

PERANCANGAN PERBAIKAN ALOKASI SUMBER DAYA PADA PROYEK RENOVASI RUANG KUG & SDM MENGUNAKAN METODE *MODIFIED MINIMUM MOMENT*

DESIGN OF RESOURCES ALLOCATION IMPROVEMENT ON THE KUG & HR ROOM RENOVATION PROJECT USING THE MODIFIED MINIMUM MOMENT METHOD

Muhammad Rafi Nurrohim¹, Ika Arum Puspita², Wawan Tripiawan³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

rafiohim@student.telkomuniversity.ac.id¹, ikaarumpuspita@telkomuniversity.ac.id²,
wawantripiawan@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa instalasi dan pemeliharaan sarana telekomunikasi. Salah satu proyek yang telah dilakukan oleh PT. XYZ adalah proyek Renovasi Ruang KUG & SDM. Proyek tersebut mengalami permasalahan yaitu terjadi *overallocation* pada alokasi tukang bangunan proyek. Kapasitas maksimal tukang bangunan dalam satu hari berjumlah 12 orang. *Overallocation* terjadi pada hari ke-12 hingga hari ke-17 dengan penggunaan tukang bangunan sebesar 14 orang dan pada hari ke-18 hingga hari ke-26 dengan jumlah penggunaan tukang bangunan sebesar 16 orang, sehingga perlu dilakukan *resource leveling* untuk mengatasi permasalahan tersebut. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk melakukan perbaikan alokasi sumber daya dengan menggunakan metode *modified minimum moment*. Dengan digunakannya metode tersebut maka alokasi sumber daya optimal terjadi saat jumlah momen minimum, sehingga *histogram sumber daya* berbentuk persegi. Setelah dilakukan *resource leveling*, terjadi pergeseran pada beberapa aktivitas proyek, yaitu pada aktivitas T, Y, Z, S, I, F, dan V, dan terjadi penurunan penggunaan maksimum tukang bangunan, dari yang semula berjumlah 16 orang, menjadi 12 orang, tanpa menambah durasi proyek, sehingga metode ini dapat digunakan untuk menghindari *overallocation* pada proyek.

Kata kunci : *resource leveling, metode modified minimum moment, penjadwalan*

Abstract

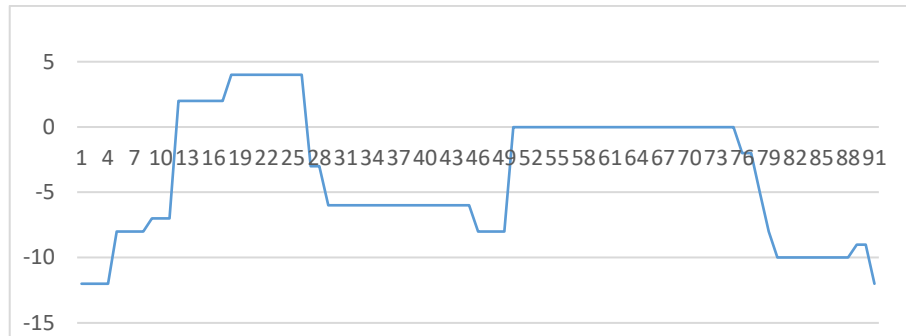
PT. XYZ is a company engaged in the installation and maintenance of telecommunication facilities. One of the projects that has been carried out by PT. XYZ is KUG & HR Room Renovation project. The project experienced problems, that is the *overallocation* of the project builders. The maximum capacity for builders in one day is 12 people. *Overallocation* occurs on the 12th day to the 17th day with the use of builders is 14 people, and on the 18th to 26th day with the use of builders is 16 builders, so it is necessary to do *resource leveling* to overcome these problems. The purpose of this final project is to improve the scheduling by using the *modified minimum moment* method. By using this method, the optimal resource allocation occurs when the number of moments is minimum, so that the resource histogram approaches a square shape. After *resource leveling*, there was a shift in project activities, that is in activity T, Y, Z, S, I, F, and V, and there was a decrease in the maximum use of builders, from 16 people to 12 people, without increasing the duration of project, so this method can be used to avoid *overallocation* on this project.

