitian ini nantinya akan berupa perencanaan ulang proyek dengan penjadwalan kegiatan proyek secara berurutan sesuai tingkatan kegiatan dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber daya.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Metode penelitian deskriptif kuantitatif merupakan perumusan teori pada sifat dan hubungan antar fenomena kuantitatif dari obyeknya dengan melakukan perhitungan. Metode ini menjelaskan bagaimana penerapan metode PDM dan *resource leveling* dalam perencanaan ulang proyek pembangunan perpustakaan.

2.1 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi pendahuluan
 Studi pendahuluan dilakukan dengan tujuan utama untuk menghimpun berbagai informasi yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian. Hal ini perlu dilakukan, mengingat informasi yang relevan dapat menunjang keberhasilan penelitian, terutama karena hasil studi pendahuluan ini dapat menjadi acuan, baik dalam rangka pengenalan dan perumusan hipotesis.
2. Studi lapangan
 Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh informasi di luar studi kepustakaan, antara lain observasi langsung, dalam hal ini dilakukan pengamatan langsung terhadap kegiatan operasional.
3. Identifikasi masalah
 Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam penelitian. Dalam tahap ini dilakukan dengan mengamati kondisi riil yang terjadi lapangan untuk mengetahui bagaimana sistem yang sedang berlangsung pada pelaksanaan proyek (*survey* pendahuluan).

Setelah itu memahami permasalahan yang terjadi berdasarkan pengamatan yang dilakukan dengan mempelajari teori-teori ilmiah yang berkaitan dengan pengamatan yang dilakukan (studi literatur).

4. Perumusan masalah
Tahap ini merupakan hasil dari tahap identifikasi masalah. Identifikasi masalah yang telah diperoleh, digunakan sebagai acuan dalam menentukan rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian.
5. Penetapan tujuan penelitian
Tahap selanjutnya adalah menentukan tujuan penelitian yang akan dilakukan. Hal ini sangat penting dilakukan untuk mendapatkan acuan dalam menentukan tingkat keberhasilan suatu penelitian.
6. Pengumpulan data
Metode pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri dari dua cara yaitu *Field research* dan *literature research*. Data *field research* yang diperoleh dengan cara wawancara merupakan data primer, yang terdiri dari hubungan *overlapping* antar aktivitas proyek, durasi aktivitas proyek, dan jumlah sumber daya yang digunakan pada setiap aktivitas proyek. Sedangkan untuk dokumentasi diperoleh data sekunder berupa jadwal proyek. Data *literature research* dengan cara mengumpulkan data-data teori yang berhubungan dalam bidang yang diteliti dengan tujuan untuk mencari solusi ilmiah permasalahan yang diteliti.
5. Membuat *Work Breakdown Structure*
Menurut Husen (2009) penyusunan WBS dilakukan dengan cara *top down*, dengan tujuan komponen-komponen kegiatan tetap berorientasi ke tujuan proyek. WBS dapat juga dipakai untuk membagi seluruh *level* proyek menjadi elemen-elemen kerja, menjelaskan proyek dalam satu format struktur *level*, fasilitas, dan mencakup seluruh item pekerjaan hingga selesai, pemecahan *level* sampai pada paket pekerjaan terakhir dengan kegiatan yang jelas dan cukup untuk merencanakan detail fase awal proyek.
6. Menentukan hubungan keterkaitan atau *overlapping* (SS, SF, FS, FF), *predecessor* proyek dan memasukkan waktu proyek.
Data aktivitas yang mendahului atau sering disebut sebagai *predecessor* dan hubungan keterkaitan aktivitas proyek pembangunan perpustakaan diperoleh dari pertimbangan

kontraktor, tukang dan pekerja di tempat proyek pembangunan perpustakaan.

7. Perhitungan maju (*Forward Analysis*) dan perhitungan mundur (*Backward Analysis*) dengan menentukan nilai (ES, EF, LS, LF). Menurut Soeharto (1997) menyatakan bahwa, hitungan maju dimulai dari awal proyek ke akhir proyek dari kiri ke kanan. Pada perhitungan ini, berlaku aturan-aturan sebagai berikut:
 - a. Notasi (i) bagi kegiatan yang ditinjau terdahulu dan notasi (j) bagi kegiatan yang sedang ditinjau.
 - b. Waktu awal dianggap nol.
 - c. Hitungan maju bertujuan untuk menentukan nilai *Early Start* (ES), *Early Finish* (EF) dan kurun waktu penyelesaian proyek.
 - d. Jika terdapat lebih dari satu kegiatan yang bergabung, diambil angka ES terbesar.
 - e. Angka ES suatu kegiatan dipilih dari angka terbesar diantara empat konstrain yang ada.

$ES(j) = (\text{pilih angka terbesar dari:})$

$$\begin{aligned} ES(i) + SS(i-j) & \quad \text{atau} \\ ES(i) + SF(i-j) - D(j) & \quad \text{atau} \\ EF(i) + FS(i-j) & \quad \text{atau} \\ EF(i) + FF(i-j) - D(j) & \quad \text{(pers. 1)} \end{aligned}$$

Angka EF suatu kegiatan sama dengan angka ES kegiatan tersebut ditambah dengan durasi kegiatan tersebut.

$$EF(j) = ES(j) + D(j) \quad \text{(pers. 2)}$$

Soeharto (1997) menyatakan bahwa, hitungan mundur dimulai dari akhir proyek berjalan awal proyek, dari kanan ke kiri. Pada perhitungan ini, berlaku aturan-aturan sebagai berikut:

- a. Notasi (i) bagi kegiatan yang sedang ditinjau dan notasi (j) bagi kegiatan yang ditinjau terdahulu.
- b. Hitungan mundur bertujuan untuk menentukan nilai LS (*latest start*), LF (*latest finish*) dan kurun waktu *float*
- c. Jika terdapat lebih dari satu kegiatan yang bergabung, diambil angka LS terkecil.
- d. Angka LF suatu kegiatan dipilih dari angka terkecil di antara empat konstrain

yang ada.

