

STUDI KOMPARATIF *RESOURCE LEVELING* AKIBAT FLUKTUASI TENAGA KERJA PROYEK KONSTRUKSI MENGGUNAKAN METODE MANUAL MICROSOFT EXCEL, BURGESS, DAN MICROSOFT PROJECT 2019 PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH AKUNTANSI DAN ADMINISTRASI NIAGA POLINEMA TAHAP 1

Ismi Tiara Maizza¹, Bambang Djatmiko² dan Made Wena³

¹Universitas Negeri Malang, ismi.tiara.1805236@students.um.ac.id

²Universitas Negeri Malang, bambang.djtmiko.ft@um.ac.id

³Universitas Negeri Malang, made.wena.ft@um.ac.id

Abstrak: Fluktuasi atau ketidakkonsistenan jumlah tenaga kerja proyek konstruksi jika terjadi pada jadwal tenaga kerja akan menyebabkan keterlambatan dan pembengkakan biaya proyek. Maka sangat perlu dilakukan pemerataan pada penjadwalan tenaga kerja proyek konstruksi atau *resource leveling* (RL). Terdapat beberapa metode RL diantaranya manual Ms. Excel, burgess, dan Ms. Project 2019 yang memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing dalam melakukan pemerataan/mengurangi fluktuasi jumlah tenaga kerja. Tujuan penelitian yaitu : (1) Mendeskripsikan histogram jumlah tenaga kerja mingguan RL metode manual Ms. Excel, (2) Mendeskripsikan histogram jumlah tenaga kerja mingguan RL metode burgess, (3) Mendeskripsikan histogram jumlah tenaga kerja mingguan RL metode Ms. Project 2019, (4) Mengetahui tingkat fluktuasi paling rendah histogram jumlah tenaga kerja dari RL metode manual Ms. Excel, Burgess, dan Ms. Project 2019, (5) Mengetahui tingkat perbedaan uji perbandingan bersama hasil dari RL metode manual Ms. Excel, Burgess, dan Ms. Project 2019, (6) Mengetahui tingkat perbedaan uji perbandingan pasangan hasil dari RL metode manual Ms. Excel, Burgess, dan Ms. Project 2019. Rancangan penelitian ini deskriptif, komparatif, eksperimen dengan pendekatan kuantitatif, menggunakan instrumen penelitian pedoman wawancara dan dokumentasi yang telah valid dan reliabel. Tahapan dalam penelitian ini yaitu mengolah data proyek dengan perhitungan RL metode manual Ms. Excel, burgess, dan Ms. Project 2019, perhitungan tingkat fluktuasi histogram, dan uji ANOVA *One Way* serta Tukey pada histogram jumlah tenaga kerja hasil tiga metode RL. Hasil penelitian diperoleh yaitu : (1) histogram RL manual Ms. Excel jumlah tenaga kerja tertinggi minggu ke 7-14 sejumlah 235 orang terendah minggu ke 20 sejumlah 120 orang, penurunan fluktuasi 35,42% dan fleksibilitas jadwal terjaga, (2) histogram RL burgess jumlah tenaga kerja tertinggi minggu ke 7-11 sejumlah 235 orang terendah minggu ke-20 sejumlah 140 orang, penurunan fluktuasi 46,89% dan fleksibilitas jadwal terjaga, (3) histogram RL Ms. Project 2019 jumlah tenaga kerja tertinggi minggu ke 7-10 sejumlah 235 orang terendah minggu ke-20 sejumlah 144 orang, penurunan fluktuasi 51,08% dan fleksibilitas jadwal berkurang, (4) tingkat fluktuasi paling rendah adalah histogram jumlah tenaga kerja hasil RL Ms. Project 2019 dengan nilai standar deviasi 21,89 dan metode ini paling sesuai dengan proyek objek penelitian, (5) hasil uji bersama ANOVA *one way* rata-rata jumlah tenaga kerja tiga metode RL tidak berbeda signifikan, (6) hasil uji tukey jumlah tenaga kerja tiga pasang metode RL tidak berbeda signifikan, kedua hasil uji tidak berbeda signifikan karena parameter kriteria perhitungan yang digunakan sama.

Kata kunci: Tenaga Kerja, *Resource Leveling*, Fluktuasi Jumlah Tenaga Kerja

1. PENDAHULUAN

Tenaga kerja proyek konstruksi merupakan salah satu sumber daya proyek yang penting, kelebihan tenaga kerja akan mengakibatkan pemborosan biaya, dan kekurangan tenaga kerja akan mengakibatkan keterlambatan pelaksanaan proyek (Retno dkk, 2018). Fluktuasi jumlah tenaga kerja proyek konstruksi adalah ketidakkonsistenan jumlah tenaga kerja tiap periode waktu (Santi, 2020). Apabila fluktuasi terjadi pada

penjadwalan distribusi tenaga kerja akan menimbulkan kerugian proyek seperti keterlambatan dan pembengkakan biaya (Ciaputra, 2020), sehingga perlu dilakukan usaha pemerataan pada penjadwalan tenaga kerja proyek konstruksi yang biasa disebut dengan *resource leveling* (RL). RL tenaga kerja proyek konstruksi adalah proses meratakan frekuensi distribusi sumber daya tenaga kerja dengan fungsi untuk meminimalisir fluktuasi pada penjadwalan tenaga kerja (Rudi dan Subrata, 2017). Tujuan RL adalah untuk memastikan jumlah sumber daya tenaga kerja dapat diketahui dari awal dan tersedia bila dibutuhkan, dan supaya pola penyebaran tenaga kerja logis, yakni variasi distribusi tenaga kerja dari awal sampai selesai proyek dapat tetap berada pada batas minimum kebutuhan (Zendrato, 2019). Perhitungan RL dapat dilakukan dengan manual maupun komputasi menggunakan *software* manajemen.

Menurut Damci, dkk (2019) pada perhitungan RL metode manual Ms. Excel dapat ditetapkan tingkat maksimum *float* yang dipakai untuk setiap aktivitas, sehingga menghasilkan histogram tenaga kerja yang lebih rata sambil mempertahankan fleksibilitas jadwal dan *fix duration* proyek. Metode ini memiliki keterbatasan karena hanya dapat meratakan satu sumber daya sehingga tidak dapat melakukan *multileveling*, dan lebih lama pengerjaannya karena proses penjadwalan dan RL secara manual (Damci dkk, 2019). Hasil RL metode manual Ms. Excel penelitian Damci, dkk (2019) menunjukkan kerataan penjadwalan tenaga kerja meningkat sebesar 49%.