Keywords : *resource leveling, modified minimum moment method, scheduling*

I. Pendahuluan

Proyek adalah suatu usaha sementara yang bertujuan untuk menghasilkan produk, jasa atau hasil yang unik [1]. Sebagian besar literatur manajemen proyek menyebutkan bahwa manajemen proyek memiliki tiga tujuan utama yaitu proyek harus dikelola tepat waktu, sesuai biaya dan sesuai dengan spesifikasi kualitas atau performa [2]. Sumber daya manusia, alat, dan material adalah sumber daya yang penting dalam suatu proyek yang memerlukan perhatian khusus [3]. Sumber daya yang digunakan pada konstruksi tergolong mahal, dan fluktuasi harga sumber daya tersebut dapat

mengakibatkan biaya tambahan [3]. Oleh karena itu, perencanaan yang matang sangat diperlukan untuk memperkirakan jumlah tenaga kerja, dan jenis tenaga kerja sesuai dengan kebutuhan proyek.



Gambar 1. Diagram selisih penggunaan tenaga kerja tukang bangunan dengan batasan alokasi

Gambar 1 merupakan diagram yang menunjukkan selisih antara penggunaan tenaga kerja tukang bangunan harian dengan penggunaan tenaga tukang bangunan maksimal harian pada proyek renovasi ruang KUG & SDM PT.XYZ. Penggunaan maksimal tukang bangunan dalam satu hari sebesar 12 orang, sehingga berdasarkan gambar tersebut, terdapat *overallocation* tukang bangunan pada hari ke-12 hingga hari ke-26. Untuk dapat menghindari *overallocation* tukang bangunan, maka digunakan metode *resource leveling*.

Resource leveling adalah sebuah teknik dimana waktu mulai dan waktu selesai sebuah proyek disesuaikan berdasarkan batasan sumber daya sehingga dapat menyeimbangkan permintaan dan ketersediaan sumber daya [1]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan *resource leveling* adalah metode *modified minimum moment*. Metode *minimum moment* mengasumsikan bahwa momen penggunaan sumber daya harian pada sumbu horizontal histogram sumber daya merupakan ukuran yang baik dari pemanfaatan sumber daya dan alokasi sumber daya optimal terjadi saat jumlah momen minimum, sehingga histogram sumber daya berbentuk persegi [4]. Keuntungan dari metode *modified minimum moment* dibandingkan dengan metode *minimum moment* adalah pengurangan jumlah kalkulasi dari metode *minimum moment* [5]. Dengan menggunakan metode *modified minimum moment* dalam *resource leveling*, maka akan menghasilkan alokasi sumber daya manusia yang optimum.

II. Landasan Teori

II.1 Proyek

Proyek adalah kegiatan sementara yang dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan sebuah produk, jasa atau hasil yang unik [1]. Sebuah proyek memiliki awal dan akhir yang sudah ditentukan [1]. Selesaiannya suatu proyek dicapai jika suatu proyek telah mencapai tujuan dari proyek, atau suatu tujuan proyek tidak dapat dipenuhi [1]. Dalam suatu proyek, diperlukan pengelolaan yang baik agar tujuan proyek dapat tercapai [1].

II.2 Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan pengaplikasian dari ilmu pengetahuan, kemampuan, alat, dan teknik dalam aktivitas proyek untuk memenuhi kebutuhan proyek [1]. Manajemen proyek dapat dicapai melalui aplikasi yang sesuai dan integrasi dari proses manajemen proyek yang dikelompokkan secara logis [1].