$LF(i)$ – (pilih angka terkecil dari):

$LF(j) - SS(1-j)$ atau

$LS(j) - FS(i-j)$ atau

$LF(j) - SF(i-j) + D(i)$ atau

$LS(j) - SS(i-j) + D(i)$ (pers.3)

Angka LS suatu kegiatan sama dengan angka LF kegiatan tersebut dikurangi dengan durasi kegiatan tersebut.

$LS(i) = LF(i) - D(i)$ (pers. 4)

8. Menentukan lintasan kritis

Menurut Soeharto (1997) Jalur kritis PDM mempunyai sifat sama seperti CPM atau AOA, yaitu

- a. Waktu mulai awal dan akhir harus sama $ES=LS$
- b. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama ($EF=LF$)
- c. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan antara waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal $LF-ES=D$
- d. Bila hanya sebagian dari kegiatan bersifat kritis, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis.

9. Meratakan sumber daya manusia pada lintasan non kritis dan lintasan kritis menggunakan *resource leveling*.

Gray & Larson (2009) menyatakan bahwa cara manual pemerataan sumber daya atau *resource leveling* adalah sebagai berikut:

- a. Tentukan ES paling kecil, jika *eligible* (mungkin dilakukan) maka *load* kegiatan tersebut pada jadwal kegiatan.
- b. Jika ES sama, maka diambil *slack* yang lebih kecil.
- c. Jika ES dan *slack* sama, maka diambil durasi yang lebih kecil.
- d. Jika ES, *slack*, dan durasi sama, maka diurutkan sesuai ID atau nomor kegiatan.

Dari penjelasan di atas, pemerataan sumber daya dimaksudkan untuk meningkatkan produktifitas, efektifitas, dan efisiensi penggunaannya, menjaga pola penyebarannya yang logis dari segi kuantitas serta menempatkan kualitas sumber daya yang sesuai dengan kebutuhan proyek dan diharapkan dengan durasi yang tidak berubah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Membuat *Work Breakdown Structure*

Work Breakdown Structure (WBS) digunakan untuk pengkodean aktivitas proyek yang berdasarkan tingkatan pekerjaan, berikut ini WBS pada penelitian ini.

Proyek perpustakaan

1.A PEKERJAAN TANAH

- 1.A.1 Galian tanah sedalam 1m
- 1.A.2 Menimbun tanah untuk peninggian lantai ubin
- 1.A.3 Menimbun pasir
- 1.A.4 Menimbun kembali galian tanah

1.B PEKERJAAN PONDASI

- 1.B.1 Membuat pondasi beton bertulang
- 1.B.2 Memasang batu kosong
- 1.B.3 Memasang pondasi batu belah (campuran 1 *porland cement* : 6 pasir pasang)

1.C PEKERJAAN PASANG BATA MERAH

- 1.C.1 Memasang dinding bata merah 1 *porland cement* : 5 pasir pasang tebal 1 bata
- 1.C.2 Memasang dinding bata merah 1 *porland cement* : 3 pasir pasang tebal 1/2 bata
- 1.C.3 Memasang dinding bata merah 1 *porland cement* : 6 pasir pasang tebal 1/2 bata

1.D PEKERJAAN BETON

- 1.D.1 Membuat beton tumbuk 1 *porland cement* : 3pasir pasang : 5 krikil
- 1.D.2 Membuat sloof beton bertulang (150kg besi + bekisting)
- 1.D.3 Membuat plat beton bertulang (150kg besi +bekisting)
- 1.D.4 Membuat balok beton bertulang (150kg besi + bekisting)
- 1.D.5 Membuat ring balok beton bertulang (10x15) cm²

1.E PEKERJAAN PELAPIS DINDING

- 1.E.1 Membuat plesteran 1 *porland cement* : 3 pasir pasang, tebal 15mm
- 1.E.2 Membuat plesteran 1 *porland cement* : 6 pasir pasang tebal 15mm
- 1.E.3 Membuat acian
- 1.E.4 Pasang dinding keramik 20x25cm²

1.F PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA

- 1.F.1 Membuat dan memasang kusen pintu dan kusen jendela
- 1.F.2 Membuat dan memasang daun pintu panel

