

# **ANALISIS MULTIPLE RESOURCE PADA PROYEK KONSTRUKSI DENGAN METODE JUMLAH KUADRAT TERKECIL (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gudang Barang Inventaris, Gedung Penunjang 3 lt, Pagar, Gapura dan Jembatan Penghubung di Jakarta)**

**Gde Agus Yudha P. A. , Alwafi Pujiraharjo, Saifoe El Unas**

**Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang  
JL. MT. Haryono No. 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: adista13@yahoo.com**

## **ABSTRAK**

Pada proyek konstruksi sering dijumpai adanya fluktuasi pemakaian tenaga kerja yang disebabkan karena volume pekerjaan yang tidak merata sepanjang periode pelaksanaan proyek. Selain itu pada penjadwalan banyak terjadi *overlap* antara aktivitas satu dengan aktivitas yang lainnya, sehingga menyebabkan kebutuhan puncak tenaga harian menjadi tinggi. Pada penelitian ini, dilakukan pemerataan terhadap tenaga kerja (*resource leveling*), dengan asumsi waktu penyelesaian proyek dibatasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *leveling* suatu tenaga kerja terhadap tenaga kerja lainnya, *leveling* tenaga kerja yang memberikan optimasi biaya yang paling baik dan besarnya optimasi biaya yang dihasilkan. *Leveling* dilakukan dengan metode jumlah kuadrat terkecil. Tenaga kerja yang di-*leveling* yaitu pekerja, tukang batu dan tukang kayu. Hasil *leveling* kemudian dibandingkan dengan hasil *leveling* program *software Primavera Project Planner (P3)* yang digunakan sekaligus sebagai alat bantu pemrosesan dan visualisasi hasil *leveling*. Hasil analisis menunjukkan bahwa hasil *leveling* metode jumlah kuadrat terkecil dan *software P3* keduanya memberikan solusi penggunaan tenaga kerja yang lebih baik pada *leveling* tukang batu dibandingkan pada *leveling* pekerja dan tukang kayu. Besarnya optimasi biaya yang dihasilkan pada kasus penelitian ini adalah 4,9 % dibandingkan dengan biaya pada *schedule* awal, sedangkan *software P3* mampu melakukan *leveling* secara simultan (*multiple resource*) dengan hasil efisiensi biaya sebesar 9,3 %. Jadi *leveling* yang dilakukan pada *schedule* awal dapat memberikan penghematan biaya tenaga kerja.

Kata kunci: fluktuasi, *leveling*, optimasi biaya.

## **PENDAHULUAN**

Keberhasilan dalam mencapai tujuan dan sasaran proyek sangat ditentukan oleh sumber daya manusia atau tenaga kerja yang harus memiliki kualifikasi, ketrampilan dan keahlian yang sesuai dengan kebutuhan proyek. Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian dalam perencanaan tenaga kerja dalam suatu proyek antara lain jenis, waktu dan lokasi proyek, baik secara kualitas maupun kuantitas. Proyek yang secara geografis berbeda biasanya membutuhkan pengelolaan dan ketersediaan tenaga kerja yang juga berbeda. Pertimbangan-pertimbangan yang perlu diambil dalam merencanakan tenaga kerja yaitu produktifitas tenaga kerja, jumlah tenaga

kerja pada periode yang paling maksimal, jumlah tenaga kerja tetap dan tidak tetap, biaya yang dimiliki, dan jenis pekerjaan (Husen, 2009).

Karakteristik volume pekerjaan yang tersedia pada proyek konstruksi yang bersifat tidak stabil menyebabkan berfluktuasinya kebutuhan terhadap tenaga kerja. Selain itu, pada penjadwalan banyak terjadi *overlap* antara aktivitas satu dengan aktivitas yang lainnya, sehingga menyebabkan kebutuhan puncak tenaga harian menjadi tinggi.

Pemerataan sumber daya manusia (*resource leveling*) merupakan salah satu usaha yang dilakukan untuk menghindari fluktuasi yang tajam tersebut. Tujuan dilakukannya pemerataan adalah untuk

memperoleh pemanfaatan yang merata dari sumber daya manusia dan untuk menghindari saat dimana kebutuhan tenaga menjadi sangat tinggi atau sangat rendah (Raja and Kumanan, 2007). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh perataan suatu tenaga kerja terhadap tenaga kerja yang lainnya.
2. Mengetahui perataan tenaga kerja yang memberikan optimasi biaya yang paling baik bila dikombinasikan dengan tenaga kerja lainnya.
3. Mengetahui besarnya optimasi biaya yang diperoleh dari leveling tenaga kerja yang ditinjau.
4. Mengetahui pengaruh perataan tenaga kerja yang memberikan optimasi biaya yang paling baik terhadap *schedule* awal
5. Mengetahui perbandingan hasil metode jumlah kuadrat terkecil dengan *software primavera project planner*.

Untuk memperjelas lingkup pembahasan pada penelitian ini maka batasan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan terhadap proyek Pembangunan Gudang Barang Inventaris, Gedung Penunjang 3 LT, Pagar, Gapura dan Jembatan Penghubung di Jakarta.
2. Penelitian ini terbatas pada pengelolaan tenaga kerja konstruksi pada saat pelaksanaan konstruksi.
3. Durasi proyek adalah tetap (*time constrained*).
4. Tenaga kerja yang tersedia bersifat tidak terbatas (*Unlimited Resources*).
5. Tenaga kerja yang ditinjau adalah tukang batu, tukang besi, dan tukang kayu.

#### Metode Activity On Arrow (AOA)

*Activity on arrow* atau arrow diagram adalah gambaran dari anak panah yang berarti kegiatan/aktivitas, dan

gambaran dari lingkaran/segiempat yang berarti kejadian (*event*). *Event* di awal anak panah disebut "I", sedangkan *event* di akhir anak panah disebut node "J".