II.3 Project Schedule Management

Project Schedule management mencakup proses yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek tepat waktu [1]. Penjadwalan proyek menyediakan perencanaan secara detil yang menggambarkan bagaimana dan kapan suatu proyek akan menghasilkan suatu produk, jasa, dan hasil yang ditentukan dalam project scope dan berguna sebagai alat untuk berkomunikasi, mengatur ekspektasi pemangku kepentingan, dan dasar dari pelaporan performa [1].

II.4 Precedence Diagramming Method

Precedence Diagramming Method (PDM) merupakan teknik yang digunakan untuk membuat model jadwal, dimana aktivitas direpresentasikan sebagai nodes dan secara grafis terhubung oleh satu atau lebih hubungan untuk menunjukkan urutan aktivitas yang akan dilakukan [1].

II.5 Critical Path Method

Critical Path Method (CPM) merupakan metode yang digunakan untuk mengestimasi durasi minimal proyek, dan menentukan jumlah fleksibilitas jadwal proyek pada jaringan logis dalam model jadwal [1]. Metode ini digunakan untuk menghitung *early start* (ES), *early finish* (EF), *late start* (LS), dan *late finish* (LF) untuk seluruh aktivitas tanpa memperhatikan batasan sumber daya dengan melakukan analisis lintasan maju (*forward pass*) dan lintasan mundur (*backward pass*) pada jaringan jadwal [1]. CPM digunakan untuk menghitung jalur kritis dan jumlah dari *total float* dan *free float* atau fleksibilitas jadwal pada jaringan didalam model jadwal [1].

II.6 Resource Leveling

Resource leveling merupakan teknik dimana waktu mulai dan waktu selesai disesuaikan berdasarkan batasan sumber daya, dengan tujuan untuk menyeimbangkan permintaan sumber daya dengan ketersediaan sumber daya [1]. Teknik tersebut dapat digunakan saat sumber daya penting atau terbagi hanya tersedia pada jangka waktu tertentu atau dalam jumlah yang terbatas, atau alokasi berlebihan, atau saat adanya kebutuhan untuk membuat penggunaan sumber daya konstan [1]. Resource leveling sering kali menyebabkan jalur kritis berubah karena penggunaan float saat melakukan resource leveling [1].

II.7 Modified Minimum Moment Method

Metode minimum moment mengasumsikan bahwa momen penggunaan sumber daya harian pada sumbu horizontal histogram sumber daya merupakan ukuran yang baik dari pemanfaatan sumber daya dan alokasi sumber daya optimal terjadi saat jumlah momen minimum, sehingga histogram sumber daya berbentuk persegi [4]. Momen akan bernilai minimum pada suatu periode waktu, jika bentuk dari histogram sumber daya berbentuk persegi tanpa adanya puncak dan lembah [6].

Keuntungan dari metode modified minimum moment dibandingkan dengan metode minimum momen adalah pengurangan jumlah kalkulasi dari metode minimum moment [5]. Hal ini dapat dicapai dengan memilih aktivitas yang akan dilakukan pemerataan sebelum menghitung nilai improvement factor [5]. Berikut merupakan langkah yang dilakukan untuk melakukan *resource leveling* menggunakan metode *modified minimum moment* [6].