- 1.F.3 Membuat dan memasang pintu dan jendela kaca
- 1.F.4 Pasang kaca tebal 5mm
- 1.G PEKERJAAN KUNCI & PENGANTUNG
 - 1.G.1 Pasang kunci silinder 1 buah
 - 1.G.2 Pasang engsel pintu 1 buah
 - 1.G.3 Pasang engsel jendela kupu-kupu 1 buah
 - 1.G.4 Pasang kait angin 1buah
 - 1.G.5 Pasang kunci selot
- 1.H PEKERJAAN ATAP
 - 1.H.1 Memasang konstruksi kuda-kuda konvensional
 - 1.H.2 Memasang konstruksi gording
 - 1.H.3 Memasang rangka atap genteng
 - 1.H.4 Pasang atap genteng
 - 1.H.5 Pasang genteng bubung karang-pilang
- 1.I PEKERJAAN PLAFON
 - 1.I.1 Pasang rangka langit-langit eter-nit
 - 1.I.2 Pasang langit-langit eternit
 - 1.I.3 Pasang list plafon *gypsum*
- 1.J PEKERJAAN PENGECATAN
 - 1.J.1 Pengecatan bidang kayu baru
 - 1.J.2 Pengecatan tembok baru
- 1.K PEKERJAAN LANTAI
 - 1.K.1 Memasang lantai ubin warna ukuran (30x30) cm²
- 1.L PEKERJAAN *ELECTRICAL*
 - 1.L.1 Pekerjaan instalasi listrik

3.2 Menentukan hubungan keterkaitan atau overlapping (SS, SF, FS, FF), predecessor proyek.

Data *predecessor* dan hubungan keterkaitan antar aktivitas proyek pembangunan perpustakaan ditunjukkan pada Tabel 2. Data tersebut diperoleh dari pertimbangan kontraktor, tukang dan pekerja di tempat proyek pembangunan perpustakaan.

Tabel 2. Hubungan Keterkaitan dan Overlapping Kegiatan Proyek

No.	WBS	Predecessor	Overlapping
A	1.A		
1	1.A.1	-	
2	1.A.2	1.A.1	SS
3	1.A.3	1.A.1	FS
4	1.A.4	1.A.1	FS
B	1.B		
5	1.B.1	1.A.1;1.A.2	SS;FS
6	1.B.2	1.A.3;1.A.4	FS;FS

Tabel 2. Hubungan Keterkaitan dan Overlapping Kegiatan Proyek (lanjutan)

No.	WBS	Predecessor	Overlapping
7	1.B.3	1.B.2	FS
C	1.C		
8	1.C.1	1.B.3	FS
9	1.C.2	1.C.1;1.B.1	FS;FS
10	1.C.3	1.C.2	FS
D	1.D		
11	1.D.1	1.B.3	FS
12	1.D.2	1.C.3;1.D.1	FS, SF
13	1.D.3	1.D.2	FS
14	1.D.4	1.D.3	FS
15	1.D.5	1.D.4;1.C.1	FS;FS
E	1.E		
16	1.E.1	1.D.5	FS
17	1.E.2	1.C.2	FS
18	1.E.3	1.E.1;1.E.2	FS,SS
19	1.E.4	1.E.3	FS
F	1.F		
20	1.F.1	1.C.3	FS
21	1.F.2	1.F.1	SF
22	1.F.3	1.F.2	FS
23	1.F.4	1.F.3	SS
G	1.G		
24	1.G.1	1.F.3	SS
25	1.G.2	1.G.1	SS
26	1.G.3	1.F.3	SS
27	1.G.4	1.F.1;1.F.3	SS;FS
28	1.G.5	1.G.2;1.G.4	SS;FS
H	1.H		
29	1.H.1	1.C.3	FS
30	1.H.2	1.H.1	FS
31	1.H.3	1.H.2	FS
32	1.H.4	1.H.3	FS
33	1.H.5	1.H.4	SS
I	1.I		
34	1.I.1	1.H.5	FS
35	1.I.2	1.I.1;1.G.3	FS;FS
36	1.I.3	1.I.2	FF
J	1.J		
37	1.J.1	1.F.4;1.G.5	FS;FS
38	1.J.2	1.E.4;1.I.3;1.J.1	FS,FS,SF
K	1.K		
39	1.K.1	1.D.1;1.J.2;1.L.1	FS,FS,FS
L	1.L		
40	1.L.1	1.E.2;1.I.2	FF,SF

Pada Tabel 2 *predecessor* dan hubungan keterkaitan antar aktivitas terdiri dari (*start to start, start to finish, finish to start, dan finish to finish*) didapat dari wawancara dengan pihak tukang, pekerja, dan kontraktor.

3.3 Kebutuhan Waktu Proyek

Pada penelitian ini dilakukan analisis ulang waktu pelaksanaan proyek pembangunan perpustakaan. Proyek pembangunan perpustakaan tersebut adalah proyek pada tahun anggaran 2013-2014 di SDN 3 Mundusewu Kab. Jombang. Proyek pembangunan tersebut dijadwalkan oleh CV. MAJU INDAH selama 123 hari dengan realisasi penyelesaian proyek selama 230 hari. Proyek tersebut dimulai pada tanggal 8 Oktober 2013 hingga 25 Mei 2014. Dengan demikian terjadi keterlambatan waktu penyelesaian proyek selama 107 hari.

Waktu pelaksanaan proyek pembangunan perpustakaan tersebut yaitu setiap hari senin sampai dengan minggu pada pukul 08.00 – 17.00 dan jam istirahat mulai pukul 12.00 sampai dengan pukul 13.00.

Tabel 3 menunjukkan penyediaan waktu yang digunakan pada proyek pembangunan perpustakaan ditentukan oleh kontraktor proyek yang didapat dari wawancara terhadap tukang dan pekerja dan kontraktor. Contoh kegiatan 1.A.1 adalah pekerjaan galian tanah sedalam 1m selama 4 hari.