Setiap *activity on arrow* merupakan satu kesatuan dari seluruh kegiatan sehingga *event* "J" kegiatan sebelumnya juga merupakan *event* "I" kegiatan berikutnya. Sehingga diagram ini disebut I – J diagram. Pengertian lebih jelas tentang metode *activity On Arrow* dapat diperoleh dengan memperhatikan **Gambar 1**.

#### FLOAT

*Float* adalah sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga memungkinkan penundaan atau perlambatan kegiatan tersebut secara sengaja atau tidak sengaja, tetapi penundaan tersebut tidak menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya.

Jenis – jenis *float* antara lain :

- *Float Total* (TF) yaitu waktu tenggang maksimum dimana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek. Dengan memiliki float total, maka pelaksanaan kegiatan dalam jalur yang bersangkutan dapat ditunda atau diperpanjang sampai batas tertentu, yaitu sampai float total = 0.

*activity oriented*

$$TF = LF - EF = LS - ES \quad (1)$$

*event oriented*

$$LET_j - EET_i - \text{Durasi} \quad (2)$$

- *Free Float* (FF)

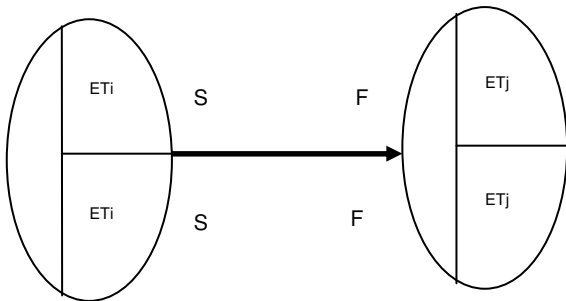
**Gambar 2**. menunjukkan, skema untuk menghitung nilai *free float* suatu aktivitas. *Free float* dapat didefinisikan sebagai waktu tenggang maksimum dimana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda penyelesaian suatu kegiatan.

$$FF_{12} = ES_{12} - EF_{12} \quad (3)$$

- *Float Interferen (IF)*  
yaitu bila suatu kegiatan menggunakan sebagian dari IF sehingga kegiatan nonkritis berikutnya pada jalur tersebut perlu dijadwalkan lagi (digeser) meskipun tidak sampai mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan.

**Metode Preseden Diagram (PDM)**

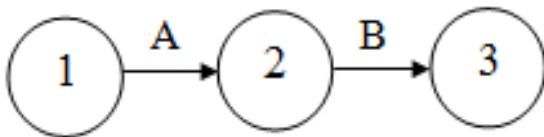
Metode PDM dikenal juga sebagai metode *activity on node (AON)* dikarenakan letak kegiatan pada metode ini berada pada bagian *node* seperti terlihat pada **Gambar 3**.



Keterangan:

- EETi = waktu paling cepat pada even i
- LETi = waktu paling lambat pada even i
- EETj = waktu paling cepat pada even j
- LETj = waktu paling lambat pada even j
- ES = saat mulai paling awal suatu aktivitas
- LS = saat mulai paling lambat suatu aktivitas
- EF = saat berakhir paling awal suatu aktivitas
- LF = saat berakhir paling lambat suatu aktivitas

**Gambar 1.** Diagram AOA



**Gambar 2.** Free Float

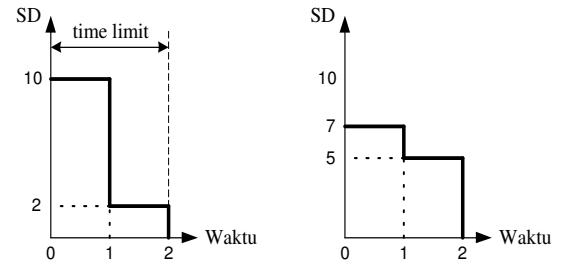
ES	JENIS	EF
LS	KEGIATAN	LF

NO. KEG	DURASI
---------	--------

Atau

DURASI		FLOAT
ES	NO. KEG	EF
JENIS KEGIATAN		

**Gambar 3.** Precedence Diagram Method



a). Sebelum leveling  
 $SD^2 = 10^2 + 2^2 = 104$

b). Sesudah leveling  
 $SD^2 = 7^2 + 5^2 = 74$

**Gambar 4.** Skema *Resource Leveling* dengan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil

**Metode Jumlah Kuadrat Terkecil**

Metode jumlah kuadrat terkecil, memiliki konsep perhitungan yang sederhana, namun cukup efektif untuk dipakai sebagai indikator dalam melakukan pemerataan sumber daya manusia.

$$SD^2 = \sum_{t=1}^T (r_t)^2$$

Prinsip *resource leveling* dengan metode jumlah kuadrat terkecil ditunjukkan pada **Gambar 4**. Selama iterasi dilakukan apabila jumlah  $SD^2$  sesudah leveling lebih kecil dari  $SD^2$  sebelum leveling, berarti penggunaan sumber daya sesudah leveling lebih efisien dibandingkan sebelum leveling. Jadi semakin kecil nilai kuadrat tenaga kerja yang diperoleh, maka akan sebaik pula alokasi tenaga kerja yang dilakukan.

## Penelitian-penelitian terdahulu

Jun (2009) melakukan suatu studi dengan melakukan inovasi terhadap ukuran pemerataan tenaga kerja. Tujuan penelitian yaitu untuk dapat mengukur secara langsung dan meminimalkan dampak negatif fluktuasi sumber daya dalam produktivitas dan biaya konstruksi. Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahapan modul yaitu modul inialisasi, algoritma genetika dan perataan tenaga kerja.