Menurut Yudha P.A, dkk (2012) RL metode burgess mempunyai fleksibilitas tinggi, sehingga mampu mengolah tenaga kerja sesuai keinginan kontraktor pelaksana. Metode ini menghasilkan kurva pekerja yang lebih baik tingkat *smooth* dan fluktuasinya serta dapat mempertahankan *fix duration* proyek, juga didapat optimasi biaya 4,9% dibandingkan dengan biaya pada *schedule* awal, maka dapat memberikan penghematan biaya tenaga kerja. Metode burgess memiliki kekurangan yakni tidak mempertimbangkan tenaga kerja maksimum perhari, sehingga memungkinkan jumlah tenaga kerja yang *overallocated* dan tidak praktis karena pengerjaannya manual juga perhitungan tiap trial and error pekerjaan (Yudha P.A dkk, 2012). Penelitian Santi, (2020) RL metode burgess dapat menghemat tenaga kerja 110 orang/minggu, yakni jumlah tenaga kerja tertinggi 995 orang/minggu diratakan menjadi 885 orang/minggu.

Menurut Evan, dkk (2014) Ms. Project 2010 lebih praktis untuk RL secara otomatis dan memiliki keunggulan bila ada aktivitas bertumpuk pada satu hari maka salah satu aktivitas akan secara otomatis dimundurkan 100% dari durasi jadwal semula agar tidak *overlocated*. Ms. Project lebih user friendly dan tidak butuh waktu lama menyelesaikan hubungan antar aktivitas. Tetapi RL metode Ms. Project dirasa belum optimal dan kurang fleksibel, serta masih memungkinkan terjadinya keterlambatan proyek akibat pemerataan. Ms. Project juga tidak dapat mengukur kombinasi tools RL mana yang paling efektif (Zendrato, 2019). Penelitian Nangka, dkk (2018) RL metode Ms. Project 2016 dapat mengurangi fluktuasi dan penurunan tenaga kerja terjadi pada 2 minggu sebelum proyek berakhir, serta umur proyek dapat dipersingkat menjadi 4 minggu.

Berdasarkan kajian empiris diatas terdapat kekurangan dan kelebihan dari tiga metode RL tersebut. Maka pada penelitian ini dicoba untuk dilakukan perbandingan tiga metode RL yakni metode manual Ms. Excel, burgess, dan Ms. Project 2019 untuk mendapatkan histogram jumlah tenaga kerja dengan fluktuasi paling rendah dan sesuai dengan proyek objek penelitian. Objek penelitian RL ini adalah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Jurusan Akuntansi dan Administrasi Niaga Polinema Tahap 1 yang berlokasi di Jl. Soekarno-Hatta No.9, Kota Malang. Berdasarkan hasil survey awal pada kondisi penjadwalan proyek (*master schedule*), banyak pekerjaan struktur yang

mengalami *overlap* atau penumpukan pekerjaan pada satu waktu. Menurut Ardentius, dkk (2013) hal tersebut mengindikasikan akan terjadinya fluktuasi dan peningkatan jumlah kebutuhan tenaga kerja tertinggi dikarenakan volume pekerjaan yang berlebih pada satu waktu, maka perlu untuk dilakukan RL.

2. METODE

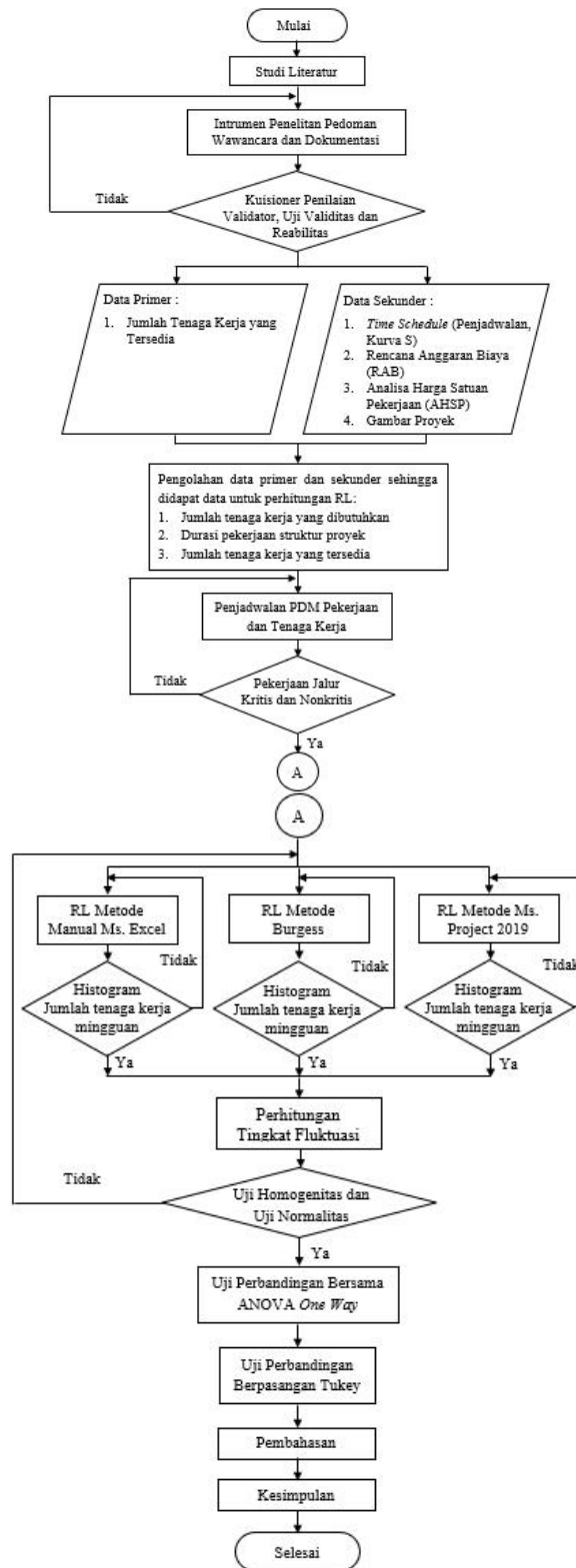
Rancangan penelitian ini menggunakan deskriptif, komparatif, eksperimen. Deskriptif yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh tenaga kerja pada pekerjaan struktur proyek Pembangunan Gedung Kuliah Jurusan Akuntansi Polinema Tahap I. Pengambilan sampel dengan *purposive sampling*, yaitu teknik dalam pengambilan suatu sampel yang meninjau kriteria tertentu (Sugiyono, 2017). Jumlah sampel yang diambil untuk penelitian sesuai dengan jumlah tenaga kerja maksimum yang bisa disediakan kontraktor pelaksana di lapangan. Sampel dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Sampel RL Tenaga Kerja

No.	Jenis Tenaga Kerja	Jumlah Sampel
1.	Pekerja Kuli	150
2.	Tukang Batu	20
3.	Tukang Besi/Baja	35
4.	Tukang Kayu	30
Jumlah total sampel		235

Data primer yang diambil dengan wawancara pada kontraktor pelaksana objek penelitian adalah jumlah tenaga kerja pekerja kuli, tukang batu, besi, dan kayu yang tersedia. Data sekunder yang diambil dari objek penelitian yaitu gambar proyek, *time schedule*, kurva S, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP).