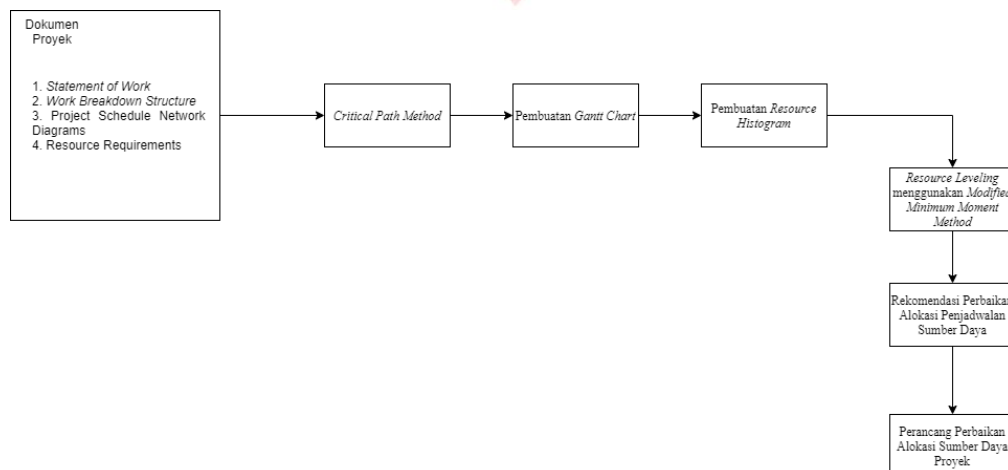
1. Aktivitas pada urutan terakhir diperiksa.
 1. Setiap aktivitas pada tahap yang memiliki nilai *free float* berjumlah nol akan dilewat.
 2. Setiap aktivitas pada tahap yang memiliki tingkat sumber daya nol digeser ke batas *free float* aktivitas untuk memungkinkan aktivitas sebelumnya digeser.
2. Aktivitas pada tahap urutan yang memiliki tingkat sumber daya positif diurutkan berdasarkan nilai (R X S).
3. Aktivitas dengan nilai (R x S) terbesar dipilih. Jika terdapat kesamaan nilai (R x S) untuk dua atau lebih aktivitas, maka aktivitas dengan tingkat sumber daya terbesar dipilih. Jika tetap sama, maka aktivitas dengan durasi terbesar dipilih, dan jika masih sama aktivitas pertama dalam antrian dipilih.
4. Untuk aktivitas terpilih, nilai improvement factor untuk semua posisi yang memungkinkan yang suatu aktivitas dapat penuh dihitung. Jika nilai improvement factor pada suatu aktivitas bernilai lebih dari atau sama dengan nol, maka aktivitas yang terpilih akan digeser ke posisi dengan nilai improvement factor terbesar. Jika terdapat nilai yang sama pada improvement factor di suatu aktivitas, maka aktivitas dengan jumlah waktu terbesar digeser. Jika nilai improvement factor negatif, maka tidak terjadi pergeseran. Aktivitas dengan nilai (R x S) terbesar berikutnya akan dipertimbangkan.
5. Jika terjadi pergeseran pada tahap sebelumnya, laju sumber daya aktivitas dikurangi dari masing-masing jumlah sumber daya harian pada posisi yang dikosongkan. Laju ini ditambahkan pada masing-masing jumlah harian pada posisi yang ditempati. float, *free float*, ES, EF, LS, dan LF pada jaringan diperbarui.
6. Aktivitas pada langkah urutan dengan nilai (R x S) terbesar selanjutnya dipilih, dan langkah 3 – 5 diulangi sampai semua aktivitas dalam langkah urutan telah dipertimbangkan.
7. Langkah urutan sebelumnya diperiksa dan langkah pada tahap 1 – 6 diulangi. Cara ini dilanjutkan sampai semua kegiatan telah dipertimbangkan dan semua kemungkinan perpindahan telah terjadi pada setiap langkah urutan. Hal ini mengakhiri tahap forward cycle.
8. Diawali dengan tahap urutan pertama, menggunakan back float dan melanjutkan kepada urutan selanjutnya daripada tahap urutan paling awal berikutnya, langkah pada tahap 1 – 7 diulangi