Keunggulan penelitian yang dilakukan oleh Jun (2009) ini yaitu digunakannya teknik algoritma genetika yang dapat mencari solusi dari populasi solusi yang luas. Sedangkan kekurangannya yaitu objek penelitian yang digunakan masih berupa simulasi. Jadi metode yang diterapkan pada simulasi yang menyerupai proyek konstruksi masih perlu diterapkan pada proyek konstruksi yang sebenarnya.

Fathi (2008) melakukan penelitian untuk menyediakan sebuah manajemen pendukung bagi perencana konstruksi untuk memilih metode pelaksanaan yang paling optimal dari tiap-tiap aktivitas dalam sebuah proyek. Asumsi dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah bahwa tiap aktivitas memiliki metode eksekusi (pelaksanaan) yang berbeda sehingga penggunaan waktu, biaya dan variasi tenaga kerja yang berbeda pula. Penelitian ini menggunakan metode weighted sum method dengan konsep double moment yang diajukan oleh Hegazy (1999) untuk mencapai tujuannya.

Keunggulan penelitian ini yaitu diterapkannya rekayasa nilai pada teknik pelaksanaan masing-masing aktivitas dapat memberikan solusi dengan penghematan biaya pelaksanaan. Sedangkan kelemahan penelitian ini yaitu pada proyek konstruksi akan sulit sekali mendapat variasi metode eksekusi pada semua aktivitas-aktivitas yang ada..

penelitiannya tentang analisis penjadwalan proyek. Metode yang

digunakan yaitu metode *Ranked Positional Weight Method (RPM)* dan *Precedence Diagram Method (PDM)* yang diaplikasikan pada Proyek Pembangunan Pasar Mumbul di Kabupaten Buleleng. Kesimpulan yang diambil yaitu bahwa penjadwalan dengan metode RPWM menghasilkan durasi yang lebih pendek dari metode PDM. Dari segi biaya metode RPWM juga lebih menguntungkan. Penjadwalan dengan metode PDM dan RPWM dengan membatasi jumlah tenaga kerja, menghasilkan biaya dan durasi yang lebih besar daripada penjadwalan awal.

Keunggulan penelitian ini yaitu digunakannya objek penelitian berupa sebuah proyek konstruksi. Selain itu digunakannya *software* yaitu *microsoft project* juga merupakan sebuah kelebihan. Kelemahan penelitian ini yaitu pembatasan jumlah tenaga kerja menghasilkan biaya dan durasi yang lebih besar dari penjadwalan awal, sehingga perlu dilakukan penelitian dengan menerapkan kedua metode yang dipakai dengan asumsi tenaga kerja yang tersedia adalah tidak terbatas.

Kurniyawan (2007) melakukan penelitian terhadap Analisis Anggaran Biaya dan *Resource Levelling* untuk Efisiensi Pekerja pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Menengah Umum AL-Azhar di Bumi Serpong Damai. Metode BOW digunakan sebagai pengolah data dalam penelitian ini. Hasil yang diperoleh yaitu anggaran biaya yang lebih besar daripada penawaran kontraktor, tetapi dengan durasi proyek yang lebih pendek.

Keunggulan penelitian yaitu dilakukannya perbandingan terhadap penawaran yang diberikan oleh kontraktor, memberikan gambaran bahwa penelitian sudah ditempatkan pada kondisi nyata seperti di lapangan. Kekurangan penelitian yaitu penelitian hanya dilakukan pada pekerja, sehingga peran jenis tenaga kerja yang lain terabaikan.

Laksito (2005) melakukan penelitian dengan membandingkan penjadwalan proyek konstruksi repetitif antara metode penjadwalan berulang (RSM) dengan metode metode diagram preseden (PDM). Dari hasil penelitian ditemukan bahwa Meskipun waktu penyelesaian proyek dengan metode RSM lebih lama dibandingkan dengan metode PDM, tetapi pengaturan tenaga kerja relatif lebih mudah dibandingkan metode PDM.

Kelebihan penelitian ini yaitu penggunaan objek penelitian berupa pembangunan 6 unit rumah tipe 65/104, sehingga sudah diterapkan pada proyek di lapangan. Sedangkan kelemahan penelitian yaitu metode yang dipakai perlu juga diterapkan pada proyek konstruksi yang lebih kompleks.

Sriprasert and Dawood (2003) melakukan penelitian dengan membuat tiga pemodelan yaitu pemodelan *time-cost trade-off*, pemodelan masalah alokasi sumber daya dan perataan tenaga kerja, pemodelan masalah konflik antara ruang dan waktu, dan pemodelan terhadap masalah kesiapan sumber daya dan informasinya. Dari hasil penelitian diketahui bahwa dimasukkannya beberapa batasan (*constrain*) pada penjadwalan dapat membantu perencana proyek untuk menghasilkan rencana proyek yang dapat dipercaya.

Kelebihan penelitian ini adalah selain kendala-kendala dalam masalah penjadwalan dimasukkan secara lengkap, penerapan teknik algoritma genetika sebagai metode pencarian membuat ruang solusi yang mungkin menjadi sangat luas. Kelemahan penelitian ini adalah dibutuhkan pembuatan program yang rumit dan kompleks agar bisa mencakup metode algoritma genetika dan batasan-batasan penjadwalan yang dipakai ke dalam masalah penjadwalan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dalam 3 tahapan yaitu tahap identifikasi, tahap penyusunan metode analisis dan tahap analisis. Masing-masing tahapan terdiri dari beberapa rangkaian kegiatan. Pada tahap penyusunan model analisis menerangkan langkah-langkah analisis yang akan ditempuh pada metode pemerataan yang digunakan pada penelitian, kemudian diaplikasikan pada suatu studi kasus dari proyek konstruksi pembangunan Gudang Barang Inventaris, Gedung Penunjang 3 LT, Pagar, Gapura dan Jembatan Penghubung di Jakarta. Data yang dipakai berupa jadwal pelaksanaan seperti **Gambar 5**, beserta dengan alokasi pemakaian tenaga kerja masing-masing pekerjaan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