Tahapan kegiatan penelitian dijabarkan pada bagan alir penelitian sebagai berikut.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan bagan alir penelitian Gambar 1, tahapan kegiatan penelitian dijabarkan sebagai berikut:

- 1) Melakukan studi literatur untuk menentukan topik penelitian.

- 2) Disusun instrumen penelitian pedoman dokumentasi dan wawancara untuk pengambilan data proyek.
- 3) Dilakukan penilaian oleh validator pada kuisioner penilaian (mengenai relevansi indikator RL dengan sumber data proyek dan pertanyaan wawancara), kemudian hasil skor penilaian validator diuji validitas dan reliabilitas. Jika sudah valid dan reliabel maka instrumen dapat digunakan untuk pengambilan data, jika belum maka dilakukan revisi instrumen penelitian.
- 4) Pengambilan data primer dan sekunder dari proyek objek penelitian.
- 5) Melakukan legalitas data (dokumen proyek) yang telah diperoleh dari proyek. Jika dokumen sudah benar dan terlegalitas maka lanjut, jika belum maka dilakukan pengambilan data ulang.
- 6) Mengolah data primer dan sekunder yang diperoleh untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam perhitungan RL yakni jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, durasi pekerjaan struktur proyek, dan jumlah tenaga kerja yang tersedia. Tiga data tersebut merupakan variabel kontrol, yang didapat dari pengolahan data primer dan sekunder.
- 7) Dilakukan penjadwalan PDM dari data jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dan durasi pekerjaan struktur proyek untuk mendapatkan histogram jumlah tenaga kerja mingguan jadwal rencana (sebelum dilakukan RL).
- 8) Didapat pekerjaan struktur yang berada di jalur kritis dan non kritis dari penjadwalan PDM, apabila jalur kritis kurang sesuai maka dilakukan modifikasi hubungan pekerjaan dengan penjadwalan PDM kembali.
- 9) Melakukan perhitungan RL metode manual Ms. Excel, RL metode burgess, dan RL metode Ms. Project 2019. Perhitungan RL ini dilakukan dengan *trial and error* dan *trial and error* RL ini dapat dihentikan jika :
 - (1) Pekerjaan nonkritis sudah dianalisis semua.
 - (2) Tenaga kerja tidak *overallocated*.
 - (3) Jumlah tenaga kerja tertinggi memiliki nilai sama.
 - (4) Bentuk histogram sesuai *unimodal sentrimetal*
 Perhitungan RL metode manual Ms. Excel, burgess, dan metode Ms. Project 2019 ini merupakan variabel bebas atau perlakuan (*treatment*) yang akan dilakukan pada penelitian eksperimen.
- 10) Didapatkan histogram jumlah tenaga kerja mingguan hasil dari perhitungan tiga metode RL. Apabila belum memenuhi kriteria pada poin 9 maka perhitungan RL masih terus dilakukan. Histogram jumlah tenaga kerja mingguan hasil RL Metode Manual Ms. Excel, burgess, dan Ms. Project 2019 merupakan variabel terikat.
- 11) Dilakukan perhitungan tingkat fluktuasi pada ketiga histogram jumlah tenaga kerja dengan standar deviasi untuk mengetahui histogram yang memiliki tingkat fluktuasi paling rendah.
- 12) Dilakukan uji normalitas dan homogenitas pada jumlah tenaga kerja hasil perhitungan RL, bila hasil uji menunjukkan data tidak berdistribusi normal dan tidak homogen maka dilakukan perhitungan RL kembali.
- 13) Apabila data sudah normal dan homogen maka dilakukan uji perbandingan bersama ANOVA *One Way* untuk mengetahui tingkat perbedaan jumlah tenaga kerja mingguan hasil tiga metode RL bila dibandingkan secara Bersama.
- 14) Dilakukan uji perbandingan berpasangan Tukey untuk mengetahui tingkat perbedaan jumlah tenaga kerja mingguan hasil tiga metode RL bila dibandingkan secara berpasangan. Uji bersama ANOVA *One Way* dan uji berpasangan Tukey

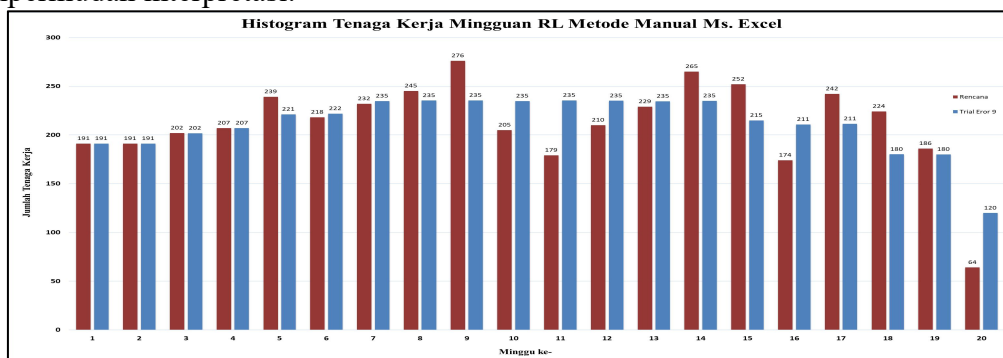
merupakan *posttest* dari desain eksperimen penelitian (*post-test only control group design*).

- 15) Dilakukan pembahasan pada histogram jumlah tenaga kerja mingguan hasil tiga metode RL, hasil perhitungan tingkat fluktuasi, hasil uji bersama ANOVA *one way*, dan uji berpasangan Tukey kemudian disimpulkan.
- 16) Menyusun kesimpulan dari hasil penelitian.

3. HASIL

3.1 Deskripsi Histogram Jumlah Tenaga Kerja Mingguan RL Metode Manual Ms. Excel

Hasil perhitungan *trial and error* RL metode manual Ms. Excel berupa histogram jumlah tenaga kerja mingguan Gambar 2 yang dikonversi menjadi Tabel 2 untuk mempermudah interpretasi.



