

**ANALISIS *MULTIPLE RESOURCE LEVELING* MENGGUNAKAN
METODE *MODIFIED MINIMUM MOMENT* PADA PEMBANGUNAN
PABRIK PAKAN TERNAK KOPERASI AGRO NIAGA JABUNG**

**NASKAH TERPUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**KARIMA NADIAH MULYAWATI
NIM. 125060107111013**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017**

ANALISIS *MULTIPLE RESOURCE LEVELING* MENGGUNAKAN METODE *MODIFIED MINIMUM MOMENT* PADA PEMBANGUNAN PABRIK PAKAN TERNAK KOPERASI AGRO NIAGA JABUNG

Karima Nadiyah Mulyawati, Saifoe El Unas, M. Hamzah Hasyim

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, JawaTimur, Indonesia

Email: karimanadiyah@gmail.com

ABSTRAK

Optimalisasi alokasi sumber daya dilakukan guna mengurangi terjadinya fluktuasi sumberdaya yang berlebih. Kebutuhan akan sumberdaya disesuaikan dengan jenis aktivitas yang akan dikerjakan. Pada penelitian ini diambil dua jenis sumberdaya yang pada umumnya memiliki pengalokasian terbesar yaitu tukang batu dan pekerja. Pengalokasian sumberdaya dapat dilakukan dengan cara pemerataan sumberdaya. Pemerataan terhadap salah satu sumberdaya akan berpengaruh pada jenis sumber daya yang lain. Untuk mengetahui hasil pemerataan pada masing-masing jenis sumber daya dapat dilakukan dengan cara pemerataan terhadap tukang batu, pekerja, dan secara kombinasi. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Modified Minimum Moment* dimana alokasi sumberdaya ditentukan dengan menghitung nilai pergeseran suatu aktivitas atau nilai IF (*Improvement Factor*). Guna memudahkan analisis digunakan *software Microsoft Project 2007* sebagai alat bantu penjadwalan. Analisis dilakukan pada pembangunan gedung kantor Pabrik Pakan Ternak Koperasi Agro Niaga Jabung. Hasil dari analisis dan hasil *leveling* yang dilakukan baik terhadap tukang batu, pekerja, maupun kombinasi didapatkan penurunan jumlah maksimum pada sumberdaya tukangbatu. Semula jumlah maksimum yang dibutuhkan sebanyak 9 orang tukang batu, namun setelah dilakukan *leveling* jumlah maksimum tukang batu turun menjadi 7 orang. Sedangkan untuk pekerja tidak mengalami penurunan jumlah maksimum. Jumlah maksimum yang dibutuhkan untuk pekerja sebanyak 12 orang. Dengan demikian *leveling* terhadap tukang batu memiliki hasil yang lebih baik dari ketiga metode perhitungan yang lain.

Kata kunci: pemerataan, sumberdaya, Metode Modified Minimum Momen

ABSTRACT

Optimization resource allocation done to reduce the resources excess fluctuations. The resource categorized in the activity that will be done, so there are so many types of resources that categorized in their expertise and the type of activity that will be done. This study was taken two types of resources that normally have the largest allocation there are bricklayers and workers. Resource allocation can be done with leveling process. If one of the resources leveled, the other resource may get affected. To know the result of leveling process in each type of resources this study did three leveling calculation method there are leveling towards bricklayer, worker, and combined method. Method to be used in this study is Modified Minimum Moment Method where the allocation of resource is determined by calculating the IF value. The activity can be shifted depends on the IF value. In order to facilitate the analysis Microsoft Project 2007 used as scheduling tool. This study take case in the office building of Pabrik Pakan Ternak Koperasi Agro Niaga Jabung. After the leveling process towards bricklayer, worker, and combine method the result indicates the decreasing maximum value of bricklayer from 9 persons to 7 persons. While for worker there is no certain difference, the maximum value of the worker is 12 persons. Thus leveling towards bricklayer had better result than the other three calculation method.

Keywords: leveling, resource, Modified Minimum Moment Method

PENDAHULUAN

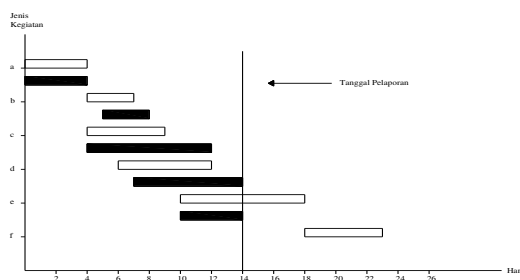
Dalam merencanakan suatu proyek, salah satu hal terpenting yang menentukan berjalannya proyek tersebut adalah penjadwalan atau *scheduling*. Menurut Abrar Husen (2009) dalam penjadwalan proyek kita dapat melihat informasi mengenai jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk menyelesaikan proyek.

Salah satu hal yang dapat mempengaruhi perencanaan penjadwalan suatu proyek adalah perencanaan sumber daya yang diperlukan dan ketersediaan sumber daya. Pentingnya penjadwalan sumber daya bertujuan untuk mengurangi adanya fluktuasi berlebihan dalam pengalokasian sumber daya. Terjadinya fluktuasi dapat mengakibatkan kurang efektif dan efisiennya penggunaan sumber daya..

Jenis sumberdaya yang umumnya memiliki pengalokasian terbesar pada suatu proyek adalah tukang batu dan pekerja. Pengalokasian kedua sumberdaya tersebut dapat dilakukan dengan cara pemerataan sumberdaya. Pemerataan salah satu sumberdaya dapat berpengaruh terhadap sumberdaya lain. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan tiga metode perhitungan pemerataan yaitu pemerataan terhadap tukangbatu, pekerja, dan secara kombinasi guna mengetahui bagaimana hasil pemerataan pada masing-masing sumberdaya.

Diagram Balok

Diagram balok dibuat bertujuan untuk mengidentifikasi waktu dan urutan pekerjaan pada perencanaan suatu kegiatan. Dimana dapat diketahui waktu mulai dan waktu berakhirnya tiap pekerjaan dan juga keseluruhan kegiatan. Diagram balok dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Penyajian Perencanaan Proyek Dengan Metode Bagan Balok
Sumber : Soeharto (1995:180)

Jalur Kritis

Jalur kritis merupakan rangkaian aktivitas pada suatu kegiatan yang memiliki total waktu terlama akan tetapi menunjukkan waktu penyelesaian tercepat. Aktivitas pada jalur kritis berperan penting terhadap waktu total penyelesaian pada suatu kegiatan. Bila terjadi keterlambatan pada salah satu aktivitas maka keseluruhan kegiatan akan mengalami keterlambatan pula.