3.4 Penentuan Lintasan Kritis

Penjadwalan pembangunan perpustakaan oleh CV. MAJU INDAH masih melakukan secara acak kegiatan-kegiatan mana saja yang harus didahulukan pada proses pengerjaannya dan hanya didasarkan pada pengalaman. Untuk menghindari terjadinya keterlambatan penyelesaian waktu proyek akibat pengerjaan proyek yang tidak dilakukan secara sistematis maka pada studi kasus ini diusulkan metode *Precedence Diagram Method* (PDM) yang diharapkan mampu membantu merencanakan waktu yang mendekati atau sama dengan waktu realisasi penyelesaian proyek. Pada metode *Precedence Diagram Method* (PDM), dilakukan perhitungan maju (*forward analysis*) dan perhitungan mundur (*backward analysis*) untuk menentukan lintasan kritis. Lintasan kritis diperoleh dari perhitungan maju dengan rumus $EF-ES$ dan pada perhitungan mundur $LF-LS$.

Tabel 3. Kebutuhan Waktu Proyek dan Hubungan Keterkaitan

Kegiatan	Durasi	Predecessor	Hubungan Keterkaitan
1.A			
1.A.1	4 days	-	
1.A.2	2 days	1.A.1	SS
1.A.3	1 day	1.A.1	FS
1.A.4	2 days	1.A.1	FS
1.B			
1.B.1	5 days	1.A.1;1.A.2	SS,FS
1.B.2	2 days	1.A.3;1.A.4	FS,FS
1.B.3	6 days	1.B.2	FS
1.C			
1.C.1	13 days	1.B.3	FS
1.C.2	11 days	1.C.1;1.B.1	FS,FS
1.C.3	20 days	1.C.2	FS
1.D			
1.D.1	4 days	1.B.3	FS
1.D.2	8 days	1.C.3;1.D.1	FS, SF
1.D.3	2 days	1.D.2	FS
1.D.4	4 days	1.D.3	FS
1.D.5	2 days	1.D.4;1.C.1	FS,FS
1.E			
1.E.1	15 days	1.D.5	FS
1.E.2	20 days	1.C.2	FS
1.E.3	10 days	1.E.1;1.E.2	FS,SS
1.E.4	4 days	1.E.3	FS
1.F			
1.F.1	10 days	1.C.3	FS
1.F.2	5 days	1.F.1	SF
1.F.3	4 days	1.F.2	FS
1.F.4	1 day	1.F.3	SS
1.G			
1.G.1	1 day	1.F.3	SS
1.G.2	1 day	1.G.1	SS
1.G.3	1 day	1.F.3	SS
1.G.4	1 day	1.F.1;1.F.3	SS,FS
1.G.5	1 day	1.G.2;1.G.4	SS,FS
1.H			
1.H.1	8 days	1.C.3	FS
1.H.2	4 days	1.H.1	FS
1.H.3	4 days	1.H.2	FS
1.H.4	3 days	1.H.3	FS
1.H.5	2 days	1.H.4	SS
1.I			
1.I.1	6 days	1.H.5	FS
1.I.2	5 days	1.I.1;1.G.3	FS,FS
1.I.3	1 day	1.I.2	FF
1.J			
1.J.1	12 days	1.F.4;1.G.5	FS,FS
1.J.2	14 days	1.E.4;1.I.3;1.J.1	FS,FS,SF
1.K			
1.K.1	10 days	1.D.1;1.J.2;1.L.1	FS,FS,FS
1.L			
1.L.1	7 days	1.E.2;1.I.2	FF,SF

3.4.1 Perhitungan Maju (*Forward Analysis*)

Kegiatan awal dalam penjadwalan proyek pembangunan perpustakaan memiliki satu kegiatan awal. Oleh karenanya, tidak dibutuhkan penambahan kegiatan *START* dan kegiatan *FINISH* cukup satu saja. Untuk mendapatkan nilai *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF), dilakukan perhitungan maju, berikut ini adalah contoh perhitungan dengan hubungan keterkaitan antar aktivitas (SS, SF, FS, FF).

- a. Kegiatan 1.A.1, (tidak ada hubungan keterkaitan)

$$ES_{1.A.1} = 0$$
 didapat dari kegiatan *START*

$$EF_{1.A.1} = ES_{1.A.1} + \text{Durasi } 1.A.1 = 0 + 4 = 4.$$
- b. Kegiatan 1.A.2, (ada hubungan keterkaitan SS dengan kegiatan 1.A.1)

$$ES_{1.A.2} = 0$$
 didapat dari $ES_{1.A.1}$

$$EF_{1.A.2} = ES_{1.A.1} + \text{durasi } 1.A.2 = 0 + 2 = 2$$
 (SS)