sampai semua aktivitas telah dipertimbangkan dan dialihkan ke waktu yang lebih awal, jika memungkinkan. Hal tersebut mengakhiri siklus mundur dan menyelesaikan proses leveling. Kriteria pemilihan aktivitas didasari dengan melakukan perhitungan menggunakan nilai $R \times S$ (R =Nilai Sumber Daya Harian, S = Jumlah hari yang tersedia untuk dilakukan pergeseran) dan rumus untuk menghitung *improvement factor* adalah $IF (aktivitas J, S) = \sum w - \sum x - mR$ (S =Jumlah hari yang akan dilakukan pergeseran, $\sum w$ =Jumlah penggunaan sumber daya harian dimana m (durasi pergeseran) nilai sumber daya (R) akan ditambahkan, $\sum x$ =Jumlah penggunaan sumber daya harian dimana m (durasi pergeseran) nilai sumber daya harian (R) akan ditambahkan, m =durasi minimum dimana aktivitas akan digeser (S) atau durasi dari aktivitas (t), R =Nilai sumber daya harian). Untuk membandingkan hasil histogram setelah dan sebelum dilakukan resource leveling, maka dapat dihitung dengan mencari nilai *resource coefficient ratio* (RIC). Semakin dekat nilai RIC dengan nilai satu, maka bentuk histogram akan semakin mendekati bentuk persegi. Berikut merupakan rumus *resource improvement coefficient* $RIC = \frac{n \sum y_i^2}{(\sum y_i)^2}$ (y_i =tinggi dari histogram pada waktu tertentu, n =interval waktu pada *histogram*).

III. Metode Penyelesaian Masalah

III.1 Model Konseptual

Model konseptual digunakan untuk menunjukkan variabel-variabel yang dapat mempengaruhi tugas akhir, dan keterkaitan antara masing-masing variabel tersebut. Berikut merupakan model konseptual pada tugas akhir kali ini. Gambar 2 menunjukkan model konseptual dari tugas akhir ini.

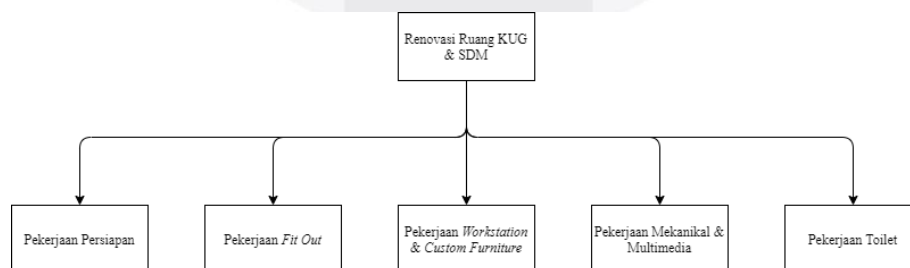


Gambar 2. Model Konseptual

IV. Pembahasan

IV.1 Work Breakdown Structure

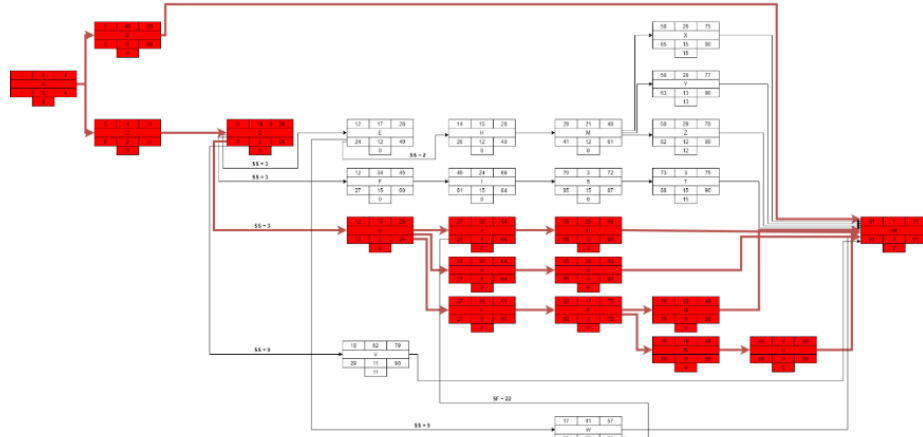
Work breakdown structure (WBS) merupakan struktur yang menunjukkan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek. Gambar 3 menunjukkan WBS dari proyek renovasi ruang KUG & SDM.