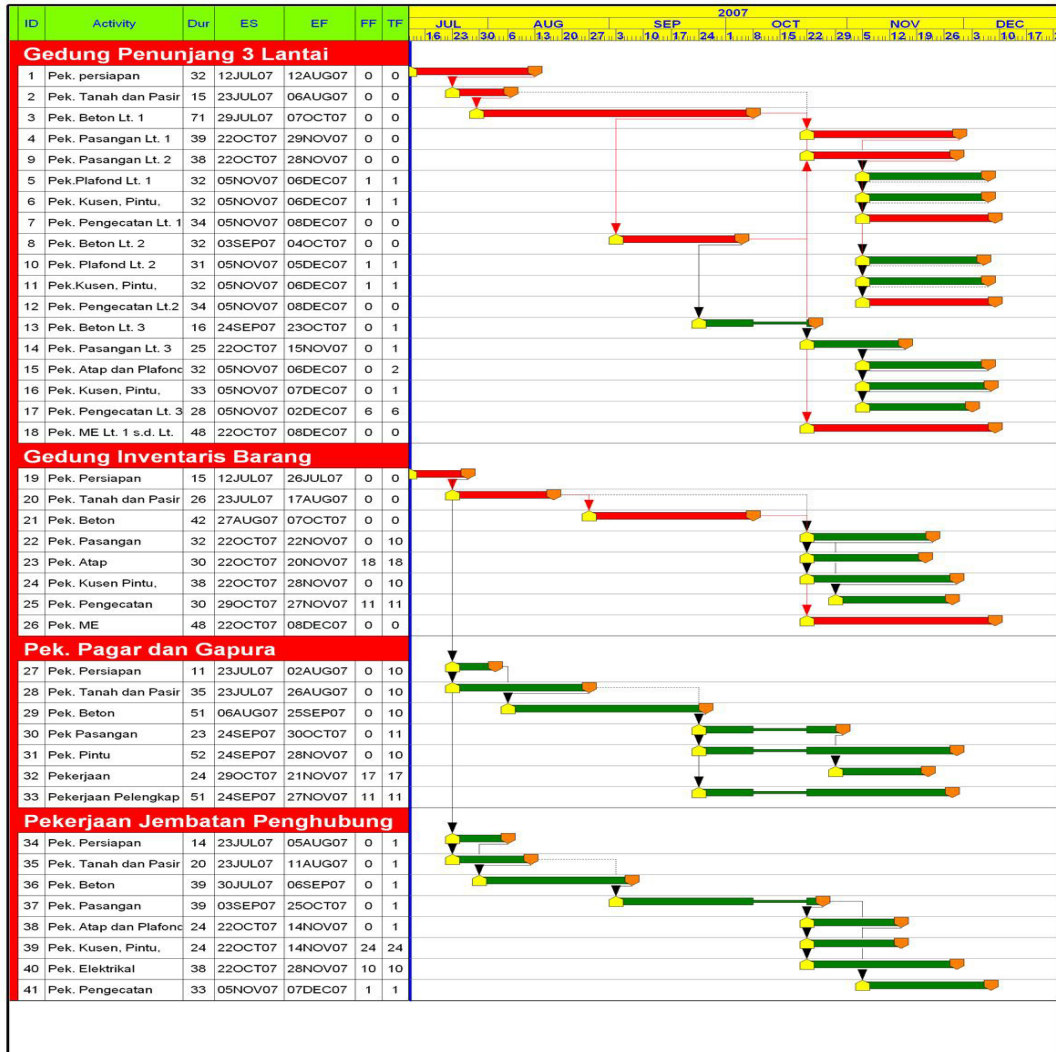
Berdasarkan pada nilai *float*, maka terdapat 13 aktivitas kritis dan 28 aktivitas non-kritis.

### Karakteristik histogram tenaga kerja pada *schedule* awal

Pada **Gambar 6**, terlihat bahwa pemakaian pekerja berfluktuasi dari awal sampai akhir pelaksanaan proyek. Fluktuasi yang jelas terlihat yaitu kebutuhan pekerja yang semula 21 orang perhari, turun menjadi 11 orang perhari. Setelah itu kebutuhan pekerja perlahan-lahan meningkat lagi sampai pada puncaknya yaitu sebanyak 34 orang perhari.

Pada **Gambar 7**, menunjukkan fluktuasi pemakaian tenaga tukang batu yang signifikan selama jangka waktu pelaksanaan proyek. Jumlah maksimum tukang batu yang digunakan (*maximum resource demand*) terjadi pada hari ke-103 dan ke-104 yaitu sebesar 17 orang.

Pada **Gambar 8**, terlihat fluktuasi ekstrim pemakaian tukang kayu terjadi tahap akhir pelaksanaan proyek yaitu pada hari ke-116 yang semula hanya memakai



Sheet 1 of 1

Gambar 5. Barchat pada Schedule Awal

8 tenaga tukang kayu tetapi pada hari ke-117 meningkat tajam menjadi 20 orang tenaga tukang kayu.

### Leveling tenaga kerja dengan metode jumlah kuadrat terkecil

#### 1. Pekerja

Nilai kuadrat ( $\sum SD^2$ ) pekerja paling minimum yaitu 49921, Kebutuhan maksimum perhari (MRD) pekerja turun dari 34 menjadi 33 orang perhari ditunjukkan pada Gambar 9, dan biaya tenaga kerja pekerja yang paling minimum yaitu Rp. 173.250.000,-. Pengaruh leveling pekerja terhadap tukang batu adalah tidak

ada. Kondisi ini disebabkan karena selama iterasi dilakukan pada leveling pekerja, aktivitas yang bergeser adalah aktivitas yang tidak membutuhkan tenaga tukang batu. Sedangkan pengaruhnya terhadap tukang kayu yaitu nilai kuadrat ( $\sum SD^2$ ) tukang kayu naik dari 13747 menjadi 13835. MRD tukang kayu turun dari 20 menjadi 18 orang perhari, seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Biaya paling minimum yang dihasilkan dari kombinasi ketiga sumber daya yang ditinjau adalah sebesar Rp. 430.500.000,-. Selisih biaya kombinasi sebelum dan sesudah leveling adalah Rp. 19.950.000,-.