Float

Float merupakan waktu tenggang yang tersedia pada suatu aktivitas yang memungkinkan aktivitas tersebut untuk ditunda atau diperlambat tanpa mempengaruhi waktu total penyelesaian kegiatan.

1. Total Float

Jumlah waktu yang tersedia untuk terlambat atau diperlambatnya pelaksanaan kegiatan tanpa mempengaruhi selesainya proyek secara keseluruhan.

$$Total\ Float\ (TF)_i = \text{Minimum} (LS_j - EF_i) \quad (1)$$

2. Free Float

Jumlah waktu yang tersedia untuk terlambat atau diperlambatnya pelaksanaan kegiatan tanpa mempengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya.

$$Free\ Float\ (FF)_i = \text{Minimum} (ES_j - EF_i) \quad (2)$$

Diagram Preseden

Metode diagram preseden merupakan salah satu jaringan kerja yang termasuk dalam jaringan kerja AON (*Activity On Node*). Pada umumnya *node* berbentuk persegi empat dengan anak panah sebagai penunjuk hubungan kerja antara satu aktivitas dengan aktivitas yang lain. *Node* dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Nomor Kegiatan			
ES	Nama Kegiatan	Durasi Kegiatan	EF
LS	Tanggal Mulai	Tanggal Selesai	LF

Gambar 2. Node PDM

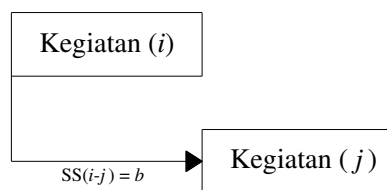
Keterangan :

- ES = Waktu mulai paling awal aktivitas
- EF = Waktu berakhir paling awal aktivitas
- LS = Waktu mulai paling akhir aktivitas
- LF = Waktu berakhir paling akhir aktivitas

Konstrain/Hubungan Kerja

Untuk menghubungkan antara *node* aktivitas satu dengan yang lain dapat menggunakan konstrain. Konstrain menunjukkan hubungan kerja antar *node* aktivitas. Setiap *node* memiliki ujung awal (S) dan ujung akhir (F) sehingga konstrain memiliki 4 macam sebagaimana berikut:

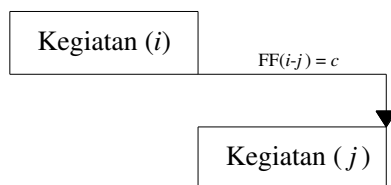
1. Mulai – Mulai (SS)



Gambar 3. Kostrain Mulai-Mulai (SS)

Sumber : Soeharto (1995:244)

2. Selesai – Selesai (FF)

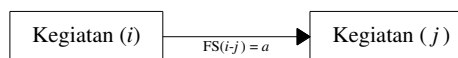


Gambar 4. Kostrain Selesai-Selesai

(FF)

Sumber : Soeharto (1995:244)

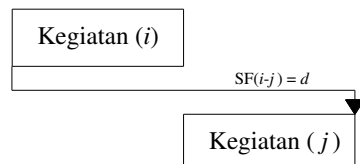
3. Selesai – Mulai (FS)



Gambar 5. Kostrain Selesai-Mulai (FS)

Sumber : Soeharto (1995:244)

4. Mulai – Selesai (SF)



Gambar 6. Kostrain Mulai-Selesai (SF)

Sumber : Soeharto (1995:244)

Modified Minimum Moment Method

Metode ini memiliki prinsip yang sama seperti metode sebelumnya yaitu metode *Minimum Moment*. Dimana metode ini berfungsi untuk mencari nilai minimum suatu sumberdaya dengan cara menggeser suatu aktivitas non kritis sebesar nilai IF (*Improvement Factor*).

$$IF(\text{activity } J, S) = \sum w - \sum x - mR$$

Dimana :

- IF = nilai pergeseran durasi
- Activity = aktifitas yang akan digeser
- $\sum w$ = jumlah sumber daya pada awal durasi
- $\sum x$ = jumlah sumberdaya pada akhir durasi setelah penambahan pergeseran
- m = durasi pergeseran yang mungkin dilakukan
- R = nilai sumberdaya

Sebelum dilakukan perhitungan nilai IF terlebih dulu aktivitas non kritis diurutkan berdasarkan kriteria nilai $R \times S$ dimana R merupakan nilai sumber daya dan S adalah nilai *free float* dari aktivitas tersebut. Aktivitas dengan nilai $R \times S$ terbesar merupakan aktivitas pertama yang harus digeser. Aktivitas tersebut digeser sebesar nilai IF yang masih berada dalam batas *free float*.

Untuk membandingkan diantara histogram sumber daya sebelum dan sesudah dilakukan proses pemerataan, dapat dilakukan dengan cara mencari nilai koefisien rasio sumber daya (RIC) dari masing-masing histogram tersebut. Koefisien rasio sumber daya (RIC) dapat diperoleh dari rumus berikut :

$$RIC = \frac{n\sum y^2}{(\sum y)^2}$$

dengan :

- n = jumlah keseluruhan hari kerja
- $\sum y$ = jumlah total sumber daya yang digunakan
- $\sum y^2$ = jumlah total sumber daya kuadrat

Multiple Resource Leveling

Terdapat dua metode *multiple resource leveling* yang paling umum digunakan, yaitu pemerataan sumber daya secara berurutan (*leveling resource in series*) dan pemerataan sumber daya yang telah dikombinasi (*leveling combined resource*).

1. Pemerataan sumber daya secara berurutan (*leveling resource in series*)
 Dalam metode ini dari semua jenis sumber daya yang akan diratakan, harus terlebih dahulu dipilih salah satu yang menjadi prioritas pemerataan. Setelah salah satu jenis sumber daya telah diratakan, dilanjutkan dengan jenis sumber daya selanjutnya dengan memperhatikan pengaruh pemerataan jenis sumber daya yang sebelumnya.
2. Pemerataan sumber daya yang telah dikombinasi (*leveling combined resource*).
 Dalam metode ini, pemerataan dapat dilakukan dengan mengkombinasikan jumlah sumber daya dari masing-masing jenis sumber daya yang akan diratakan. Setelah dilakukan kombinasi jumlah sumber daya, dilanjutkan dengan proses pemerataan sumber daya. Pada akhir proses pemerataan jumlah sumber daya dapat dipisahkan kembali sesuai dengan jenis sumber daya masing-masing.