- c. Kegiatan 1.A.3, (ada hubungan keterkaitan SF dengan kegiatan 1.A.1)
 $ES_{1.A.3} = 4$ didapat dari $EF_{1.A.1}$
 $EF_{1.A.3} = EF_{1.A.1} + \text{durasi } 1.A.3 = 4 + 1 = 5$. (FS)
- d. Kegiatan 1.D.2, (ada hubungan keterkaitan FS dengan kegiatan 1.C.3 dan ada hubungan keterkaitan SF dengan kegiatan 1.D.1)
 $ES_{1.D.2}$ didapat dari membandingkan nilai terbesar dari $EF_{1.C.3}$ dan $EF_{1.D.1}$, perhitungannya sebagai berikut:
 $EF_{1.D.2} = EF_{1.C.3} + \text{durasi } 1.D.2 = 58 + 8 = 66$ (FS)
 $EF_{1.D.2} = EF_{1.D.2} = 14$, $ES_{1.D.1} = EF_{1.D.1} - \text{durasi } 1.D.2 = 14 - 8 = 6$ (SF)
 Dipilih nilai EF terbesar yaitu 66, sehingga $ES_{1.B.1} = 58$ dan $EF_{1.B.2} = 66$
- e. Kegiatan 1.I.3, (ada hubungan keterkaitan FF dengan kegiatan 1.I.2)
 $EF_{1.I.3} = EF_{1.I.2} = 87$
 $ES_{1.I.3} = 87 - 1 = 86$ (FF)
- f. Kegiatan 1.K.1, (ada hubungan keterkaitan FS dengan kegiatan 1.D.1, hubungan keterkaitan FS dengan kegiatan 1.J.2, dan hubungan keterkaitan FS dengan kegiatan 1.L.1).
 $ES_{1.K.1}$ didapat dari membandingkan nilai terbesar dari $EF_{1.D.1}$, $EF_{1.J.2}$ dan $EF_{1.L.1}$, perhitungannya sebagai berikut:
 $EF_{1.K.1} = EF_{1.D.1} + \text{durasi } 1.K.1 = 18 + 10 = 28$ (FS)
 $EF_{1.K.1} = EF_{1.J.2} + \text{durasi } 1.K.1 = 117 + 10 = 127$ (FS)
 $EF_{1.K.1} = EF_{1.L.1} + \text{durasi } 1.K.1 = 82 + 10 = 92$ (FS)
 Dipilih nilai EF terbesar yaitu 127, sehingga $ES_{1.K.1} = 117$ dan $EF_{1.K.1} = 127$
- g. Kegiatan FINISH, diperoleh dari nilai terbesar $EF_{1.K.1}$ yaitu 127.
- b. Kegiatan 1.L.1, (ada hubungan keterkaitan FS dengan kegiatan 1.K.1)
 $LS_{1.L.1} = LS_{1.K.1} - \text{durasi } 1.L.1 = 117 - 7 = 110$ (FS)
 $LF_{1.L.1} = LS_{1.K.1} = 117$.
- c. Kegiatan 1.J.1, (ada hubungan keterkaitan SF dengan kegiatan 1.J.2)
 $LF_{1.J.1} = LF_{1.J.2} + \text{durasi } 1.J.1 = 117 + 12 = 129$
 $LS_{1.J.1} = LF_{1.J.2} = 117$.
- d. Kegiatan 1.I.2, (ada hubungan keterkaitan FF dengan kegiatan 1.I.3)
 $LF_{1.I.2} = LF_{1.L.1} + \text{durasi } 1.I.2 = 117 + 5 = 122$
 $LS_{1.I.2} = LF_{1.L.1} = 117$.
- e. Kegiatan 1.A.1, (ada hubungan keterkaitan SS dengan kegiatan 1.B.1, hubungan keterkaitan FS dengan kegiatan 1.A.4, hubungan keterkaitan SF dengan kegiatan 1.A.3 dan hubungan keterkaitan SS dengan kegiatan 1.A.2)
 $LF_{1.A.1} = LS_{1.B.1} + \text{durasi } 1.A.1 = 22 + 4 = 26$ (SS)
 $LS_{1.A.1} = LS_{1.A.4} - \text{durasi } 1.A.1 = 4 - 4 = 0$,
 $LF_{1.A.1} = LS_{1.A.4} = 4$ (FS)
 $LF_{1.A.1} = LF_{1.A.3} + \text{durasi } 1.A.1 = 6 + 4 = 10$ (SF)
 $LF_{1.A.1} = LS_{1.A.2} + \text{durasi } 1.A.1 = 20 + 4 = 24$ (SS)
 Dipilih nilai LF terkecil yaitu 4, $LS_{1.A.1} = 0$ dan $LF_{1.A.1} = 4$.
- f. Kegiatan START, diperoleh nilai dari $LS_{1.A.1}$ yaitu = 0.

Berdasarkan perhitungan maju dan perhitungan mundur, maka diketahui nilai dari *Earliest Start* (ES), *Earliest Finish* (EF), *Latest Start* (LS), *Latest Finish* (LF), kemudian direkapitulas. hasil rekapitulasi ditunjukkan pada Tabel 4.3 yang menunjukkan rekapitulasi hasil perhitungan maju dan mundur, sehingga didapat kegiatan kritis yang *slack* atau *total float* sama dengan 0 dengan rumus LF (*Late Finish*)– ES (*Earliest Finish*)–durasi kegiatan, sehingga didapat lintasan kritis yang terdiri dari kegiatan 1.A.1 – 1.A.4 – 1.B.2.1.A.1 – 1.A.4 – 1.B.2 – 1.B.3 – 1.C.1 – 1.C.2 - 1.C.3 – 1.D.2 – 1.D.3 – 1.D.4 – 1.D.5 – 1.E.1 – 1.E.3 – 1.E.4 – 1.J.2 – 1.K.1.