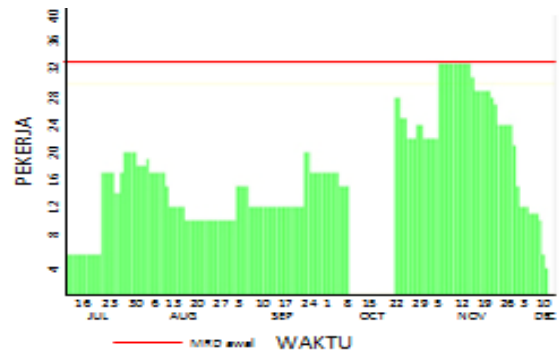
## 2. Tukang batu

Nilai kuadrat tukang batu ( $\sum SD^2$ ) yaitu 11031 dan biaya tukang batu yang paling minimum dan Rp. 102.900.000,-. MRD yang dihasilkan adalah menurun dari 17 menjadi 14 orang perhari, seperti ditunjukkan pada **Gambar 11**. Pengaruh *leveling* tenaga tukang batu terhadap pekerja adalah pada saat dimana tukang batu berada pada kondisi yang ideal, biaya yang dikeluarkan untuk pekerja adalah tetap seperti sebelum *leveling*, tetapi nilai kuadrat sumber daya ( $\sum SD^2$ ) menjadi lebih kecil dari 51035 menjadi 50413 yang berarti pemakaian tenaga pekerja menjadi lebih merata. MRD pekerja tetap 34 orang perhari, seperti ditunjukkan pada **Gambar 12**. Sedangkan pengaruhnya terhadap tukang kayu yaitu biaya yang dikeluarkan adalah tetap seperti sebelum *leveling*, namun demikian nilai kuadrat sumber daya ( $\sum SD^2$ ) menjadi lebih besar dari 13747 menjadi 13763 dibandingkan sebelum *leveling* yang mengindikasikan pemakaian tenaga tukang kayu menjadi lebih tidak merata. MRD tukang kayu juga tetap 17 orang perhari, seperti ditunjukkan pada **Gambar 13**. Biaya paling minimum yang dihasilkan dari kombinasi ketiga sumber daya yang ditinjau adalah sebesar Rp. 428.400.000,-.

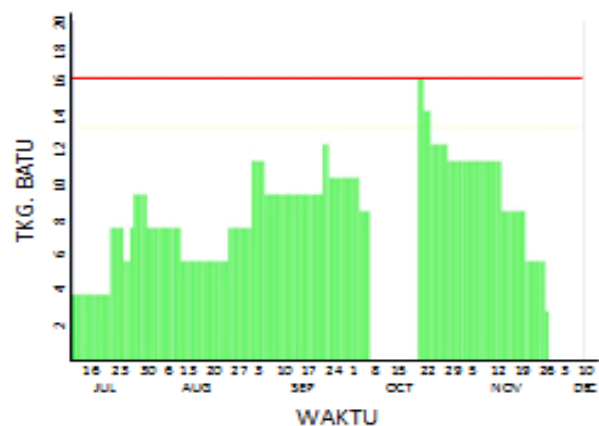
## 3. Tukang Kayu

Nilai kuadrat tukang kayu ( $\sum SD^2$ ) paling minimum yaitu 13891. Biaya tukang kayu paling minimum adalah Rp. 132.300.000,-. MRD tukang kayu dapat direduksi dari 20 orang/hari menjadi 18 orang/hari, seperti ditunjukkan pada **Gambar 14**. Pengaruh *leveling* tenaga tukang kayu terhadap tenaga tukang batu adalah tidak ada. Kondisi ini disebabkan karena selama iterasi dilakukan pada *leveling* tukang kayu, aktivitas yang bergeser adalah aktivitas yang tidak membutuhkan tenaga tukang batu. Sedangkan pengaruhnya terhadap pekerja yaitu jumlah kuadrat pekerja menurun dari

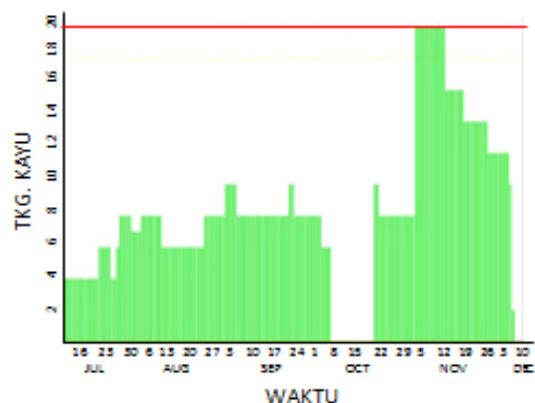
51035 menjadi 50711. MRD pekerja adalah tetap sebanyak 34 orang per hari seperti ditunjukkan pada **Gambar 15**. Biaya paling minimum yang dihasilkan dari kombinasi ketiga tenaga kerja yang ditinjau adalah sebesar Rp. 430.500.000,-