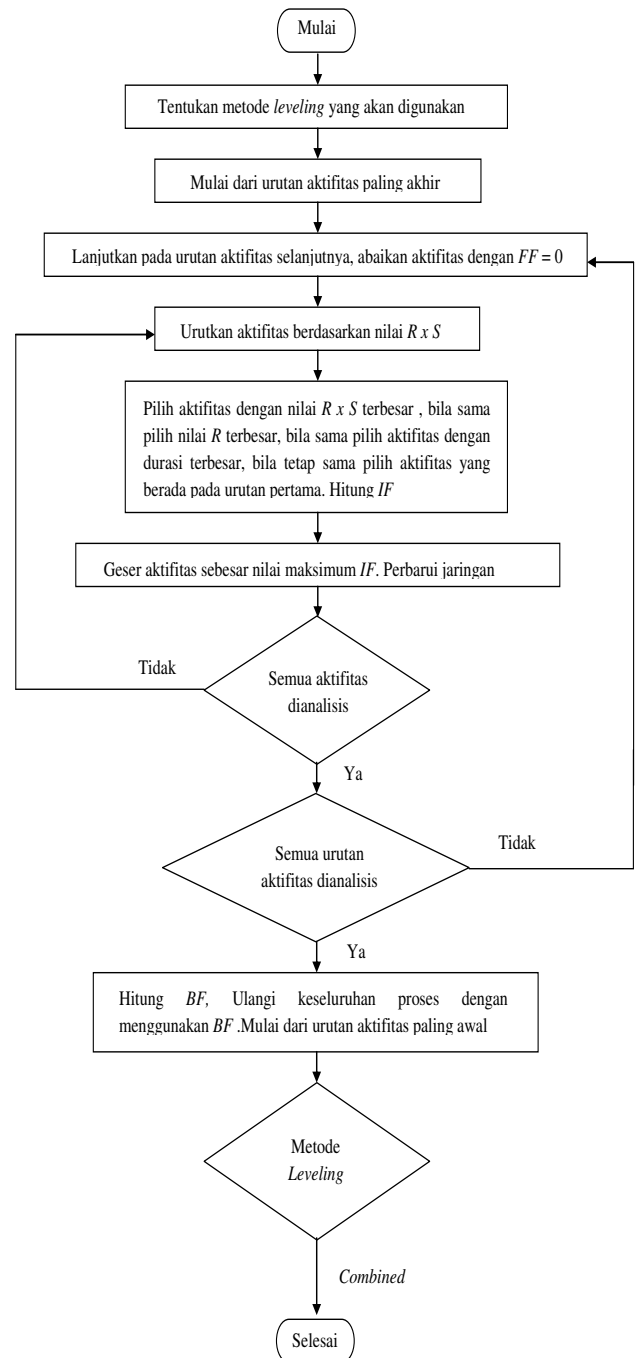
METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini pelaksanaan analisis data dilakukan dengan perhitungan ulang dan merencanakan serta mendeskripsikan metode yang digunakan dalam penerapannya di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian deskriptif analisis.

Pada penelitian ini, subjek penelitian merupakan penjadwalan sumber daya manusia pada pembangunan Pabrik Pakan Ternak Koperasi Agro Niaga Jabung dengan pemerataan sumber daya. Pemerataan sumber daya dilakukan dengan menggunakan metode *Modified Minimum Momen*. Objek penelitian yang akan diteliti merupakan sumber daya manusia tukang batu dan pekerja. Flowchart perhitungan pemerataan dengan menggunakan *modified minimum moment* dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Berikut merupakan urutan perhitungan dengan menggunakan *Modified Minimum Moment Method*:

1. Memilih metode *leveling multiple resource* yang akan digunakan. Pada penelitian ini menggunakan *combined resource leveling* sekaligus *leveling multiple resources in series*.



Gambar 7. Flow Chart Perhitungan Leveling dengan *Modified Minimum Moment*

2. Setelah dilakukan *reverse late*
 - a. Setiap aktivitas yang tidak memiliki nilai *free float* diabaikan.
 - b. Aktivitas yang tidak memiliki nilai sumberdaya atau nilai sumberdaya sama dengan 0 digeser sejauh *free float* aktifitas tersebut sehingga aktivitas sebelumnya dapat digeser.

3. Aktivitas pada urutan pertama yang memiliki nilai sumberdaya positif, di urutan berdasarkan nilai $R \times S$.
4. Aktivitas dengan nilai $R \times S$ terbesar adalah aktivitas yang diutamakan, apabila terdapat kesamaan nilai maka aktivitas yang dipilih adalah aktivitas yang memiliki nilai sumberdaya terbesar yang dipilih, apabila masih terdapat kesamaan nilai maka aktivitas dengan durasi terpanjang yang dipilih, namun apabila masih terdapat kesamaan nilai, aktivitas pertama yang berada pada urutan *reverse late* yang dipilih.
5. Untuk aktivitas yang terpilih, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai IF (*improvement factor*) untuk semua posisi yang memungkinkan. Apabila hasil nilai IF terbesar ≥ 0 aktivitas tersebut digeser sebesar variable waktu dengan hasil nilai IF terbesar. Apabila terjadi kesamaan hasil nilai IF maka, aktivitas digeser sebesar variable waktu terbesar. Apabila hasil nilai IF terbesar bernilai negatif maka aktivitas tersebut tidak mengalami pergeseran.
6. Apabila terjadi pergeseran, jumlah nilai sumberdaya harian pada hari yang mengalami pergeseran dari aktivitas tersebut dikurangi. Nilai tersebut ditambahkan pada hari yang dirasa sibuk dan memerlukan penambahan. *Lags*, *free float*, *ESD*, dan *EFD* yang berada pada jaringan kerja mengalami perubahan
7. Aktivitas pada urutan aktivitas pertama yang memiliki nilai $R \times S$ terbesar selanjutnya di analisis. Langkah 5 dan 6 diulangi pada semua aktivitas.
8. Periksa kembali semua aktivitas pada semua urutan aktivitas, langkah 3 hingga 7 diulang kembali hingga semua pergeseran aktivitas telah terpenuhi pada urutan aktivitas tersebut.
9. Untuk urutan aktivitas selanjutnya, langkah 3 hingga 8 diulang kembali hingga semua aktivitas benar-benar telah dianalisis
10. Dimulai kembali dengan urutan aktivitas pertama, kali ini perhitungan menggunakan *back float*. Berbeda dengan sebelumnya, urutan aktivitas dimulai dari urutan aktivitas paling awal hingga urutan aktivitas akhir. Langkah 2 hingga 9 diulang kembali hingga semua aktivitas telah dianalisis.
11. Nilai sumberdaya dibagi menjadi nilai sumberdaya asal sesuai dengan analisis yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pelaksanaan proyek Pabrik Pakan Ternak KAN Jabung, Malang terjadi *re-schedule* atau penjadwalan kembali. Pada penelitian ini penjadwalan yang digunakan merupakan gabungan antara *schedule* lama dan *re-schedule* yang ada. *Schedule* lama digunakan mulai dari awal pengerjaan hingga sebelum libur lebaran. Sedangkan *re-schedule* digunakan mulai dari tanggal 22 Juli 2016 atau setelah lebaran. Selain itu, dalam pelaksanaan proyek tidak semua aktivitas dilakukan oleh kontraktor pelaksana. Beberapa aktivitas pekerjaan dilaksanakan oleh sub-kontraktor sehingga aktivitas yang dilaksanakan oleh sub-kontraktor tidak akan dipertimbangkan jumlah sumber daya yang digunakan.