Gambar 2. Histogram Jumlah Tenaga Kerja Mingguan RL Manual Ms. Excel

Keterangan :

- Histogram biru = jumlah tenaga kerja sebelum di RL
- Histogram merah = jumlah tenaga kerja sesudah di RL

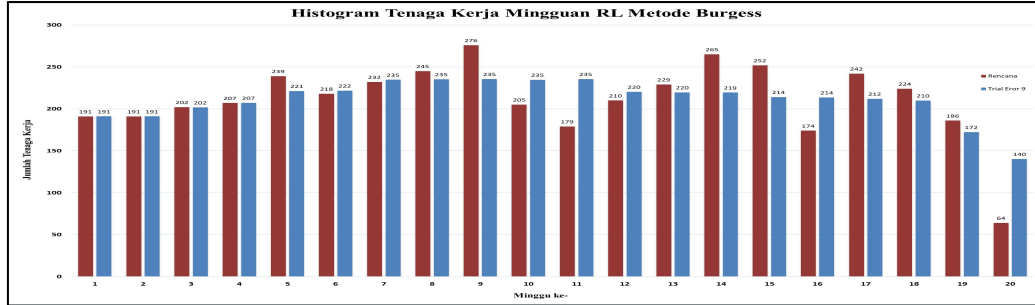
Tabel 2. Rekapitulasi Jumlah Tenaga Kerja RL Manual Ms. Excel

Minggu ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sebelum RL	191	191	202	207	239	218	232	245	276	205	179	210	229	265	252	174	242	224	186	64
Sesudah RL	191	191	202	207	221	222	235	235	235	235	235	235	235	235	215	211	211	180	180	120

Berdasarkan Tabel 2 pada minggu ke 9 sebelum RL terjadi jumlah tenaga kerja tertinggi sebesar 276 orang. Setelah di RL jumlah tenaga kerja tertinggi berpindah di minggu ke 7-14 sebesar 235 orang, sehingga berkurang 41 orang. Jumlah tenaga kerja mulai berkurang di minggu ke 15 sampai minggu terakhir proyek dengan tenaga kerja terendah 120 orang. Proses perhitungan RL berakhir di *trial and error* ke 5, karena hasil histogram sudah cukup rata terbukti tenaga kerja tidak *overallocated*, jumlah tenaga kerja tertinggi memiliki nilai sama 235 orang, dan bentuk histogram sesuai *symmetric unimodal*, sehingga kriteria terpenuhi dan tenaga kerja yang digunakan proyek merata (*smooth*). Fleksibilitas jadwal proyek tetap terjaga dengan tidak bertambahnya pekerjaan yang berada di jalur kritis, hal ini karena tingkat konsumsi *float* yang digunakan $\leq 85\%$ tidak lebih dari 100% (Damci, dkk., 2019). Proses perhitungan metode ini lama kira-kira 2-3 hari karena penjadwalan PDM dan pemerataan tenaga kerja dilakukan secara manual.

3.2 Deskripsi Histogram Jumlah Tenaga Kerja Mingguan RL Metode Burgess

Hasil perhitungan *trial and error* RL metode burges berupa histogram jumlah tenaga kerja mingguan Gambar 3 yang dikonversi menjadi Tabel 3 untuk mempermudah interpretasi.



Gambar 3. Histogram jumlah tenaga kerja mingguan RL Metode Burgess

Keterangan :

Histogram biru = jumlah tenaga kerja sebelum di RL

Histogram merah = jumlah tenaga kerja sesudah di RL

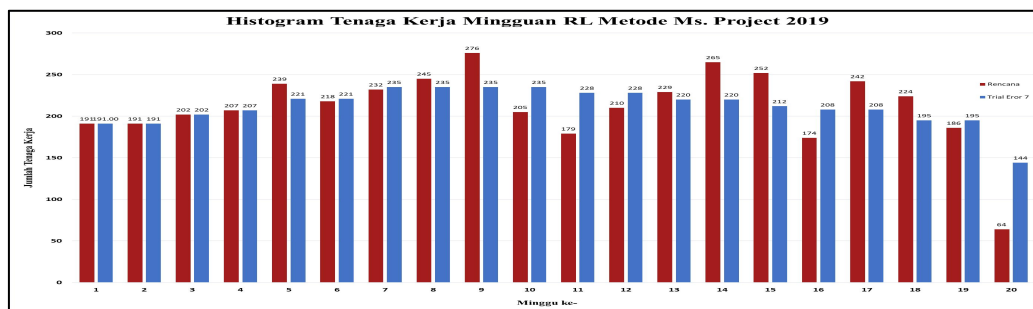
Tabel 3. Rekapitulasi Jumlah Tenaga Kerja RL Burgess

Minggu ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sebelum RL	191	191	202	207	239	218	232	245	276	205	179	210	229	265	252	174	242	224	186	64
Sesudah RL	191	191	202	207	221	222	235	235	235	235	235	220	220	219	214	214	212	210	172	140

Berdasarkan Tabel 3 pada minggu ke 9 sebelum RL terjadi jumlah tenaga kerja tertinggi sebesar 276 orang. Setelah di RL jumlah tenaga kerja tertinggi berpindah di minggu ke 7-11 sebesar 235 orang, sehingga berkurang 41 orang. Jumlah tenaga kerja mulai berkurang di minggu ke 12 sampai minggu terakhir proyek dengan tenaga kerja terendah 140 orang. Proses perhitungan RL berakhir di *trial and error* ke 5, karena hasil histogram sudah cukup rata terbukti tenaga kerja tidak *overallocated*, jumlah tenaga kerja tertinggi memiliki nilai sama 235 orang, bentuk histogram sesuai *symmetric unimodal*, dan nilai kuadrat terkecil (Z) paling rendah yakni $951.69 < 966.09$ (Ciaputra, 2019), sehingga kriteria terpenuhi dan tenaga kerja yang digunakan proyek merata (*smooth*). Fleksibilitas jadwal proyek tetap terjaga dengan tidak bertambahnya pekerjaan kritis, hal ini karena tingkat konsumsi *float* yang digunakan $\leq 95\%$ tidak lebih dari 100% (Santi, 2020). Proses perhitungan metode ini lebih teliti, karena pengecekan nilai kuadrat terkecil di setiap *trial and error*. Proses perhitungan lama, kira-kira 2-3 hari karena penjadwalan PDM, *trial and error* pemerataan tenaga kerja, dan perhitungan kudrat terkecil dilakukan secara manual.

3.3 Deskripsi Histogram Jumlah Tenaga Kerja Mingguan RL Metode Ms. Project 2019

Hasil perhitungan *trial and error* RL Ms. Project 2019 berupa histogram jumlah tenaga kerja mingguan Gambar 4 yang dikonversi menjadi Tabel 4 untuk mempermudah interpretasi.