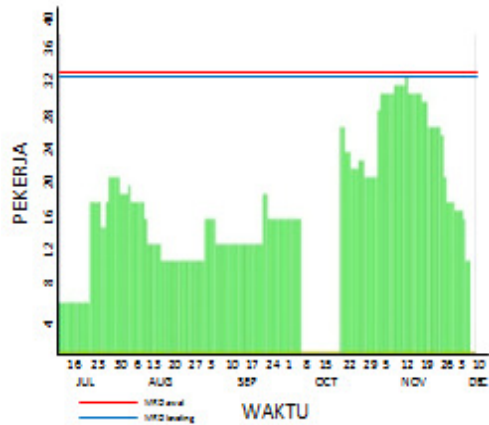
**Gambar 6.** Histogram Pekerja Pada *Schedule* Awal



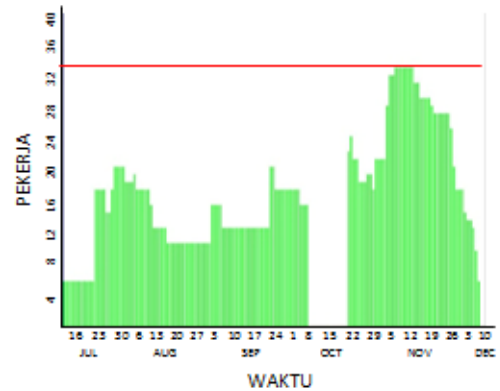
**Gambar 7.** Histogram Tukang Batu Pada *Schedule* Awal



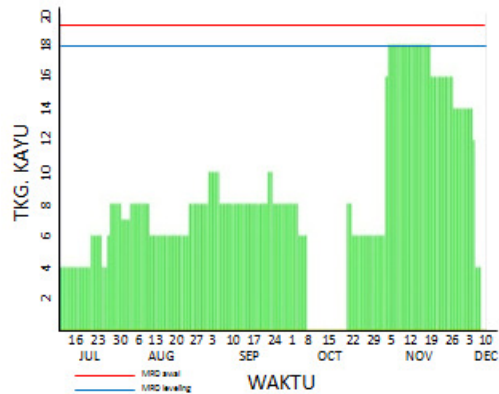
**Gambar 8.** Histogram Tukang Kayu Pada *Schedule* awal



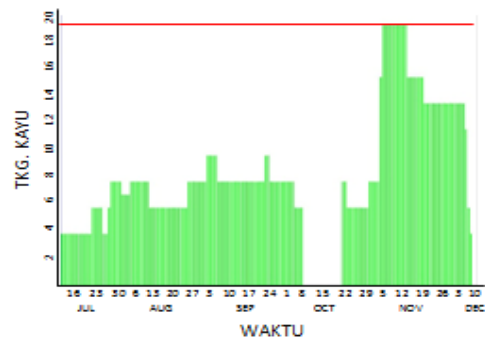
**Gambar 9.** Histogram Pekerja Hasil *Leveling*



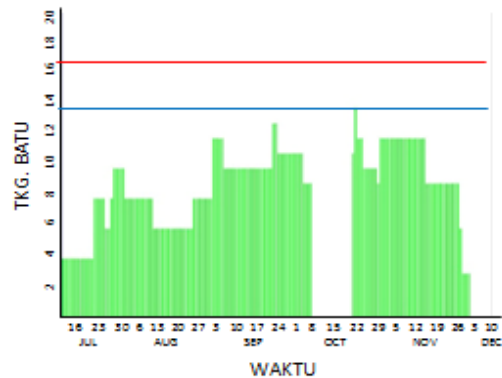
**Gambar 12.** Histogram Pekerja Akibat *Leveling* Tukang Batu



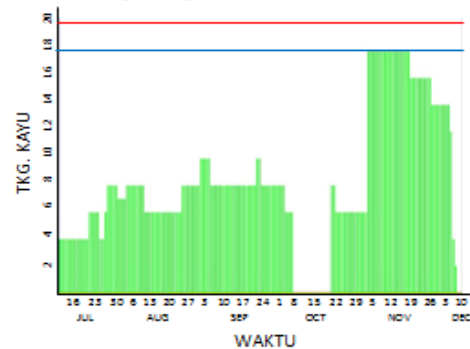
**Gambar 10.** Histogram Tukang Kayu Akibat *Leveling* Pekerja