Untuk penelitaian ini sumber daya yang akan *dileveling* adalah tukang batu dan pekerja. Pada metode *Modified Minimum Momen* tidak semua aktivitas dapat dilakukan *leveling*, hanya aktivitas non-kritis dan aktivitas yang memiliki nilai *resource* dan *free float* saja yang dapat dilakukan *leveling*. Aktivitas yang tidak memiliki nilai *resource* akan tetapi memiliki *free float* dapat digeser sejauh nilai *free float* yang dimiliki.

Penentuan Kebutuhan Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari hasil wawancara dan perhitungan. Dari wawancara terhadap kontraktor pelaksana didapatkan kebutuhan tenaga kerja dan produktivitas kelompok tenaga kerja perhari. Sedangkan total kebutuhan tenaga kerja untuk setiap aktivitas perharinya didapatkan dari perhitungan analisa dari data bobot aktivitas tiap minggu yang ada pada *schedule* rencana (kurva S). Untuk mendapatkan jumlah pekerja harian yang diperlukan dapat dilakuakn dengan cara mencari volume mingguan, setelah didapatkan volume mingguan dapat dicari volume harian dengan cara volume mingguan dibagi dengan total hari kerja. Dengan adanya volume per hari jumlah tenaga kerja dapat dihitung dengan cara volume harian dibagi dengan produktivitas kelompok pekerja tiap harinya. Jumlah tenaga kerja yang didapat sebelumnya merupakan jumlah tenaga kerja berdasarkan hitungan dengan volume pekerjaan dari hasil wawancara, sehingga untuk mendapatkan angka jumlah tenaga kerja total

yang dibutuhkan harus dikalikan dengan jumlah pekerja hasil wawancara terlebih dahulu.

Berikut contoh perhitungan kebutuhan tenaga kerja untuk aktivitas Granit Tile Meja Wastafel :

Dari hasil wawancara didapat:

Tukang Batu : 1 Orang
 Pekerja : 2 Orang
 Volume pekerja : 7 m²

Dari data Kurva S didapat:

Volume pekerjaan : 3,54 m²
 Bobot pekerjaan : 0.0062
 Volume perminggu : 0.003

Sehingga,

$$Volume_{mingguan} = \frac{0.003 \times 3.54}{0.0062} = 1.7196$$

$$Volume_{harian} = \frac{1.7196}{6} = 0.2866$$

$$Jumlah\ Pekerja_{hitung} = \frac{0.2866}{7} = 0.0409$$

$$Jumlah\ Pekerja = 0.0409 \times 2 = 0.0819 = 1\ orang$$

$$Jumlah\ T.\ Batu = 0.0409 \times 1 = 0.0409 = 1\ orang$$

Jaringan Kerja

Jaringan kerja dibuat dengan menggunakan bantuan *Software Microsoft Project 2007*. Data aktivitas kegiatan, durasi aktivitas, dan tanggal mulai hingga berakhirnya suatu aktivitas didapat dari kurva s proyek. Hubungan antar aktivitas pada jaringan kerja dibuat sedemikian rupa sehingga tidak merubah tanggal mulai dan berakhirnya aktivitas sesuai dengan *schedule* yang telah direncanakan sebelumnya.

Setelah jaringan kerja terbentuk seperti pada **Gambar 8**, dapat ditentukan lintasan kritis dan non kritis yang ada. Selain itu, dapat juga dilihat nilai dari FF (*free float*) dari aktivitas-aktivitas tersebut yang nantinya akan mempengaruhi besarnya pergeseran aktivitas yang dapat dilakukan.

Resource Leveling dengan Menggunakan Metode Modified Minimum Momen

Sebelum melakukan *leveling*, aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan non kritis diurutkan sesuai dengan tanggal dimulainya proyek hingga berakhirnya proyek tersebut. Hal tersebut dilakukan karena terdapat 2 (dua) kali tahapan perhitungan yaitu perhitungan *Forward Cycle* dan perhitungan *Backward Cycle*.

1. Forward Cycle

Pada tahapan perhitungan *Forward Cycle* menggunakan *free float* sebagai batas pergeseran dari suatu aktifitas. Proses perhitungan dimulai dari aktifitas paling akhir dilakukan hingga aktifitas yang paling awal.

2. Backward Cycle

pada tahap *Backward Cycle* menggunakan *back float* yang merupakan nilai pergeseran aktifitas yang sebelumnya telah dihitung pada tahap *Forward Cycle*. Pada tahap ini *leveling* dimulai dari aktifitas paling awal hingga aktifitas paling akhir yang ada pada proyek.

Sebagai contoh perhitungan diambil beberapa aktivitas dari keseluruhan aktivitas yang ada, berikut urutan aktivitas yang telah diurutkan sesuai tanggal dimulai paling akhir:

Kegiatan	Durasi	Start	Float
Kisi-kisi hollow	18	1/6/2017	6
Granit tle Meja wastafel	12	12/30/2016	12
Waterproofing atap dan tandon	12	12/30/2016	12
Cat tembok eksterior	24	12/30/2016	6
Granit Tile 60x60 (Entrance)	12	12/16/2016	0

Contoh perhitungan *Forward Cycle* pada tahap ini dapat dilihat sebagai berikut:

Step 1:

Pekerjaan	R	S	RxS
Sending Pintu kayu	0	6	0
Kisi-kisi hollow	0	6	0
Granit tle Meja wastafel	1	12	12

Karena (RxS)_{Granit} memiliki nilai terbesar maka Granit tile meja wastafel didahulukan.