Gambar 3. Work Breakdown Structure

IV.2 Critical Path Method

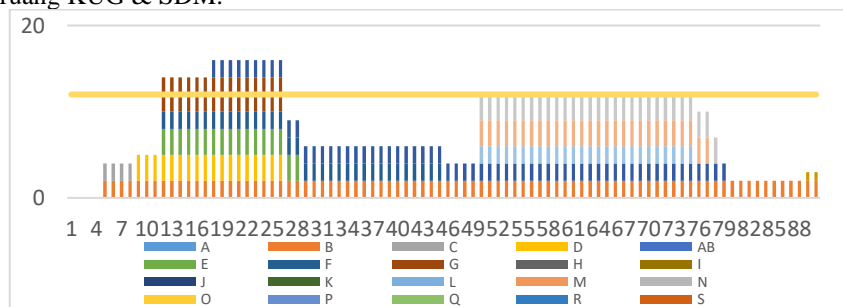
Critical Path Method (CPM) digunakan untuk memperkirakan waktu minimum dari suatu proyek dan menentukan fleksibilitas dari penjadwalan. Gambar 4 menunjukkan *network diagram* setelah dilakukan perhitungan menggunakan CPM.



Gambar 4. Network Diagram

IV.3 Resource Histogram

Resource histogram merupakan diagram batang yang digunakan untuk menunjukkan penggunaan sumber daya pada suatu waktu. Gambar 5 merupakan *resource histogram* eksisting pada proyek renovasi ruang KUG & SDM.

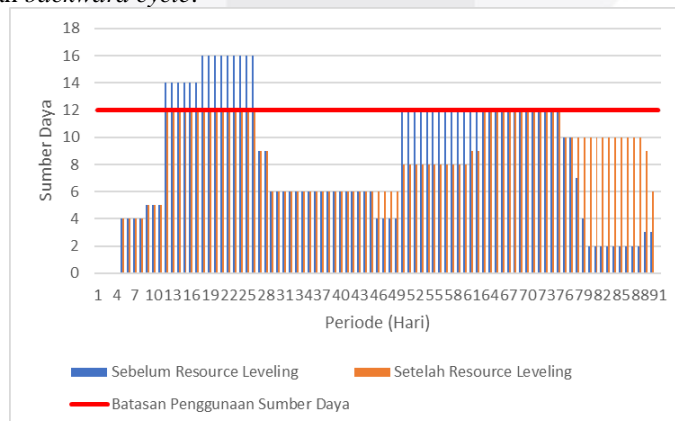


Gambar 5. Resource Histogram Eksisting

Berdasarkan gambar 6, garis berwarna kuning menandakan ketersediaan tukang bangunan pada proyek yang berjumlah 12 orang. *Histogram* tersebut menunjukkan terjadinya *overallocation* pada hari ke-12 hingga ke-26, dengan jumlah maksimum penggunaan tenaga kerja sebesar 16 orang pada hari ke-18 hingga ke-26.

IV.4 Resource Leveling

Resource leveling dilakukan terhadap aktivitas non-kritis yang memiliki nilai *free float* lebih dari nol. Terdapat dua siklus dalam proses *resource leveling* yaitu yang pertama *forward cycle* dan yang kedua adalah *backward cycle*.



Gambar 6. Histogram perbandingan sebelum dan setelah dilakukan *resource leveling*

Gambar 7 menunjukkan *histogram* perbandingan antara penggunaan tenaga kerja sebelum dan setelah dilakukan *resource leveling*. Garis berwarna merah menandakan kapasitas tenaga kerja yang tersedia yaitu sebesar 12 orang. Sebelum dilakukan *resource leveling*, penggunaan maksimum tenaga kerja yaitu sebesar 16 orang, dan setelah dilakukan *resource leveling* sebesar 12 orang.