**Gambar 13.** Histogram Tukang Kayu Akibat *Leveling* Tukang Batu

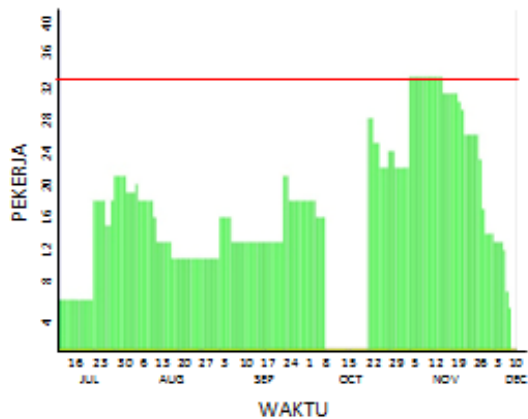


**Gambar 11.** Histogram Tukang batu Hasil *Leveling*

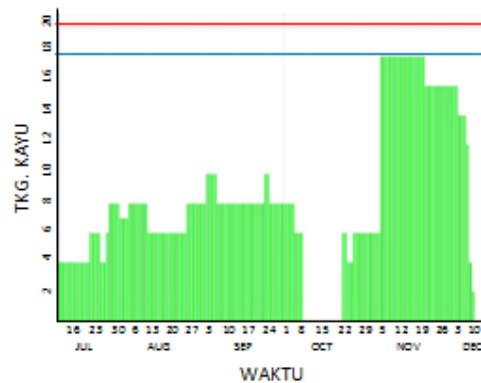


**Gambar 14.** Histogram Tukang Kayu Hasil *Leveling*

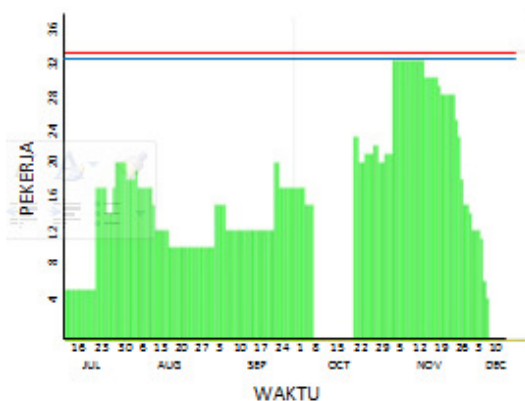




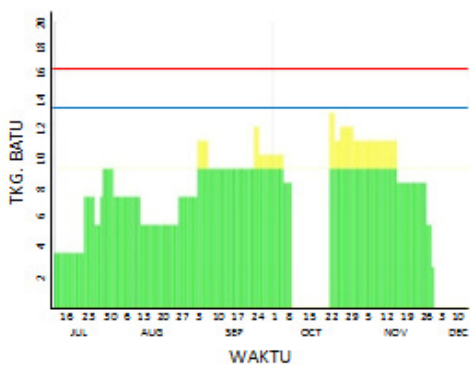
**Gambar 15.** Histogram Pekerja Akibat *Leveling* Tukang Kayu



**Gambar 18.** Histogram Tukang Kayu Hasil *Multiple Resource Leveling* dengan *Software P3*



**Gambar 16.** Histogram Pekerja Hasil *Multiple Resource Leveling* dengan *Software P3*



**Gambar 17.** Histogram Tukang Batu Hasil *Multiple Resource Leveling* dengan *Software P3*

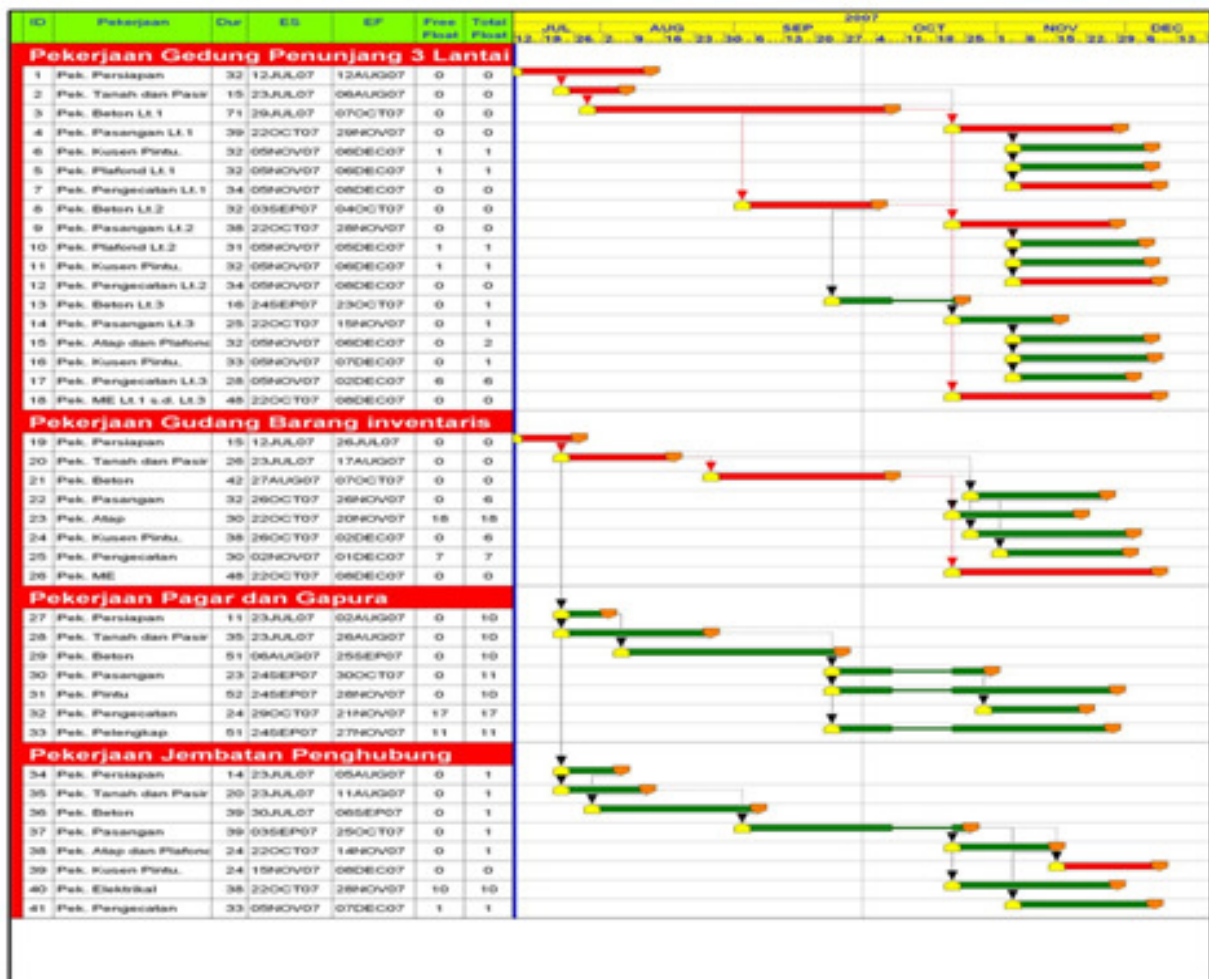
### **Multiple Resource Leveling**

*Primavera* mampu melakukan *leveling* secara simultan terhadap ketiga tenaga kerja yang ditinjau. Dengan hasil *leveling* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 16**, **Gambar 17** dan **Gambar 18**. Kebutuhan maksimum pekerja, tukang batu, dan tukang kayu masing-masing dapat direduksi sebesar 33, 14 dan 18 orang perhari. Jadi biaya tenaga kerja dapat dihemat sebesar 9,3 %. *Barchat* hasil *leveling* ditunjukkan pada **Gambar 19**.