$$IF(Granit,1) = 1 - 0 - (1*1) = 0$$

$$IF(Granit,2) = 2 - 0 - (2*1) = 0$$

$$IF(Granit,3) = 3 - 0 - (3*1) = 0$$

$$IF(Granit,4) = 4 - 0 - (4*1) = 0$$

$$IF(Granit,5) = 5 - 0 - (5*1) = 0$$

$$IF(Granit,6) = 6 - 0 - (6*1) = 0$$

$$\begin{aligned} \text{IF(Granit,7)} &= 7 - 0 - (7*1) = 0 \\ \text{IF(Granit,8)} &= 8 - 0 - (8*1) = 0 \\ \text{IF(Granit,9)} &= 9 - 0 - (9*1) = 0 \\ \text{IF(Granit,10)} &= 10 - 0 - (10*1) = 0 \\ \text{IF(Granit,11)} &= 11 - 0 - (11*1) = 0 \\ \text{IF(Granit,12)} &= 12 - 0 - (12*1) = 0 \end{aligned}$$

Aktifitas **Granit tile meja** wastafel digeser sepanjang **12 hari**. Sedangkan **sendung pintu kayu** dan **kisi-kisi hollow** digeser sepanjang nilai FF yaitu **6 hari**. Jaringan diperbarui.

Step 2:

Pekerjaan	R	S	RxS
Waterproofing atap dan tandon	0	12	0
Cat tembok eksterior	0	6	0
Granit Tile 60x60 (Entrance)	1	6	6

Karena $(\text{RxS})_{\text{Granit}}$ memiliki nilai terbesar maka Granit didahulukan.

$$\begin{aligned} \text{IF(Granit,1)} &= 6 - 0 - (1*1) = 5 \\ \text{IF(Granit,2)} &= (6+6) - 0 - (2*1) = 10 \\ \text{IF(Granit,3)} &= 18 - 0 - (3*1) = 15 \\ \text{IF(Granit,4)} &= 24 - 0 - (4*1) = 20 \\ \text{IF(Granit,5)} &= 30 - 0 - (5*1) = 25 \\ \text{IF(Granit,6)} &= 36 - 0 - (6*1) = 30 \end{aligned}$$

Aktifitas **Granit tile 60x60 (Entrance)** digeser sepanjang **6 hari**. Sedangkan **waterproofing atap** dan **cat tembok eksterior** digeser sepanjang nilai FF yaitu **6 hari**. Jaringan diperbarui.

Contoh perhitungan *Backward Cycle* pada tahap ini dapat dilihat sebagai berikut:

Step 1 :

Pekerjaan	R	S	RxS
Granit Tile 60x60 (Entrance)	1	6	6
Cat tembok eksterior	0	0	0
Waterproofing atap dan tandon	0	0	0

Karena $(\text{RxS})_{\text{Granit}}$ memiliki nilai terbesar maka Granit Tile 60x60 didahulukan.

$$\begin{aligned} \text{IF(Granit,1)} &= 3 - 3 - (1*1) = -1 \\ \text{IF(Granit,2)} &= (3+3) - (3+3) - (2*1) = -2 \\ \text{IF(Granit,3)} &= 9 - 9 - (3*1) = -3 \\ \text{IF(Granit,4)} &= 12 - 12 - (4*1) = -4 \\ \text{IF(Granit,5)} &= 15 - 15 - (5*1) = -5 \\ \text{IF(Granit,6)} &= 18 - 18 - (6*1) = -6 \end{aligned}$$

Aktifitas **Granit tile 60x60** tidak mengalami pergeseran. Aktifitas yang memiliki nilai BF = 0 tidak mengalami pergeseran. Jaringan diperbarui.

Step 2 :

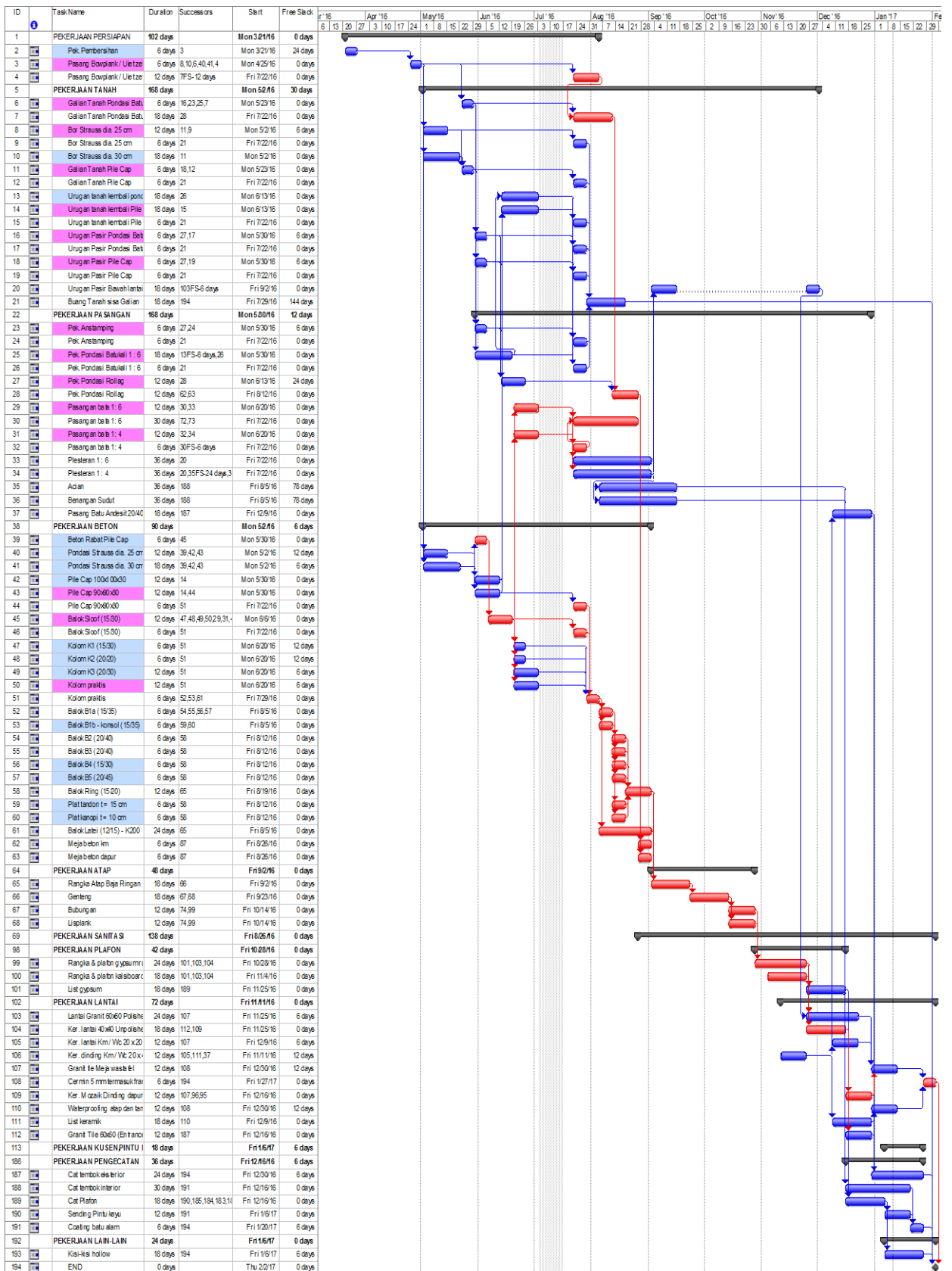
Pekerjaan	R	S	RxS
Granit tile Meja wastafel	1	12	12
Kisi-kisi hollow	0	6	0
Sendung Pintu kayu	0	6	0