Gambar 4. Histogram jumlah tenaga kerja mingguan RL Metode Ms. Project 2019

Keterangan :

Histogram biru = jumlah tenaga kerja sebelum di RL

Histogram merah = jumlah tenaga kerja sesudah di RL

Tabel 4. Rekapitulasi Jumlah Tenaga Kerja RL Ms. Project 2019

Minggu ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sebelum RL	191	191	202	207	239	218	232	245	276	205	179	210	229	265	252	174	242	224	186	64
Sesudah RL	191	191	202	207	221	222	235	235	235	235	228	228	220	220	212	208	208	195	195	144

Berdasarkan Tabel 4 pada minggu ke 9 sebelum RL terjadi jumlah tenaga kerja tertinggi sebesar 276 orang. Setelah di RL jumlah tenaga kerja tertinggi berpindah di minggu ke 7-10 sebesar 235 orang, sehingga berkurang 41 orang. Jumlah tenaga kerja mulai berkurang di minggu ke 11 sampai minggu terakhir proyek dengan tenaga kerja terendah 144 orang. Proses perhitungan RL berakhir di *trial and error* ke 4, karena hasil histogram sudah cukup rata terbukti tenaga kerja tidak *overallocated*, jumlah tenaga kerja tertinggi memiliki nilai sama 235 orang, dan bentuk histogram sesuai *symmetric unimodal*, sehingga kriteria terpenuhi dan tenaga kerja yang digunakan proyek merata (*smooth*). Fleksibilitas jadwal proyek berkurang dengan bertambahnya pekerjaan yang berada di jalur kritis, hal ini karena tingkat konsumsi *float* yang digunakan $\leq 100\%$, sehingga pekerjaan zona 3 dan 4 lantai 1,2,3,4 masuk jalur kritis (Evan, dkk., 2014). Proses perhitungan metode ini praktis dengan durasi kira-kira 1 hari dan penjadwalan PDM secara otomatis dibantu dengan pemerataan tenaga kerja secara otomatis.

3.4 Tingkat Fluktuasi Paling Rendah Histogram Jumlah Tenaga Kerja dari RL Metode Manual Ms. Excel, Burgess, dan Ms. Project 2019

Tabel 5. Tingkat Fluktuasi Histogram Jumlah Tenaga Kerja

No.	Jenis Histogram RL	Standar Deviasi	Presentase Penurunan Fluktuasi
1	Jadwal Rencana	44,875	-
2	Manual Ms. Excel	28,964	35,42%
3	Burgess	23,843	46,89%,
4	Ms. Project 2019	21,951	51,08%

Berdasarkan Tabel 5 nilai standar deviasi histogram jadwal rencana 44,875, histogram RL metode manual Ms. Excel 28,964, burgess 23,843, dan Ms. Project 2019 21,951. Berdasarkan nilai standar deviasi, dapat diketahui presentase tingkat penurunan fluktuasi histogram RL manual Ms. Excel 35,42%, burgess 46,89%, dan Ms. Project

2019 51,08% Damci, dkk. (2019). Berdasarkan hasil tersebut, dinyatakan histogram jumlah tenaga kerja RL metode Ms. Project 2019 memiliki tingkat fluktuasi paling rendah dengan nilai standar deviasi yang paling rendah atau terjadi penurunan fluktuasi paling tinggi diantara dua metode RL lainnya.

3.5 Tingkat Perbedaan Uji Bersama Hasil Dari RL Metode Manual Ms. Excel, Burgess, Dan Ms. Project 2019

		Test of Normality		
		Kolmogorov-Smirnov ^a		
RL		Statistic	df	Sig.
Tenaga Kerja	Ms. Excel	.184	20	.073
	Burgess	.175	20	.109
	Ms. Project 2019	.150	20	.200 [*]

Gambar 5. Hasil Uji Normalitas

Berdasarkan Gambar 5 nilai signifikansi uji normalitas kolmogorov-smirnov jumlah tenaga kerja mingguan dari tiga metode RL, yaitu :

- (1) Manual Ms. Excel = $0,073 > 0,05$, berarti jumlah tenaga kerja mingguan berdistribusi normal (Wahidmurni, 2017).
- (2) Burgess = $0,109 > 0,05$, berarti jumlah tenaga kerja mingguan berdistribusi normal (Wahidmurni, 2017).
- (3) Ms. Project 2019 = $0,200 > 0,05$, berarti jumlah tenaga kerja mingguan berdistribusi normal (Wahidmurni, 2017)

		Test of Homogeneity of Variances			
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Tenaga Kerja	Based on Mean	.498	2	57	.610
	Based on Median	.421	2	57	.658
	Based on Median and with adjusted df	.421	2	53.441	.659
	Based on trimmed mean	.450	2	57	.640

Gambar 6. Hasil Uji Homogenitas

Berdasarkan Gambar 6 nilai signifikansi uji homogenitas hasil perhitungan tiga metode RL $0,610 > 0,05$, berarti jumlah tenaga kerja mingguan bersifat homogen (Muhid, 2019).

ANOVA					
Tenaga Kerja	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.433	2	9.217	.014	.986
Within Groups	36638.900	57	642.788		
Total	36657.333	59			

Gambar 7. Uji ANOVA *One Way*

Berdasarkan Gambar 7 nilai signifikansi uji ANOVA *one way* jumlah tenaga kerja mingguan hasil RL metode manual Ms. Excel, burgess, dan Ms. Project 2019 adalah $0,986 > 0,05$, berarti rata-rata jumlah tenaga kerja mingguan hasil tiga metode RL tidak berbeda signifikan (Muhid, 2019).

3.6 Tingkat Perbedaan Uji Berpasangan Hasil Dari RL Metode Manual Ms. Excel, Burgess, Dan Ms. Project 2019

Tabel 9 Uji Tukey

Multiple Comparisons						
Dependent Variable: Tenaga Kerja						
Tukey HSD						
(I) RL	(J) RL	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Ms. Excel	Burgess	-1.15000	8.01740	.989	-20.4432	18.1432
	Ms. Project 2019	-1.20000	8.01740	.988	-20.4932	18.0932
Burgess	Ms. Excel	1.15000	8.01740	.989	-18.1432	20.4432
	Ms. Project 2019	-.05000	8.01740	1.000	-19.3432	19.2432
Ms. Project 2019	Ms. Excel	1.20000	8.01740	.988	-18.0932	20.4932
	Burgess	.05000	8.01740	1.000	-19.2432	19.3432

Gambar 8. Uji Tukey

Berdasarkan Gambar 8 nilai signifikansi hasil uji tukey yaitu :

- (1) Perbandingan Antara RL Metode Manual Ms. Excel dan Ms. Project 2019
Nilai signifikansi antara RL metode manual Ms. Excel dan Ms. Project 2019 adalah $0,988 > 0,05$, berarti rata-rata jumlah tenaga kerja kedua metode tidak berbeda signifikan (Gunadi, 2013).
- (2) Perbandingan Antara RL Metode Burgess dan Manual Ms. Excel
Nilai signifikansi antara RL metode burgess dan manual Ms. Excel adalah $0,989 > 0,05$, berarti rata-rata jumlah tenaga kerja kedua metode tidak berbeda signifikan (Gunadi, 2013).
- (3) Perbandingan Antara RL Metode Ms. Project 2019 dan Burgess
Nilai signifikansi antara RL metode Ms. Project 2019 dan burgess adalah $1,000 > 0,05$, berarti rata-rata jumlah tenaga kerja kedua metode tidak berbeda signifikan (Gunadi, 2013).

4. PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Histogram Jumlah Tenaga Kerja Mingguan Metode Manual Ms. Excel

Berdasarkan **Tabel 2** pada minggu ke 9 sebelum RL terjadi jumlah tenaga kerja tertinggi sebesar 276 orang. Setelah di RL jumlah tenaga kerja tertinggi berpindah di minggu ke 7-14 sebesar 235 orang, sehingga berkurang 41 orang. Hasil ini sesuai dengan penelitian Tienda, dkk. (2013) terutama pada aspek pengurangan jumlah tenaga kerja tertinggi, setelah di RL 4 kali trial and eror jumlah tenaga kerja tertinggi berkurang dari 105 orang menjadi 90 orang. Fluktuasi berkurang 35,42% dan tidak terjadi penambahan durasi proyek, karena pada penelitian ini dibatasi menggunakan fix duration proyek berdasarkan jadwal rencana. Hasil ini berbeda dengan penelitian Febryanti, dkk. (2012) pada aspek penambahan durasi proyek, terjadi keterlambatan 236 hari karena pada proyek objek penelitian terjadi keterlambatan di tahap finishing yang disebabkan tidak terpenuhinya jumlah kebutuhan tenaga kerja dilapangan dan fluktuasi berkurang 38,7%.

Fleksibilitas jadwal hasil RL manual Ms. Excel tetap terjaga dengan tidak bertambahnya jalur kritis karena tingkat konsumsi *float* yang digunakan $\leq 85\%$. Hasil ini sesuai dengan penelitian Damci, dkk. (2019) pada aspek penambahan jalur kritis, pekerjaan jalur kritis tidak bertambah sehingga hasil histogram tenaga kerja lebih rata dan tetap mempertahankan fleksibilitas jadwal dengan tingkat konsumsi float yang digunakan tidak lebih dari 100%.

4.2 Deskripsi Histogram Jumlah Tenaga Kerja Mingguan Metode Burgess

Berdasarkan **Tabel 3** pada minggu ke 9 sebelum RL terjadi jumlah tenaga kerja tertinggi sebesar 276 orang. Setelah di RL jumlah tenaga kerja tertinggi berpindah di minggu ke 7-11 sebesar 235 orang, sehingga berkurang 41 orang. Hasil ini sesuai dengan penelitian Adianto & Putro (2012) pada aspek pengurangan jumlah tenaga kerja tertinggi, setelah di RL 3 kali trial and eror jumlah tenaga kerja tertinggi berkurang dari 215 orang menjadi 203 orang. Nilai Z (kuadrat terkecil) histogram berkurang dari 966,09 setelah di RL menjadi 951,69 dan tidak terjadi overallocated tenaga kerja, karena overallocated dijadikan parameter kriteria perhitungan RL. Hasil ini berbeda dengan penelitian Ciaputra (2019) terutama pada aspek overallocated tenaga kerja, nilai Z histogram berkurang dari 1062 setelah di RL menjadi 1030 menunjukkan bahwa histogram menjadi lebih rata, tetapi terjadi overallocated tenaga kerja karena overallocated tersebut tidak dijadikan parameter dalam perhitungan RL yang dilakukan.

Fleksibilitas jadwal hasil RL burgess tetap terjaga dengan tidak bertambahnya jalur kritis karena ditetapkan tingkat konsumsi float yang digunakan $\leq 95\%$. Hasil ini kurang sesuai dengan penelitian Santi (2020) terutama pada aspek fleksibilitas jadwal. Fleksibilitas jadwal hasil RL metode burgess berkurang dengan terjadi penambahan jalur kritis dari 13 pekerjaan menjadi 17 pekerjaan, hal ini disebabkan karena tidak ditetapkannya tingkat konsumsi float yang digunakan saat proses perhitungan RL.

4.3 Deskripsi Histogram Jumlah Tenaga Kerja Mingguan Metode Ms. Project 2019

Berdasarkan **Tabel 4** pada minggu ke 9 sebelum RL terjadi jumlah tenaga kerja tertinggi sebesar 276 orang. Setelah di RL jumlah tenaga kerja tertinggi berpindah di minggu ke 7-10 sebesar 235 orang, sehingga berkurang 41 orang. Hasil ini sesuai dengan penelitian Tengker, dkk. (2019) pada aspek pengurangan jumlah tenaga kerja tertinggi, setelah di RL 3 kali trial and eror jumlah tenaga kerja tertinggi berkurang dari

118 orang menjadi 100 orang. Fluktuasi berkurang 51,08% tetapi fleksibilitas jadwal berkurang dengan bertambahnya jalur kritis karena tingkat konsumsi float yang digunakan oleh RL Ms. Project 2019 secara otomatis $\leq 100\%$. Hasil ini sesuai dengan penelitian Evan, dkk. (2014) pada aspek pengurangan fluktuasi dan fleksibilitas jadwal, RL Ms. Project 2010 dapat mengurangi fluktuasi 40,5% tetapi semua pekerjaan masuk jalur nonkritis sehingga fleksibilitas jadwal berkurang karena tools RL pada Ms. Project secara otomatis menggunakan tingkat konsumsi float 100%.

Hasil analisa RL metode Ms. Project 2019 pada penelitian ini software lebih fokus pada penyelesaian *overallocated* tenaga kerja dari pada penyelesaian fluktuasi dengan fix duration proyek. Hasil ini sesuai dengan penelitian Nangka, dkk. (2018) pada aspek fokus penyelesaian masalah, dilakukan perhitungan RL Ms. Project 2016 pada *trial and error* 1 dan 2 dengan RL otomatis sehingga tenaga kerja tidak *overallocated* tetapi terjadi penambahan durasi proyek 8 minggu. Sehingga pada *trial and error* 3 dibantu dengan *rescheduling* untuk menyelesaikan sisa fluktuasi dan mengembalikan durasi proyek semula.

4.4 Tingkat Fluktuasi Paling Rendah Histogram Jumlah Tenaga Kerja dari RL Metode Manual Ms. Excel, Burgess, dan Ms. Project 2019

Berdasarkan Tabel 5 RL metode Ms. Project 2019 memiliki nilai standar deviasi 21,951, artinya histogram jumlah tenaga kerja metode ini memiliki tingkat fluktuasi paling rendah dari dua metode lainnya. Hal ini karena fluktuasi berkurang 51,08% dan dalam perhitungan RL Ms. Project 2019 otomatis tingkat konsumsi *float* yang digunakan $\leq 100\%$, sehingga persebaran jumlah tenaga kerja terutama di minggu akhir penjadwalan lebih merata dan tidak turun terlalu jauh. Hasil ini sesuai dengan penelitian Evan, dkk. (2014) pada aspek tingkat konsumsi *float*, apabila terdapat dua pekerjaan yang bertumpuk di satu hari maka di RL Ms. Project 2010 secara otomatis pekerjaan di urutan kedua akan mundur 100% atau keseluruhan *float* yang tersedia digunakan.