Tabel 1. Perbandingan Nilai RIC sebelum dan setelah *resource leveling*

Sebelum Dilakukan <i>Resource Leveling</i>	Setelah Dilakukan <i>Resource Leveling</i>
1,335276004	1,155358533

Tabel 1 menunjukkan nilai RIC sebelum dan sesudah dilakukan *resource leveling*. Nilai RIC mengalami penurunan setelah dilakukan *resource leveling*. Hal tersebut menunjukkan bahwa bentuk *histogram* setelah dilakukan *resource leveling* lebih mendekati bentuk persegi, dibandingkan dengan *histogram* sebelum dilakukan *resource leveling*, yang menandakan lonjakan penggunaan tenaga kerja semakin berkurang.

IV.5 Nilai Float

Float merupakan jumlah fleksibilitas dari suatu proyek. Tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai *total float* dan *free float* sebelum dilakukan *resource leveling*, dan setelah dilakukan *resource leveling*.

Tabel 2. Perbandingan nilai *total float* dan *free float* sebelum dan sesudah dilakukan *resource leveling*

Kode	Setelah <i>Resource Leveling</i>		Sebelum <i>Resource Leveling</i>	
	<i>Total Float</i>	<i>Free Float</i>	<i>Total Float</i>	<i>Free Float</i>
A	0	0	0	0
B	0	0	0	0
C	0	0	0	0
D	0	0	0	0
E	12	0	12	0
F	0	0	15	0
G	0	0	0	0
H	12	0	12	0
I	0	0	0	0
J	0	0	0	0
K	0	0	0	0
L	0	0	0	0
M	12	0	12	0
N	0	0	0	0
O	0	0	0	0
P	0	0	0	0
Q	0	0	0	0
R	0	0	0	0
S	0	0	15	0
T	0	0	15	15
U	0	0	0	0
V	2	2	11	11
W	33	33	33	33
X	15	15	15	15
Y	0	0	13	13
Z	1	1	12	12
AB	0	0	0	0

Berdasarkan tabel 2, perubahan nilai *total float* dan *free float* terjadi pada aktivitas F, S, T, V, Y, dan Z. Aktivitas T semula memiliki nilai *free float* dan *total float* senilai 15, namun setelah dilakukan *resource leveling*, nilai *free float* dan *total float* berubah menjadi 0. Hal tersebut terjadi karena aktivitas T dilakukan penundaan selama 15 hari pada siklus backward cycle. Kedua, aktivitas Y sebelum dilakukan *resource leveling* memiliki nilai *total float* dan *free float* senilai 13, namun setelah dilakukan *resource leveling* nilai *total float* dan *free float* berubah menjadi 0. Hal tersebut disebabkan karena aktivitas Y ditunda selama 13 hari pada siklus backward cycle. Ketiga, perubahan pada aktivitas Z yang semula memiliki nilai *total float* dan *free float* sebesar 12 menjadi 1. Hal tersebut terjadi karena pada siklus backward cycle aktivitas Z diundur selama 12 hari, dan pada siklus forward cycle aktivitas Z dipercepat selama 1 hari. Keempat, perubahan yang terjadi pada aktivitas V yang semula memiliki nilai *total float* dan *free float* sebesar 11 menjadi 2. Hal tersebut disebabkan karena pada siklus backward cycle aktivitas V diundur selama 10 hari, dan pada siklus

forward cycle aktivitas V dipercepat selama 1 hari. Kelima, perubahan terjadi pada aktivitas S yang semula memiliki nilai *total float* dan *free float* sebesar 15 dan 0 menjadi 0. Hal tersebut terjadi karena aktivitas S ditunda selama 15 hari.

IV.6 Jalur Kritis

Jalur kritis proyek akan berubah setelah dilakukan *resource leveling*. Tabel 3 menunjukkan perbandingan jalur kritis sebelum dan sesudah dilakukan *resource leveling*.