Karena $(\text{RxS})_{\text{Granit}}$ memiliki nilai terbesar maka Granit tile meja wastafel didahulukan.

$$\begin{aligned} \text{IF(Granit,1)} &= 1 - 2 - (1*1) = -2 \\ \text{IF(Granit,2)} &= (1+1) - (2+2) - (2*1) = -4 \\ \text{IF(Granit,3)} &= 3 - 6 - (3*1) = -6 \\ \text{IF(Granit,4)} &= 4 - 8 - (4*1) = -8 \\ \text{IF(Granit,5)} &= 5 - 10 - (5*1) = -10 \\ \text{IF(Granit,6)} &= 6 - 12 - (6*1) = -12 \\ \text{IF(Granit,7)} &= 7 - 15 - (7*1) = -15 \\ \text{IF(Granit,8)} &= 8 - 18 - (8*1) = -18 \\ \text{IF(Granit,9)} &= 9 - 21 - (9*1) = -21 \\ \text{IF(Granit,10)} &= 10 - 24 - (10*1) = -24 \\ \text{IF(Granit,11)} &= 11 - 27 - (11*1) = -27 \\ \text{IF(Granit,12)} &= 12 - 30 - (12*1) = -30 \end{aligned}$$

Aktifitas **Granit tile meja wastafel** tidak mengalami pergeseran. Aktifitas yang memiliki nilai BF digeser sejauh nilai BF. Jaringan diperbarui.

Tabel perhitungan *Modified Minimum Momen* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

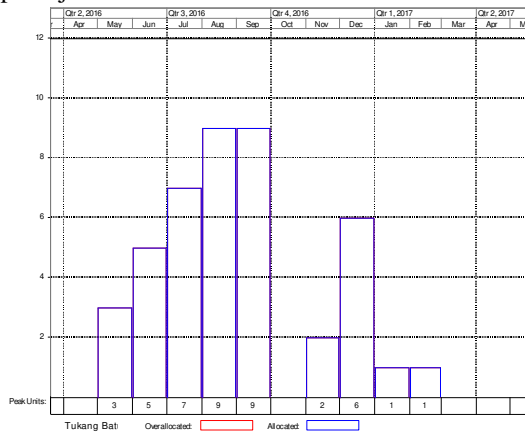


Gambar 8. Jaringan Kerja Sebelum Levelling

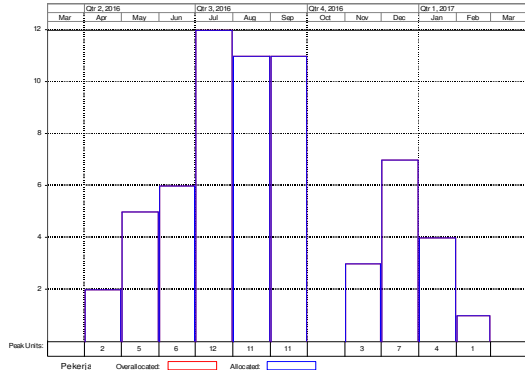
Perhitungan Nilai RIC (Resource Improvement Coefficient)

1. Perhitungan Nilai RIC Sebelum *Leveling*

Jumlah total Tukang batu yang dibutuhkan sebesar 540 orang, sedangkan untuk Pekerja dibutuhkan 768 orang. Grafik sumber daya untuk tukang batu dapat dilihat pada **Gambar 9** sedangkan pekerja pada **Gambar 10**. Hasil perhitungan nilai RIC kedua sumberdaya tersebut masing-masing untuk tukang batu sebesar 2.8030 dan untuk pekerja sebesar 2.5195.



Gambar 9. Grafik Sumber Daya Tukang Batu Sebelum *Leveling*

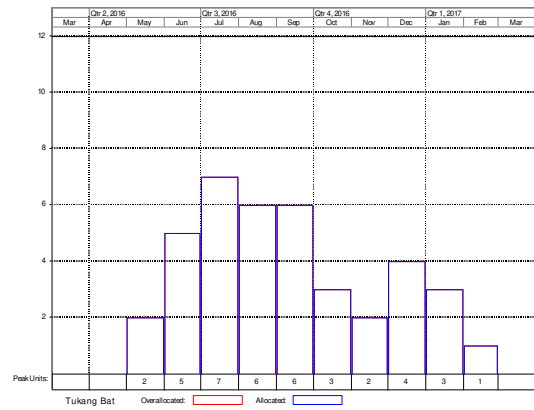


Gambar 10. Grafik Sumber Daya Pekerja Sebelum *Leveling*

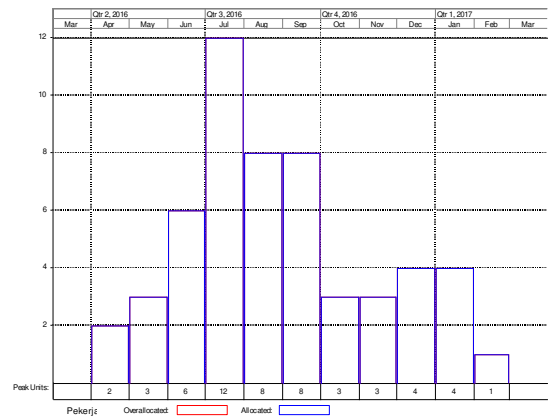
2. Perhitungan Nilai RIC Setelah *Leveling* Terhadap Tukang Batu

Pada **Gambar 11** dapat dilihat grafik sumber daya hasil *leveling* terhadap tukang batu. Jumlah total tukang batu dan pekerja masih sama yaitu 540 orang dan 768 orang. Untuk nilai RIC tukang batu terjadi penurunan menjadi 1.9005. Dari hasil *leveling* terhadap tukang batu dapat dilihat pengaruhnya terhadap pekerja pada grafik sumberdaya **Gambar 12** nilai RIC pekerja turun menjadi 1.9159. Untuk Kebutuhan tenaga kerja maksimum hanya tukang batu

yang mengalami penurunan dari 9 orang menjadi 7 orang. Sedangkan pekerja yang semula 12 orang tetap membutuhkan 12 orang. Dapat pula dilihat perbandingan persebaran sumber daya pada bulan juli sampai januari terjadi perubahan atau mengalami pemerataan.