3.4.2 Perhitungan mundur (Backward Analysis)

Perhitungan mundur (*Backward analysis*) dilakukan untuk mendapatkan besarnya *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF), dilakukan perhitungan mundur. Berikut ini adalah contoh perhitungan mundur dengan hubungan keterkaitan antar aktivitas (SS, SF, FS, FF) dengan urutan sebagai berikut:

- a. Kegiatan 1.K.1, (tidak ada hubungan keterkaitan)
 $LF_{1.K.1}$ diperoleh dari kegiatan $LF_{\text{Finish}} = 127$
 $LS_{1.K.1} = LS_{1.K.1} - \text{durasi } 1.K.1 = 127 - 10 = 117$.

3.5 Kebutuhan Sumber Daya Manusia Sebelum Pemerataan (Resource Leveling)

Setelah dilakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur selanjutnya ditentukan ke-

butuhan sumber daya manusia. Kebutuhan sumber daya tiap periode pada proyek pembangunan perpustakaan ini ditunjukkan pada Tabel 4. Pada Tabel 4. dapat dilihat kebutuhan sumber daya sebelum pemerataan yang digunakan pada proyek pembangunan perpustakaan.

PDM (*Precedence Diagram Method*) dengan perataan (*resource leveling*) bisa digunakan dengan syarat ketersediaan sumber daya manusia sesuai pada Tabel 4. agar penjadwalan proyek menggunakan PDM tersebut sesuai dengan rencana penjadwalan proyek pembangunan perpustakaan.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kegiatan Lintasan Kritis

KEGIATAN	ES	EF	LS	LF	D	TOTAL FLOAT/SLACK	STATUS
I.A.1	0	4	0	4	4	0	KRITIS
I.A.2	0	2	20	22	2	20	
I.A.3	4	5	5	6	1	1	
I.A.4	4	6	4	6	2	0	KRITIS
I.B.1	2	7	22	27	5	20	
I.B.2	6	8	6	8	2	0	KRITIS
I.B.3	8	14	8	14	6	0	KRITIS
I.C.1	14	27	14	27	13	0	KRITIS
I.C.2	27	38	27	38	11	0	KRITIS
I.C.3	38	58	38	58	20	0	KRITIS
I.D.1	14	18	66	70	4	52	
I.D.2	58	66	58	66	8	0	KRITIS
I.D.3	66	68	66	68	2	0	KRITIS
I.D.4	68	72	68	72	4	0	KRITIS
I.D.5	72	74	72	74	2	0	KRITIS
I.E.1	74	89	74	89	15	0	KRITIS
I.E.2	38	58	89	109	20	51	
I.E.3	89	99	89	99	10	0	KRITIS
I.E.4	99	103	99	103	4	0	KRITIS
I.F.1	58	68	111	121	10	53	
I.F.2	53	58	106	111	5	53	
I.F.3	58	62	111	115	4	53	
I.F.4	58	59	116	117	1	58	
I.G.1	58	59	116	117	1	58	
I.G.2	58	59	116	117	1	58	
I.G.3	58	59	116	117	1	58	
I.G.4	62	63	115	116	1	53	
I.G.5	63	64	116	117	1	53	
I.H.1	58	66	97	105	8	39	
I.H.2	66	70	105	109	4	39	
I.H.3	70	74	105	109	4	35	
I.H.4	74	77	109	112	3	35	
I.H.5	74	76	109	111	2	35	
I.I.1	76	82	111	117	6	35	
I.I.2	82	87	117	122	5	35	
I.I.3	86	87	102	103	1	16	
I.J.1	64	76	117	129	12	53	
I.J.2	103	117	103	117	14	0	KRITIS
I.K.1	117	127	117	127	10	0	KRITIS
I.L.1	75	82	110	117	7	35	

Pada Tabel 5. Kebutuhan sumber daya yang digunakan sebelum pemerataan didapat dari perencanaan sumber daya manusia dengan mengabaikan ketersediaan sumber daya. Kebutuhan sumber daya maksimum sebelum dilakukan pemerataan adalah 26 orang yang terdiri dari 15 orang pekerja, 2 orang tukang

batu, 8 orang tukang kayu, dan 1 orang tukang besi pada periode 59.

Tabel 5. Kebutuhan SDM Sebelum Dilakukan Pemerataan Sumber Daya

PERIODE	KEBUTUHAN SUMBER DAYA			
	PEKERJA	TUKANG BATU	TUKANG KAYU	TUKANG BESI
1	6	0	0	0
2	6	0	0	0
3	6	2	1	1
4	6	2	1	1
5	9	2	1	1
6	6	2	1	1
7	6	4	1	1
8	3	2	0	0
9	3	2	0	0
10	3	2	0	0
11	3	2	0	0
12	3	2	0	0
13	3	2	0	0
14	3	2	0	0
15	6	4	0	0
16	6	4	0	0
17	6	4	0	0
18	6	4	0	0
19	3	2	0	0
20	3	2	0	0
21	3	2	0	0
22	3	2	0	0
23	3	2	0	0
24	3	2	0	0
25	3	2	0	0
26	3	2	0	0
27	3	2	0	0
28	3	2	0	0
29	3	2	0	0
30	3	2	0	0
31	3	2	0	0
32	3	2	0	0
33	3	2	0	0
34	3	2	0	0
35	3	2	0	0
36	3	2	0	0
37	3	2	0	0
38	3	2	0	0
39	6	4	0	0
40	6	4	0	0
41	6	4	0	0
42	6	4	0	0
43	6	4	0	0
44	6	4	0	0
45	6	4	0	0
46	6	4	0	0
47	6	4	0	0
48	6	4	0	0
49	6	4	0	0
50	6	4	0	0
51	6	4	0	0
52	6	4	0	0
53	6	4	0	0
54	9	4	1	0
55	9	4	1	0
56	9	4	1	0
57	9	4	1	0
58	9	4	1	0
59	15	2	8	1
60	12	2	4	1
61	12	2	4	1
62	12	2	4	1
63	10	2	4	1
64	10	2	4	1

