

PENGGUNAAN METODE *PROJECT EVALUATION REVIEW TECHNIQUE* (PERT) DALAM EVALUASI PERENCANAAN PENJADWALAN PROYEK

Mahdika Putra Nanda^{1*}, Mega Kurniawati², Sigit Riswanto³

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Wiralodra, 45213, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Palangka Raya, 74874, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas YAPIS Papua, 99113, Indonesia

*Corresponding authors: mahdikaputra@gmail.com

Abstract: Project scheduling in construction is an essential activity in project management that requires careful planning to ensure that the project is completed on time and within the available budget. The main objective of this research is to determine how long the River Water Tourism Development project will take optimally and to measure the level of uncertainty or risk in project scheduling. One of the methods used is PERT, which aims to evaluate the scheduling planning of the Water Tourism Project. The research results show that the optimum duration value for the project schedule is 146 days with a total standard deviation value of all work of 17.671 or rounded to 18 days. The optimistic project time is 128 days, and the pessimistic project time is 164 days, with a probability level of 99.92%. Based on the calculation of the project schedule with network planning, the critical path consists of preparation work, pile work, floating stage foundation work, bridge framework, hydraulic machine installation work, and electric control. Using the PERT method in project scheduling planning requires special skills and sufficient experience to ensure effective and efficient calculations.

Keywords: project completion time, project scheduling, PERT method, critical activities, the probability value

Abstrak: Penjadwalan proyek konstruksi merupakan bagian penting dari manajemen proyek yang membutuhkan perencanaan yang cermat untuk menyelesaikan proyek tepat waktu dan sesuai dengan anggaran yang telah ditentukan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menentukan berapa lama proyek Pembangunan Wisata Air Sungai akan berlangsung secara optimal serta untuk mengukur tingkat ketidakpastian atau risiko dalam penjadwalan proyek. Salah satu metode yang digunakan adalah PERT, yang telah dievaluasi dalam perencanaan penjadwalan Proyek Wisata Air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi optimum penjadwalan proyek adalah 146 hari dengan nilai standar deviasi seluruh pekerjaan adalah 17,671 atau setara dengan 18 hari. Waktu optimis proyek adalah 128 hari dan waktu pesimis proyek adalah 164 hari dengan tingkat probabilitas 99,92%. Dari perhitungan jadwal waktu proyek dengan network planning, didapatkan kegiatan yang masuk jalur kritis, antara lain pekerjaan persiapan, tiang pancang, pondasi panggung terapung, frame jembatan, pemasangan mesin hidrolis dan Electric control. Namun, penggunaan metode PERT dalam perencanaan penjadwalan proyek konstruksi memerlukan keterampilan khusus dan pengalaman yang cukup untuk perhitungan yang efektif dan efisien.

Kata kunci: penyelesaian waktu proyek, penjadwalan proyek, penjadwalan metode PERT, kegiatan kritis, nilai probabilitas

PENDAHULUAN

Proses konstruksi merupakan tahapan penting dalam membangun suatu bangunan, dimana proses tersebut dilakukan untuk mengimplementasikan hasil perencanaan yang telah disusun dengan baik. Pekerjaan konstruksi membutuhkan berbagai jenis tenaga ahli, bahan, dan peralatan yang harus disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditentukan agar dapat menghasilkan bangunan yang berkualitas dan

sesuai dengan kebutuhan pengguna (Helen et al., 2015). Untuk memulai proses konstruksi, diperlukan analisis mendalam dari hasil perencanaan agar dapat disesuaikan dengan situasi dan kondisi lapangan (Vu et al., 2020). Selanjutnya, proses konstruksi dimulai dengan melakukan persiapan lahan, pemilihan bahan dan peralatan yang diperlukan, serta mengatur waktu pelaksanaan yang tepat. Selama proses konstruksi, diperlukan koordinasi yang baik antara para

pekerja dan pengawas proyek agar dapat menghasilkan bangunan yang berkualitas dan tepat waktu (Yamin & Sim, 2016). Pada proses konstruksi, mutu yang baik sangat penting untuk diperhatikan. Kualitas bangunan yang dibangun harus dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh pihak terkait, serta harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Oleh karena itu (Bepari et al., 2022), mengungkapkan perlu dilakukan pengawasan dan pengendalian yang ketat agar kualitas bangunan dapat terjamin. Selain itu, dalam proses konstruksi, penting untuk memperhatikan aspek biaya yang telah direncanakan sebelumnya. Dalam hal ini, perlu dilakukan pengendalian biaya secara cermat agar tidak terjadi kelebihan anggaran yang dapat mengganggu kelancaran proses konstruksi sejalan dengan itu (Nanda et al., 2023) mengungkapkan pemangku kepentingan perlu memastikan bahwa pekerja yang berkualitas serta berpengalaman untuk melaksanakan proyek.