Gambar 11. Grafik Sumber Daya Tukang Batu Setelah *Leveling* Terhadap Tukang Batu

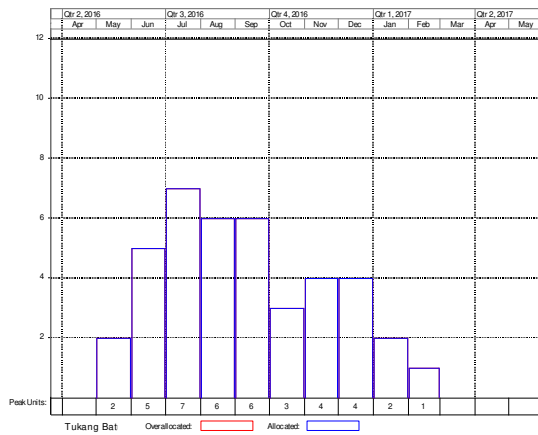


Gambar 12. Grafik Sumber Daya Pekerja Setelah *Leveling* Terhadap Tukang Batu

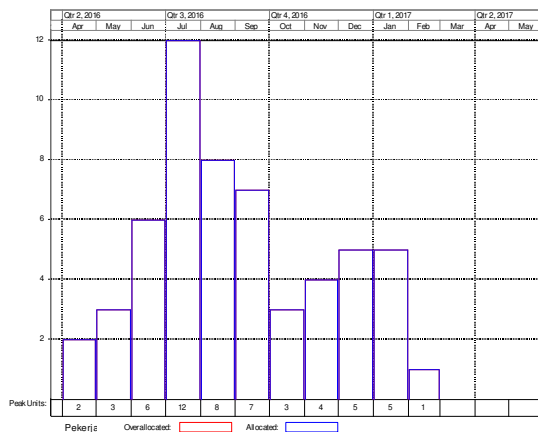
3. Perhitungan Nilai RIC Setelah *Leveling* Terhadap Pekerja

Sama seperti sebelumnya jumlah kebutuhan total tukang batu dan pekerja masih sama yaitu 540 orang dan 768 orang. Nilai RIC pada pekerja turun menjadi 1.8162 dan merupakan nilai RIC paling minimum dibandingkan dengan nilai RIC untuk pekerja pada metode perhitungan yang lain. Sedangkan pengaruh *leveling* terhadap pekerja pada tukang batu menghasilkan nilai RIC sebesar 1.9960 dimana nilai RIC ini lebih besar dibandingkan dengan perolehan nilai RIC tukang batu hasil *leveling* terhadap

tukang batu itu sendiri. Pada **Gambar 13** dan **Gambar 14** dapat dilihat grafik sumberdaya hasil *leveling* terhadap pekerja. Kebutuhan tenaga kerja maksimum tukang batu mengalami penurunan menjadi 7 orang sedangkan pekerja masi tetap 12 orang.



Gambar 13. Grafik Sumer Daya Tukang Batu Setelah *Leveling* Terhadap Pekerja



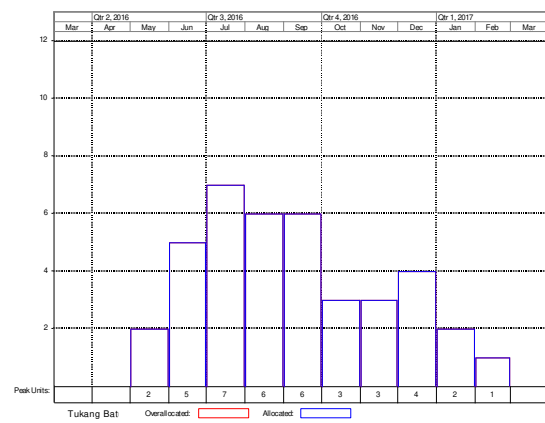
Gambar 14. Grafik Sumer Daya Pekerja Setelah *Leveling* Terhadap Pekerja

4. Perhitungan Nilai RIC Setelah *Multiple Resource Levelling* Secara Kombinasi

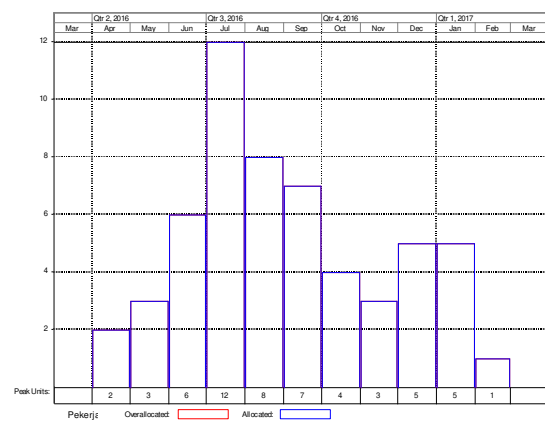
Pada proses *leveling* dengan cara kombinasi nilai sumberdaya tukang batu dan pekerja dijumlahkan, kemudian dilakukan proses *leveling* seperti yang sebelumnya telah dilakukan. Setelah keseluruhan aktivitas di *leveling*, nilai sumberdaya dipisahkan kembali sesuai dengan jenis sumberdayanya masing-masing.

Dari hasil *multiple resource leveling* didapatkan nilai RIC untuk tukang batu sebesar 1.9323, masih lebih besar dibandingkan dengan nilai RIC tukang batu setelah proses *leveling* terhadap tukang batu

itu sendiri. Sedangkan nilai RIC pekerja sebesar 1.8162. Untuk kebutuhan tenaga kerja maksimum untuk tukang batu sebanyak 7 orang, sedangkan untuk pekerja sebanyak 12 orang. Grafik sumber daya hasil *multiple resource leveling* dapat dilihat pada **Gambar 15** dan **Gambar 16**.