Sedangkan pada Tabel 6. menjelaskan penggunaan sumber daya pada setiap item pekerjaan. sumber daya yang digunakan yang terdiri dari pekerja, tukang batu, tukang kayu, tukang besi, penggunaan sumber daya yang maksimum sebanyak 7 orang yang terdiri dari 3 pekerja, 2 tukang batu, 1 tukang kayu, dan 1

JURNAL REKAYASA DAN MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI VOL. 3 NO.1
TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS BRAWIJAYA

tukang besi dan digunakan pada kegiatan 1.B.1, 1.D.2, 1.D.3, 1.D.4, dan 1.D.5.

Tabel 5. Kebutuhan SDM Sebelum Dilakukan Pemerataan Sumber Daya (lanjutan)

PERIODE	KEBUTUHAN SUMBER DAYA			
	PEKERJA	TUKANG BATU	TUKANG KAYU	TUKANG BESI
65	11	2	4	1
66	11	2	4	1
67	11	2	4	1
68	11	2	4	1
69	8	2	3	1
70	8	2	3	1
71	8	2	3	1
72	8	2	3	1
73	8	2	3	1
74	8	2	3	1
75	11	4	2	0
76	13	5	2	0
77	10	3	2	0
78	7	3	1	0
79	7	3	1	0
80	7	3	1	0
81	7	3	1	0
82	7	3	1	0
83	7	3	1	0
84	5	2	1	0
85	5	2	1	0
86	5	2	1	0
87	7	2	2	0
88	3	2	0	0
89	3	2	0	0
90	3	2	0	0
91	3	2	0	0
92	3	2	0	0
93	3	2	0	0
94	3	2	0	0
95	3	2	0	0
96	3	2	0	0
97	3	2	0	0
98	3	2	0	0
99	3	2	0	0
100	3	2	0	0
101	3	2	0	0
102	3	2	0	0
103	3	2	0	0
104	3	2	0	0
105	3	2	0	0
106	3	2	0	0
107	3	2	0	0
108	3	2	0	0
109	3	2	0	0
110	3	2	0	0
111	3	2	0	0
112	3	2	0	0
113	3	2	0	0
114	3	2	0	0
115	3	2	0	0
116	3	2	0	0
117	3	2	0	0
118	3	2	0	0
119	3	2	0	0
120	3	2	0	0
121	3	2	0	0
122	3	2	0	0
123	3	2	0	0
124	3	2	0	0
125	3	2	0	0
126	3	2	0	0
127	3	2	0	0

Tabel 6. Penggunaan Sumber Daya pada Setiap Item Pekerjaan, durasi, ES, LF, dan Slack Sebelum Dilakukan Pemerataan.

ID	WBS	SDM	D	ES	LF	Slck
1	1.A.1	P {3}	4	0	4	0
2	1.A.2	P {3}	2	0	22	20
3	1.A.3	P {3}	1	4	6	1
4	1.A.4	P {3}	2	4	6	0
5	1.B.1	P{3},TK{1},TB{2},TBS{1}	5	2	27	20
6	1.B.2	P{3},TB{2}	2	6	8	0
7	1.B.3	P{3},TB{2}	6	8	14	0
8	1.C.1	P{3},TB{2}	13	14	27	0
9	1.C.2	P{3},TB{2}	11	27	38	0
10	1.C.3	P{3},TB{2}	20	38	58	0
11	1.D.1	P{3},TB{2}	4	14	70	52
12	1.D.2	P{3},TK{1},TB{2},TBS{1}	8	58	66	0
13	1.D.3	P{3},TK{1},TB{2},TBS{1}	2	66	68	0
14	1.D.4	P{3},TK{1},TB{2},TBS{1}	4	68	72	0
15	1.D.5	P{3},TK{1},TB{2},TBS{1}	2	72	74	0
16	1.E.1	P{3},TB{2}	15	74	89	0
17	1.E.2	P{3},TB{2}	20	38	109	51
18	1.E.3	P{3},TB{2}	10	89	99	0
19	1.E.4	P{3},TB{2}	4	99	103	0
20	1.F.1	P{3},TK{1}	10	58	121	53
21	1.F.2	P{3},TK{1}	5	53	111	53
22	1.F.3	P{3},TK{1}	4	58	115	53
23	1.F.4	P{3},TK{1}	1	58	117	58
24	1.G.1	P{1},TK{1}	1	58	117	58
25	1.G.2	P{1},TK{1}	1	58	117	58
26	1.G.3	P{1},TK{1}	1	58	117	58
27	1.G.4	P{1},TK{1}	1	62	116	53
28	1.G.5	P{1},TK{1}	1	63	117	53
29	1.H.1	P{3},TK{1}	8	58	115	39
30	1.H.2	P{3},TK{1}	4	66	109	39
31	1.H.3	P{3},TK{1}	4	70	109	35
32	1.H.4	P{3},TK{1}	3	74	112	35
33	1.H.5	P{3},TB{2}	2	74	111	35
34	1.I.1	P{2},TK{1}	6	76	117	35
35	1.I.2	P{2},TK{1}	5	82	122	35
36	1.I.3	P{2},TK{1}	1	86	108	16
37	1.J.1	P{2},TK{1}	12	64	129	53
38	1.J.2	P{3},TB{2}	14	103	117	0
39	1.K.1	P{3},TB{2}	10	117	127	0
40	1.L.1	P{2},TB{1}	7	75	117	35