Pekerjaan konstruksi merupakan proses pekerjaan untuk mengimplementasi hasil perencanaan suatu bangunan agar dapat direalisasikan dengan baik, benar, mutu yang baik, sesuai spesifikasi yang telah ditentukan, tepat waktu dan sesuai dengan biaya yang telah direncanakan. Dengan demikian, salah satu faktor yang menentukan keberhasilan pelaksanaan konstruksi adalah jadwal waktu pelaksanaan konstruksi (Kehindeet, 2017). Ketepatan dan kesesuaian waktu pelaksanaan menjadi sangat penting karena hal ini akan berdampak pada beberapa aspek, diantaranya adalah biaya yang membesar akibat keterlambatan, mutu yang tidak baik akibat pekerjaan yang tergesa-gesa, tidak memenuhi kriteria perencanaan dan spesifikasi teknis, dan sering terjadi pekerjaan bongkar dan pasang kembali (Kerzner, 2013). Metode yang sering digunakan untuk membuat jadwal pelaksanaan pekerjaan adalah Gann Chart atau diagram batang yang dapat menggambarkan urutan kerja maupun jalur kritis kerja atau Critical Path.

Penentuan durasi waktu ini sering menggunakan cara penentuan urutan kerja kritis atau sering disebut *Critical Path Method* (CPM) (Fleming & Koppelman, 2007), metode ini menganggap bahwa durasi waktu setiap item pekerjaan telah diketahui sesuai dengan prediksi awal dan target selesainya seluruh pekerjaan agar bangunan yang dibuat dapat digunakan (Ridho, 2013). Namun durasi waktu tersebut

sering tidak sesuai dengan perencanaan awal akibat adanya kendala (Rantesalu, 2019). masing-masing item pekerjaan atau kegiatan yang terkadang tidak sesuai dengan target pelaksanaan. Hal ini disebabkan oleh keterlambatan penyediaan barang, peralatan atau tersendatnya keuangan proyek.

Hal ini sangat berpengaruh pada ketepatan perencanaan waktu yang telah dibuat pada saat awal proyek. Penentuan durasi pekerjaan tersebut ada beberapa cara, yaitu metode *Program Evaluation Review Technique* (PERT) (Engelhardt, 2019) dan metode prediksi waktu atau *Work Breakdown Structure* (WBS) (Zecheru & Olaru, 2016) pada setiap item pekerjaan, metode ini dapat membantu manajer proyek dalam mengidentifikasi pekerjaan proyek dengan mencari jalur kritis mulai dari awal sampai akhir serta menghitung jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh proyek (Caesaron & Thio, 2015). Kedua metode tersebut memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi, karena keduanya tergantung pada kondisi, lokasi, cuaca atau iklim, kondisi keuangan perusahaan yang mengerjakan proyek, dan lain-lain (Ballesteros-Pérez, 2017).

Ketidakpastian penentuan durasi waktu proyek dengan menggunakan metode *Evaluation Review Technique* (PERT) dicerminkan dengan tiga nilai estimasi yaitu durasi optimis atau *optimis time, most likely time* atau nilai waktu yang paling realistis, dan durasi pesimis (Wu et al., 2021). Pada penelitian ini, durasi waktu dihitung berdasarkan rata-rata antara waktu optimis, *most likely*, dan pesimis. Hal ini dilakukan untuk mengamati lintasan kritis dalam penjadwalan proyek konstruksi dan mengetahui durasi pasti dari setiap kegiatan. Memahami lintasan kritis dan durasi pasti sangat penting dalam manajemen proyek konstruksi karena membantu mengidentifikasi kegiatan yang paling kritis dan mengalokasikan sumber daya dengan lebih efektif. Selain itu, dengan mengetahui durasi pasti dari setiap kegiatan, manajer proyek dapat memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara lebih akurat dan mengantisipasi risiko yang mungkin terjadi selama pelaksanaan proyek. Dengan demikian, penggunaan rata-rata antara waktu optimis, *most likely*, dan pesimis dalam menghitung durasi waktu menjadi kunci dalam memastikan keberhasilan proyek konstruksi. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk menentukan seberapa lama proyek Pembangunan Wisata Air Sungai akan berlangsung

secara optimal serta untuk mengukur tingkat risiko atau ketidakpastian dalam penjadwalan proyek, berdasarkan hal ini (Rahayu et al., 2018) mengungkapkan pihak manajemen harus menyediakan *buffer time proyek* agar keberhasilan proyek bisa selesai dengan tepat waktu minimal sebesar 95%. sejalan dengan hal ini (Misrali, 2015) mengatakan penggunaan Metode PERT akan membuat pelaksanaan kegiatan proyek lebih efektif dan efisien serta dapat mencapai hasil yang optimal. Penelitian ini fokus pada evaluasi lebih lanjut terhadap metode PERT, mempertimbangkan tingkat ketidakpastian dalam penjadwalan proyek, serta memberikan rekomendasi untuk perbaikan dalam perencanaan penjadwalan proyek konstruksi agar dapat diselesaikan tepat waktu dan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yaitu investigasi sistematis tentang fenomena dengan data yang dapat diukur (Ramadhan, 2021), yang artinya suatu penelitian yang dilakukan terhadap pengukuran variabel yang digunakan meliputi durasi penyelesaian proyek, network planning dan diagram network serta jalur/lintasan kritis dan juga tingkat probabilitasnya. PERT adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini dimana meliputi berbagai tahapan, seperti perhitungan durasi optimis dan durasi pesimis, produktivitas tenaga kerja dan durasi tiap pekerjaan, menghitung standar deviasi, waktu ekspektasi hingga menentukan tingkat probabilitas.