Gambar 15. Grafik Sumer Daya Tukang Batu Setelah *Multiple Resource Leveling* Secara Kombinasi



Gambar 16. Grafik Sumer Daya Pekerja Setelah *Multiple Resource Leveling* secara kombinasi

PERBANDINGAN NILAI RIC SEBELUM DAN SESUDAH *LEVELLING*

Tabel 2. Perbandingan Nilai RIC

Leveling case	ΣY^2		RIC	
	Tukang Batu	Pekerja	Tukang Batu	Pekerja
Tidak diratakan	3168	5760	3.0094	2.7051
Tukang Batu	2148	4380	1.9005	1.9159
Pekerja	2256	4152	1.9960	1.8162
Combined	2184	4152	1.9323	1.8162

Dari tabel diatas didapatkan nilai Σy^2 dan RIC yang berbeda pada setiap *leveling* yang dilakukan. Nilai RIC dan Σy^2 setelah *leveling* menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan sebelum *leveling*. Pada sumber daya tukang batu hasil paling minimum didapat dari *leveling* terhadap tukang batu itu sendiri. Sedangkan untuk sumber daya pekerja hasil paling minimum didapat dari *leveling* terhadap pekerja itu sendiri. Akan tetapi hasil *multiple resource leveling* secara kombinasi menunjukkan nilai RIC paling minimum pada pekerja. Proses *leveling* terhadap salah satu sumber daya akan mempengaruhi sumber daya yang lain, hal tersebut terjadi karena adanya perubahan terhadap penjadwalan yang ada. Waktu total durasi yang dibutuhkan proyek setelah proses *leveling* dilakukan tidak akan mengalami perubahan. Akan tetapi pergeseran aktivitas akibat proses *leveling* yang mempengaruhi pengalokasian sumber daya tersebut.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian dengan judul Analisis *Multiple Resource Leveling* Menggunakan Metode *Modified Minimum Moment* Pada Pembangunan Pabrik Pakan Ternak Koperasi Agro Niaga Jabung dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Aktivitas yang dapat dilakukan proses *leveling* merupakan aktivitas yang berada dalam lintasan non kritis. Aktivitas dalam lintasan non kritis dapat digeser tanpa mempengaruhi durasi total dari proyek tersebut dan juga mempunyai nilai *free float* sehingga aktivitas dalam lintasan non kritis yang digunakan dalam proses *leveling*.
2. Setelah dilakukan *leveling* terhadap tukang batu menghasilkan alokasi sumber daya baru sesuai dengan *schedule* yang telah diperbarui. Nilai RIC tukang batu semula 2.8030 turun menjadi 1.9005 dan merupakan nilai RIC paling minimum dibandingkan metode perhitungan yang lain. Sedangkan pengaruh terhadap pekerja dapat dilihat dari nilai RIC pekerja yang turun menjadi 1.9159. Dari segi jumlah kebutuhan maksimum tenaga kerja, tukang batu mengalami penurunan. Semula

membutuhkan 9 orang tukang batu turun menjadi 7 orang.

3. Hasil *leveling* terhadap pekerja menghasilkan nilai RIC pekerja yang semula 2.5195 turun menjadi 1.8162. Nilai RIC tersebut merupakan nilai RIC paling minimum dibandingkan metode perhitungan yang lain. Sedangkan pengaruhnya terhadap tukang batu dapat dilihat dari nilai RIC tukang batu yang turun menjadi 1.9960. Kebutuhan maksimum pekerja tidak mengalami penurunan, jumlah yang dibutuhkan baik sebelum maupun sesudah *leveling* tetap 12 orang.
4. Setelah dilakukan *leveling* secara kombinasi atau menjumlahkan kedua nilai sumber daya yang ada yaitu tukang batu dan pekerja, didapatkan alokasi sumber daya baru sesuai dengan *schedule* yang telah diperbarui. Nilai RIC tukang batu sebesar 1.9323, sedangkan nilai RIC pekerja memiliki hasil serupa dengan proses *leveling* terhadap pekerja yaitu 1.8162. Untuk kebutuhan tenaga kerja maksimum tukang batu mengalami penurunan menjadi 7 orang sedangkan pekerja tetap 12 orang.
5. Ditinjau dari penurunan jumlah tenaga kerja, hasil *leveling* baik terhadap tukang batu, pekerja, maupun kombinasi menunjukkan penurunan jumlah maksimum pada sumber daya tukang batu. Bila dilihat dari hasil analisis yang telah dilakukan kegiatan *leveling* dengan menggunakan metode *modified minimum moment* terhadap tukang batu merupakan kegiatan *leveling* dengan hasil lebih baik dari pada ketiga metode yang lain. Hal tersebut dapat dilihat dari penurunan jumlah maksimum tukang batu yang dibutuhkan yaitu dari 9 orang menjadi 7 orang.

SARAN

1. Dalam melakukan *leveling* dengan menggunakan *modified minimum moment* baik untuk satu jenis sumber daya maupun lebih dari satu jenis sumber daya dibutuhkan ketelitian yang cukup tinggi mengingat metode ini dilakukan secara manual.
2. Hasil dari *leveling* yang dilakukan sangat bergantung dari penjadwalan yang ada, sehingga perencanaan penjadwalan harus

dilakukan sebaik mungkin agar *leveling* dapat dilakukan secara optimal.

3. Penelitian ini menggunakan metode *modified minimum moment* pada Proyek Pembangunan Pabrik Pakan Ternak Koperasi Agro Niaga Jabung, untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode lain atau menentukan lokasi pengambilan data yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chatfield, Carl., Timothy Johnson. 2013. *Step by Step Microsoft Project 2013*. Washington: Microsoft Press.
2. Ervinato, W. 2002. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.
3. Hiyassat M. 2000. *Modification of Minimum Moment Approach in Resource Leveling*. Journal of Construction Engineering and Management. ASCE, vol. 126, No. 4, pp.278-284.
4. Hiyassat M. 2001. *Applying Modified Minimum Moment Method to Multiple Resource Leveling*. Journal of Construction Engineering and Management. , vol. 127, No. 3, pp.192-198.
5. Husen, Abrar. 2009. *Manajemen Proyek Perencanaan, Penjadwalan, & Pengendalian Proyek*. Yogyakarta: Andi.
6. Soeharto, I. 1995. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
7. Soeharto, I. 1999. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
8. Yudhi M., Iwan. 2007. *Perataan Sumber Daya dengan Menggunakan Minimum Moment dan Software Primavera pada Proyek Pembangunan RS Dr. Haryoto (Lumajang)*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya: tidak diterbitkan.