3.6 Resource Leveling

Pengerjaan *resource leveling* manual dimulai dari nilai kegiatan dengan nilai ES terkecil yaitu di kegiatan 1.A.1 dan 1.A.2 dengan nilai ES=0. Karena nilai ES pada kegiatan 1.A.1 dan 1.A.2 bernilai sama maka untuk menentukan kegiatan mana yang didahulukan pengerjaannya dicari nilai *slack* yang paling kecil antara kegiatan 1.A.1 dan 1.A.2. Nilai *slack* 1.A.1 sebesar 0 sedangkan nilai *slack* 1.A.2 sebesar 20, dengan demikian dipilih kegiatan 1.A.1 untuk didahulukan pengerjaannya. Setelah terpilih kegiatan 1.A.1 untuk didahulukan ke-mudian kebutuhan sumber daya dimasukkan pada kegiatan tersebut yaitu 3P (3 pekerja) selama durasi yang dikerjakan yaitu 4 hari. Dengan dipilihnya kegiatan 1.A.1 maka menunda kegiatan 1.A.2 sehingga ES pada kegiatan 1.A.2 mundur dari 0 menjadi 4 dan *slack* kegiatan 1.A.2 berkurang dari 20 menjadi 16. Selain itu ES pada kegiatan 1.B.1 mundur dari 2 menjadi 4 dan nilai *slack* berkurang dari 20 menjadi 18.

ES yang sama meliputi kegiatan 1.A.2, 1.A.3, 1.A.4, dan 1.B.1 yaitu bernilai 4. Karena kegiatan tersebut memiliki nilai ES yang sama maka untuk menentukan kegiatan berikutnya yang harus didahulukan dipilih dari nilai *slack* terkecil. Nilai *slack* 1.A.2=16, nilai *slack* 1.A.3=1, nilai *slack* 1.A.4=0, dan nilai *slack* 1.B.1=18, dengan demikian dipilih kegiatan 1.A.4 dengan nilai *slack* terkecil yaitu 0. Kemudian kebutuhan sumber daya pada kegiatan 1.A.4 dimasukkan yaitu 3P (3 pekerja) selama 2 hari. Dengan dipilihnya kegiatan 1.A.4 maka menunda kegiatan 1.A.2, 1.A.3 dan 1.B.1. ES pada kegiatan 1.A.2 mundurdari 4 menjadi 6 dan *slack* kegiatan 1.A.2 berkurang dari 16 menjadi 14. ES pada kegiatan 1.A.3 mundur dari 4 menjadi 6, *slack* pada kegiatan 1.A.3 berkurang dari 1 menjadi -1, dan LF kegiatan 1.A.3 mundur dari 6 menjadi 7. ES pada kegiatan 1.B.1 mundur dari 4 menjadi 6 dan *slack* kegiatan 1.B.1 berkurang dari 18 menjadi 16.

Setelah kegiatan 1.A.4 terpilih maka untuk menentukan kegiatan berikutnya yang harus didahulukan dilakukan dengan menentukan lagi nilai ES terkecil dari semua kegiatan. Jika beberapa kegiatan memiliki nilai ES yang sama, langkah selanjutnya adalah membandingkan nilai *slack* terkecil dari kegiatan tersebut. Begitu seterusnya dilakukan pada semua kegiatan hingga selesai. Pada proyek

pembangunan perpustakaan ini, setelah dilakukan perataan sumber daya dengan metode *resource leveling* manual didapatkan kegiatan berakhir pada hari ke 236.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah adalah waktu yang diperlukan untuk merencanakan penjadwalan proyek pada pembangunan perpustakaan dengan luas bangunan 56 m² menggunakan metode PDM (*Precedence Diagram Method*) dengan mengabaikan ketersediaan sumber daya yaitu selama 127 hari sedangkan waktu yang diperlukan untuk merencanakan penjadwalan proyek pada pembangunan perpustakaan dengan luas bangunan 56 m² menggunakan metode PDM (*Precedence Diagram Method*) dengan sumber daya yang terbatas adalah selama 236 hari. Untuk puncak kebutuhan sumber daya pada pembangunan perpustakaan dengan mengabaikan ketersediaan sumber daya yang terbatas sebanyak 15 pekerja, 2 tukang batu, 8 tukang kayu, dan 1 tukang besi sedangkan puncak kebutuhan sumber daya pada pembangunan Perpustakaan dengan ketersediaan sumber daya terbatas sebanyak 3 pekerja dan 2 tukang batu, 1 tukang kayu, dan 1 tukang besi.

Daftar Pustaka

- Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ervianto, W. I. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.
- Gray, C.F. & Larson, E.W. (2009). *Project Management: The Management Process 5th ed.* New York: Mcgraw-Hill.
- Husen, A. (2009). *Manajemen Proyek Perencanaan Penjadwalan & Pengendalian Proyek*. Edisi Revisi. Jakarta: Andi.
- Lewis, J.P. (2000). *Project Planning, Scheduling & Control 3th Edition*. New York: Probus Pub Co.
- Soeharto, I. (1997). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Gelora Aksara Pratama.