Tingkat konsumsi *float* yang dihasilkan pada RL metode manual Ms. Excel $\leq 85\%$ dan metode burgess $\leq 95\%$ untuk menjaga fleksibilitas jadwal, sehingga di minggu akhir penjadwalan terjadi penurunan tenaga kerja lebih jauh dari metode Ms. Project 2019. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Damci, dkk. (2019) pada aspek tingkat konsumsi float, dengan tingkat konsumsi *float* tidak lebih dari 100% fluktuasi dapat berkurang 49% dengan fleksibilitas jadwal terjaga. Berdasarkan tingkat fluktuasi histogram tenaga kerja yang dihasilkan dan proses perhitungan tiga metode RL yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa RL metode Ms. Project 2019 paling sesuai digunakan untuk penyelesaian masalah *overallocated* dan fluktuasi proyek objek penelitian.

4.5 Tingkat Perbedaan Uji Bersama Hasil Dari RL Metode Manual Ms. Excel, Burgess, Dan Ms. Project 2019

Berdasarkan Gambar 7 hasil uji ANOVA *one way* diperoleh nilai signifikansi $0,986 > 0,05$ (Muhid, 2019), berarti rata-rata jumlah tenaga kerja mingguan hasil perhitungan RL metode manual Ms. Excel, burgess, dan Ms. Project 2019 tidak berbeda signifikan. Jumlah tenaga kerja hasil perhitungan tiga metode RL tersebut tidak berbeda signifikan karena parameter kriteria yang digunakan sebagai patokan dalam perhitungan RL ketiga metode tersebut sama, sehingga dihasilkan histogram jumlah tenaga kerja dengan karakteristik yang hampir sama juga.

Hasil tersebut sama dengan tiga penelitian dibawah ini terutama pada aspek parameter perhitungan RL, yaitu : 1) penelitian Eirgash, dkk. (2020) RL metode Ms. Excel menghasilkan histogram tenaga kerja dengan fluktuasi berkurang 14,86% dengan parameter yang gunakan *overallocated*, fluktuasi histogram, dan *fix duration* proyek, 2) penelitian Yudha, dkk. (2012) RL metode burgess menghasilkan histogram dengan fluktuasi berkurang 17.83% dengan parameter yang gunakan nilai kuadrat terkecil, *overallocated*, fluktuasi histogram, dan *fix duration* proyek, 3) penelitian Nangka, dkk. (2018) RL metode Ms. Project 2016 menghasilkan histogram tenaga kerja dengan fluktuasi berkurang 21,17% dengan parameter yang gunakan *overallocated* tenaga kerja dan *fix duration* proyek.

4.6 Tingkat Perbedaan Uji Berpasangan Hasil Dari RL Metode Manual Ms. Excel, Burgess, Dan Ms. Project 2019

Berdasarkan Tabel 4.8 hasil uji tukey yakni :

1) Perbandingan Antara RL Metode Manual Ms. Excel dan Ms. Project 2019

Nilai signifikansi antara RL metode manual Ms. Excel dan Ms. Project 2019 adalah $0,988 > 0,05$ (Sugiyono, 2017), berarti rata-rata jumlah tenaga kerja kedua metode tidak berbeda signifikan. Hasil tersebut tidak berbeda signifikan karena bentuk histogram yang dihasilkan memiliki karakteristik yang hampir sama, dengan jumlah tenaga kerja tertinggi 235 orang, dan tidak *overallocated*. Hal ini disebabkan oleh parameter kriteria perhitungan RL yang digunakan sama pada kedua metode RL. Hasil ini sesuai dengan penelitian Febryanti, dkk. (2012) pada aspek kesamaan parameter perhitungan. Histogram jumlah tenaga kerja hasil RL metode manual Ms. Excel dan Ms. Project 2007 hampir sama dengan fluktuasi berkurang 38,7% tetapi terjadi keterlambatan 236 hari karena parameter kriteria perhitungan yang digunakan sama yaitu tidak ada *overallocated* tenaga kerja dan durasi keterlambatan paling minimum.

2) Perbandingan Antara RL Metode Burgess dan Manual Ms. Excel

Nilai signifikansi antara RL metode burgess dan manual Ms. Excel adalah $0,989 > 0,05$ (Sugiyono, 2017), berarti rata-rata jumlah tenaga kerja kedua metode tidak berbeda signifikan. Hasil tersebut tidak berbeda signifikan karena bentuk histogram yang dihasilkan memiliki karakteristik yang hampir sama, dengan jumlah tenaga kerja tertinggi 235 orang, dan tidak *overallocated*. Hal ini disebabkan oleh parameter kriteria perhitungan RL yang digunakan sama pada kedua metode RL. Hasil ini sesuai dengan penelitian Adianto & Putro (2012) pada aspek kesamaan parameter perhitungan. RL metode burgess menghasilkan histogram tenaga dengan fluktuasi berkurang 18,35% dengan parameter yang digunakan nilai kuadrat terkecil, *overallocated*, dan fluktuasi histogram. Eirgash, dkk. (2020) RL metode Ms. Excel menghasilkan histogram tenaga dengan fluktuasi berkurang 14,86% dengan parameter yang gunakan adalah *overallocated* dan fluktuasi histogram.

3) Perbandingan Antara RL Metode Ms. Project 2019 dan Burgess

Nilai signifikansi antara RL metode Ms. Project 2019 dan burgess adalah $1,00 > 0,05$ (Sugiyono, 2017), berarti rata-rata jumlah tenaga kerja kedua metode tidak berbeda signifikan. Hasil tersebut tidak berbeda signifikan karena bentuk histogram yang dihasilkan memiliki karakteristik yang hampir sama, dengan jumlah tenaga kerja tertinggi 235 orang, dan tidak *overallocated*. Hal ini disebabkan oleh parameter kriteria perhitungan RL yang digunakan sama pada kedua metode RL. Hasil ini kurang sesuai dengan penelitian Ciaputra (2019) terutama pada aspek kesamaan parameter perhitungan. RL metode burgess menghasilkan histogram tenaga kerja yang lebih baik

tingkat penurunan fluktuasinya dari pada Ms. Project 2016, karena pada Ms. Project lebih fokus terhadap penyelesaian masalah *overallocated* dari pada penurunan fluktuasi. Tetapi pada histogram RL metode burgess terjadi *overallocated* sedangkan pada histogram RL metode Ms. Project tidak, karena parameter kriteria jumlah tenaga kerja tertinggi yang digunakan pada kedua metode tidak disamakan. Dari hasil diatas disimpulkan bahwa RL tiga metode dapat menghasilkan histogram jumlah tenaga kerja mingguan yang tidak berbeda atau berbeda signifikan, tergantung pada kesamaan parameter kriteria perhitungan RL yang digunakan.