Tabel 3. Jalur Kritis Proyek Sebelum dan Setelah dilakukan *Resource Leveling*

Setelah <i>Resource Leveling</i>	
<i>Critical Path</i>	A - B - AB
	A - C - D - F - I - S - T - AB
	A - C - D - G - J - N - AB
	A - C - D - G - K - O - AB
	A - C - D - G - L - P - Q - AB
	A - C - D - G - L - P - R - U - AB
Sebelum <i>Resource Leveling</i>	
<i>Critical Path</i>	A - B - AB
	A - C - D - G - J - N - AB
	A - C - D - G - K - O - AB
	A - C - D - G - L - P - Q - AB
	A - C - D - G - L - P - R - U - AB

Setelah dilakukan *resource leveling*, terdapat satu jalur kritis baru yaitu “A-C-D-F-I-S-T-AB”, sehingga setelah dilakukan *resource leveling* jalur kritis menjadi 6 jalur, sementara sebelum dilakukan *resource leveling* terdapat 5 jalur. Penambahan jalur disebabkan oleh pergeseran pada aktivitas non-kritis, sehingga aktivitas tersebut memiliki nilai *total float* nol, sehingga aktivitas yang berada pada jalur tersebut perlu dilakukan pengawasan lebih ketat karena tidak ada *total float* yang tersedia.

IV.7 Rekomendasi Pengalokasian Tenaga Kerja

Setelah dilakukan *resource leveling* menggunakan metode *modified minimum moment*, maka alokasi tenaga kerja dapat menghilangkan *overallocation* dari sumber daya yang digunakan.

Berikut merupakan rekomendasi yang dapat dilakukan agar hal tersebut dapat tercapai.

1. Penundaan aktivitas T selama 15 hari
2. Penundaan aktivitas Y selama 13 hari
3. Penundaan aktivitas Z selama 11 hari
4. Penundaan aktivitas S selama 15 hari
5. Penundaan aktivitas I selama 15 hari
6. Penundaan aktivitas F selama 15 hari
7. Penundaan aktivitas V selama 9 hari

V. Kesimpulan

Setelah dilakukan *resource leveling* menggunakan metode *modified minimum moment* jumlah sumber daya tenaga kerja maksimum adalah 12 orang, sehingga tidak terjadi lagi *overallocation* pada proyek. Setelah dilakukan *resource leveling* maka terdapat beberapa aktivitas yang akan dilakukan penundaan agar dapat menghindari *overallocation* pada sumber daya tenaga kerja.

1. Penundaan aktivitas T sebanyak 15 hari
2. Penundaan aktivitas Y selama 13 hari
3. Penundaan aktivitas Z selama 11 hari
4. Penundaan aktivitas S selama 15 hari
5. Penundaan aktivitas I selama 15 hari
6. Penundaan aktivitas F selama 15 hari
7. Penundaan aktivitas V selama 9 hari.

Jaringan proyek setelah dilakukan *resource leveling* berubah. Semula proyek memiliki 5 jalur kritis, dan setelah dilakukan *resource leveling* jalur kritis bertambah menjadi 6 jalur kritis.

Perubahan terjadi akibat pergeseran yang terjadi pada saat proses *resource leveling*.

Referensi

- [1] Project Management Institute, A Guide to the PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE, 6th ed., Newton Square, PA: Project Management Institute, Inc., 2017.
- [2] S. K. Sears, G. A. Sears and R. H. Clough, Construction project management : a practical guide to field construction management, 5th ed., Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
- [3] A. d. Wit, "Measurement of project success," *International Journal of Project Management*, vol. 6, no. 3, pp. 164-170, 1988.
- [4] S. E. M. Christodoulou, G. Ellinas and A. Michaelidou-Kamenou, "Minimum Moment Method for Resource Leveling Using Entropy Maximization," *JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEER AND MANAGEMENT*, pp. 518-527, 2010.
- [5] M. A. S. Hiyassat, "MODIFICATION OF MINIMUM MOMENT APPROACH IN RESOURCE LEVELING," *JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT*, no. 126, pp. 278-284, 2000.
- [6] M. A. Hiyassat, "APPLYING MODIFIED MINIMUM MOMENT METHOD TO MULTIPLE RESOURCE LEVELING," *JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT*, pp. 192-198, 2001.