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis yaitu:

1. Pengaruh *leveling* suatu tenaga kerja terhadap tenaga kerja yang lain pada objek proyek yang ditinjau penelitian ini yaitu:
  - a. *Leveling* Pekerja  
Pengaruh terhadap tenaga tukang batu adalah tidak ada. Kondisi ini disebabkan karena pada waktu *leveling* dilakukan, aktivitas yang bergeser adalah aktivitas yang tidak membutuhkan tenaga tukang batu. Sedangkan pengaruhnya terhadap tukang kayu yaitu terjadi penurunan dan peningkatan jumlah kuadrat tukang kayu. Jumlah kuadrat terkecil tukang kayu akibat *leveling* pekerja yaitu sebesar 13675.



Gambar 19. Barchat Hasil Leveling

b. Leveling Tukang batu

Pengaruh terhadap pekerja yaitu terjadi penurunan dan peningkatan jumlah kuadrat pekerja. Jumlah kuadrat terkecil pekerja yang dihasilkan yaitu sebesar 50413. Sedangkan pengaruhnya terhadap tukang kayu yaitu terjadi penurunan dan peningkatan jumlah kuadrat tukang kayu. Jumlah kuadrat terkecil tukang kayu yang dihasilkan yaitu sebesar 13619.

c. Leveling Tukang kayu

Pengaruh terhadap pekerja yaitu terjadi penurunan jumlah kuadrat pekerja. Jumlah kuadrat terkecil yang dihasilkan yaitu

sebesar 50655. Sedangkan pengaruhnya pada tukang batu tidak ada dikarenakan selama proses *leveling*, aktivitas yang bergeser adalah aktivitas yang tidak membutuhkan tenaga tukang batu.

- Optimasi biaya tenaga kerja diperoleh pada saat dilakukan *leveling* terhadap tenaga tukang batu.
- Besarnya optimasi biaya tenaga kerja yang diperoleh dari hasil *leveling* yaitu sebesar 4,9 %
- Schedule* awal mengalami perubahan jumlah aktivitas yang berada pada lintasan kritis dari 13 menjadi 17 aktivitas apabila menggunakan metode jumlah kuadrat terkecil. Sedangkan pada *multiple resource leveling* dengan

*primavera project planner* lintasan kritis bertambah menjadi 14 buah aktivitas.

5. Metode jumlah kuadrat terkecil dan *software primavera project planner* menghasilkan jumlah kebutuhan maksimum tenaga kerja yang sama, tetapi pada *primavera leveling* dapat dilakukan secara simultan yang menghasilkan jumlah kebutuhan maksimum perhari (MRD) yang lebih kecil pada ketiga jenis tenaga kerja yang ditinjau. Efisiensi biaya yang dihasilkan dari *multiple resource leveling* dengan *software primavera* adalah sebesar 9,3 %.

#### SARAN – SARAN

1. Para perencana konstruksi sebaiknya membuat *network diagram* dalam penjadwalan proyek sehingga dapat diketahui dengan jelas bahwa suatu pekerjaan berada pada lintasan kritis atau non-kritis.
2. Para pelaksana konstruksi disarankan untuk melakukan *leveling* terhadap tenaga kerja yang digunakan, karena dengan *leveling* dapat mengurangi jumlah kebutuhan maksimum perhari tenaga kerja sehingga dapat menghasilkan optimasi biaya tenaga kerja.
3. Untuk proyek-proyek konstruksi yang sangat kompleks, penggunaan *software* yang bisa melakukan *leveling* tenaga kerja seperti *primavera* sangat dianjurkan karena dapat memberi efisiensi waktu dalam melakukan *leveling*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Diah. P. D. 2007. *Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan Ranked Positional Weight Method dan Precedence Diagram Method (studi kasus : Proyek Pembangunan Pasar Mumbul di Kabupaten Buleleng)* : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vol 11, No. 2, Juli 2007.
- Fathi. H 2008. *Multiple Resource Constraint Time-Cost-Resource Optimization Using Genetic Algorithm* : International journal of Construction Engineering and Management
- Husen, A.. 2009. *Manajemen Proyek: Perencanaan, Penjadwalan, Dan Pengendalian Proyek*. Yogyakarta: Andi.
- Hegazy, T. \_1999\_. *Optimization of resource allocation and leveling using genetic algorithms*. J. Constr. Eng. Manage., 125\_3\_, 167–175.
- Jun. D. H. 2009. *Optimizing Resource Leveling in Construction Projects*. ASCE: International Journal of Construction Engineering and Management.
- Kurniyawan. D. 2007. *Analisis Anggaran Biaya dan Resource Levelling untuk Efisiensi Pekerja pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Menengah Umum AL-Azhar di Bumi Serpong Damai*. : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Universitas Gunadarma. 2007.
- Laksito, B. 2005. *Studi Komparatif Penjadwalan Proyek Konstruksi Repetitif Menggunakan Metode Penjadwalan Berulang (RSM) dan Metode Diagram Preseden (PDM)* : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, UNS Surakarta, Juli 2005.
- Raja. K dan Kumanan. S 2007. *Resource Leveling Using Petrinet and Memetic Approach*. American Journal of Applied Sciences 4 (5): 317-322, ISSN 1546-9239, Science Publications.
- Soeharto, I. 1999. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Sriprasert. E. and Dawood. N. 2003. *Genetic Algorithms for Multi-Constraint Scheduling: an Application for the Construction Industry* : International journal of Construction Engineering and Management.