[ditulis dengan Times New Roman, 12pt, Justify, Regular, 1 spasi]

NB: pembahasan harus merujuk perpoint berdasarkan rumusan masalah di dalam penelitian

5 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Deskripsi histogram jumlah tenaga kerja mingguan RL metode manual Ms. Excel yakni tenaga kerja tertinggi terjadi di minggu ke 7-14 sejumlah 235 orang, terendah di minggu ke 20 sejumlah 120 orang dan fluktuasi berkurang 35,42% dengan tetap mempertahankan fleksibilitas jadwal.
- 2) Deskripsi histogram jumlah tenaga kerja mingguan RL metode burgess yakni tenaga kerja tertinggi terjadi di minggu ke 7-11 sejumlah 235 orang, terendah di minggu ke 20 sejumlah 140 orang dan fluktuasi berkurang 46,89% dengan tetap mempertahankan fleksibilitas jadwal.
- 3) Deskripsi histogram jumlah tenaga kerja mingguan RL metode Ms. Project 2019 yakni tenaga kerja tertinggi terjadi di minggu ke 7-10 sejumlah 235 orang, terendah di minggu ke 20 sejumlah 144 orang dan fluktuasi berkurang 51,08% dan fleksibilitas jadwal berkurang.
- 4) Tingkat fluktuasi paling rendah adalah histogram jumlah tenaga kerja RL metode Ms. Project 2019 dengan nilai standar deviasi 21,951 dan metode ini sesuai dengan proyek objek penelitian.
- 5) Tingkat perbedaan uji perbandingan bersama hasil dari RL metode manual Ms. Excel, Burgess, dan Ms. Project 2019 adalah rata-rata jumlah tenaga kerja mingguan hasil tiga metode RL tidak berbeda signifikan.
- 6) Tingkat perbedaan uji perbandingan pasangan hasil dari RL metode manual Ms. Excel, Burgess, dan Ms. Project 2019 yaitu :
 - (1) Rata-rata jumlah tenaga kerja mingguan antara RL metode manual Ms. Excel dan Ms. Project 2019 tidak berbeda signifikan.
 - (2) Rata-rata jumlah tenaga kerja mingguan antara RL metode burgess dan manual Ms. Excel tidak berbeda signifikan.
 - (3) Rata-rata jumlah tenaga kerja mingguan antara RL metode Ms. Project 2019 dan burgess tidak berbeda signifikan.

6 DAFTAR RUJUKAN

- Adianto, Y. L. (2012). Analisis *Resources Leveling* Tenaga Kerja. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 103-203.
- Ardentius, H. M. (2013). Analisis Perataan Sumber Daya Menggunakan Metode Burgess Dengan Alat Bantu Software Primavera Project Planner Pada Pembangunan Proyek Gedung Pt Bank Muamalat Cabang Malang. *Jurnal Sipil Statik*, 6(1), 1-8.

- Areros, C. F. (2014). Perataan Tenaga Kerja Pada Proyek Dengan Menggunakan Program Microsoft Project 2010 (Studi Kasus Star Square Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 2(3), 131-138.
- Ciaputra, E. (2019). Perbandingan Resources Leveling Pada Proyek Konstruksi Dengan Metode Burgess Dan Metode Konvensional (Studi Kasus Pada Proyek Rumah Tinggal Dago). *Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan*, 1-62.
- Damci, A., & Polat, G. A. (2019). Resource Levelling with Float Consumption Rate. *Proceedings of the Creative Construction Conference*, 597-602.
- Eirgash, M. A. (2020). Resource Allocation and Leveling in Construction Management Projects with Resource Histogram. *American Journal of Engineering and Technology Management*, 5(6), 91-95.
- Evan, R. d. (2014). Perbandingan Resource Leveling Dengan Menggunakan Aplikasi Program Microsoft Project 2010 dan Primavera. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 1-9.
- Febryanti, A. P. (2012). Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Yang Mengalami Keterbatasan Sumber Daya Menggunakan Metode Perataan Penuh (Full Levelling) Dengan Microsoft Excel Dan Overallocated (Levelling) Sumber Daya Dengan Microsoft Project. *Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, 1-10.
- Gunadi, M. 2013. Pengaruh Penggunaan Multimedia *Flipbook* terhadap Minat Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Teknologi Informasi dan Komunikasi di SMP Negeri 1 Bandung. *Jurnal Universitas Pendidikan Indonesia*, 1-15.
- Muhid, A. 2019. *Analisis Statistik: 5 Langkah Praktis Analisis Statistik dengan SPSS for Windows*. Sidoarjo: Zifatama Jawara.
- Nangka, C. I. (2018). Perataan Tenaga Kerja pada Proyek Bangunan Dengan Menggunakan Microsoft Project (Studi Kasus: Proyek Pembangunan AKAP Terminal Tangkoko Bitung). *Jurnal Sipil Statik*, 6(11), 867-874.
- Octavia, D. M. (2020). Analisis Resource Leveling Menggunakan Network Planning Pada Pembangunan Rusunawa Institut Teknologi Padang. *Progress in Civil Engineering Journal*, 2(1), 20-30.
- Retno, D. P. (2018). Analisa Penggunaan 'Sumber Daya Manusia Dengan Metode *Resource Leveling* Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Ruang Kelas Baru Ponpes Daarun Nahdah Thawalib Bangkinang). *Jurnal Saintis*, 18(1), 39-47.
- Santi, F. L. (2020). Analisis Penerapan Resources Leveling Tenaga Kerja Dengan Menggunakan Metode Burgess Pada Proyek Apartemen Aspensa Resi-dence. *Teknik Sipil Institut Teknologi Surabaya*, 1-32.
- Tengker, A. L. (2019). Perataan Tenaga Kerja Dengan Menggunakan Microsoft Project Pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga. *Jurnal Sipil Statik*, 7(10), 1261-1268.
- Tienda, J. L., & Pellicer, E. M. (2013). *The Resource Leveling Problem with multiple resources using an adaptive genetic algorithm*. *Automation in Construction*, 29, 161-172.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: ALFABETA.
- Waluyo, R. d. (2017). Pengaruh Resource Leveling Terhadap Alokasi Tenaga Kerja Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 21(2), 118-128.
- Yudha P.A., G. A. (2012). Analisis Multiple Resource pada Proyek Konstruksi dengan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(2), 188-198.
- Zendrato, V. Y. (2019). Penerapan Resource Leveling Untuk Optimalisasi Perataan Alokasi Tenaga Kerja (Studi Kasus: Proyek Pekerjaan Pembangunan Dinding Penahan Tanah Dan Dermaga Ikd 3 Serta Perbaikan Tanah Ikd Pelabuhan Belawan). *Universitas Sumatera Utara*, 1-53.