Pengolahan metode PERT

Penentuan *to*, *tp*, dan *tm* merupakan langkah awal dalam teknik analisis risiko proyek (PERT), karena ketiga asumsi waktu tersebut menentukan waktu perkiraan terbaik (*te*). PERT mengasumsikan ketiga durasi tersebut sebagai fungsi atau generalisasi dari distribusi beta dengan variabel durasi aktivitas, sehingga durasi PERT dapat dianggap sebagai data statistik yang tidak keluar dari rentang distribusi. Fungsi distribusi beta kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan waktu perkiraan terbaik (*te*), standar deviasi (*se*), dan varian (*ve*). Dalam analisis risiko proyek, menentukan waktu perkiraan terbaik yang akurat sangat penting karena akan mempengaruhi estimasi biaya, waktu, dan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan

proyek secara efektif. Dengan menggunakan PERT, manajer proyek dapat membuat perkiraan yang lebih realistis dan mengidentifikasi risiko-risiko yang mungkin muncul selama pelaksanaan proyek, sehingga dapat mengambil tindakan yang tepat untuk mengurangi dampak risiko tersebut (Iriyanto et al., 2017; Tubaka, 2017)

$$te = \frac{to+4m+tp}{6} \dots\dots\dots (1)$$

$$se = \sqrt{\frac{(tp-to)^2}{6}} \dots\dots\dots (2)$$

$$ve = \left(\frac{tp-to}{6}\right)^2 \dots\dots\dots (3)$$

keterangan:

- te* = *expected time*
- to* = *optimis time*
- tp* = *pesimis time*
- se* = standar deviasi
- m* = *most likely*
- ve* = variansi

Nilai *to* dan *tp* berdasarkan teori PERT terletak disekitar waktu rata-rata. Probabilitas *to* dan *tp* dalam hal ini diasumsikan antara 90% sampai 95% dengan persamaan:

$$to = tr-z.se \dots\dots\dots (4)$$

$$tp = tr+z.se \dots\dots\dots (5)$$

Nilai *se* dan *sv* menggambarkan variabilitas *te* yang diperoleh. Nilai *se* dan *ve* yang kecil menandakan suatu variabilitas yang kecil sehingga tingkat keyakinan telebih tinggi dari *se* dan *sd* yang lebih besar. Nilai probabilitas yang digunakan sebagai acuan adalah probabilitas dengan nilai *se* dan *se* yang terkecil karena dapat dianggap sebagai suatu probabilitas dengan tingkat keyakinan yang cukup tinggi. persamaan probabilitas normal yaitu:

$$Z = \frac{tr-te}{se} \dots\dots\dots (6)$$

keterangan:

- tr* = target durasi
- te* = *project expected time completion*
- z* = nilai pada tabel distribusi normal
- se* = standar deviasi lintasan kritis

Persamaan yang digunakan untuk menentukan durasi (*te*) dalam metode PERT adalah persamaan (1), di mana nilai *tp*, *to*, dan *te* telah diperoleh. Setelah nilai-nilai tersebut didapatkan, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai *tm* dengan menggunakan persamaan yang

sama. Penentuan *to*, *tp*, dan *tm* merupakan langkah awal dalam penerapan metode PERT. Langkah ini sangat penting karena ketiga nilai tersebut menentukan nilai *te* dan mempengaruhi seluruh jadwal proyek. Dengan mengetahui nilai-nilai tersebut, manajer proyek dapat merencanakan dan mengendalikan proyek secara lebih efektif, mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang kritis, dan mengalokasikan sumber daya dengan lebih tepat.

Network planning

Network Planning adalah metode perencanaan proyek yang menggunakan diagram jaringan untuk menggambarkan ketergantungan antara aktivitas dalam proyek. Dengan menggunakan diagram ini, dapat diidentifikasi aktivitas yang harus dilakukan terlebih dahulu, aktivitas yang mungkin membutuhkan tambahan biaya, aktivitas yang tergantung pada penyelesaian aktivitas lainnya, dan aktivitas yang bisa ditunda untuk memaksimalkan efisiensi alat dan tenaga kerja. Hal ini memungkinkan manajer proyek untuk membuat rencana yang lebih terperinci, memperkirakan waktu penyelesaian proyek yang lebih akurat, dan memperkirakan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktivitas. Dalam *network planning*, diagram jaringan digunakan untuk mengidentifikasi jalur kritis dalam proyek, yang mana aktivitas di jalur ini memiliki pengaruh paling besar terhadap waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan (Liyana, 2020).

Diagram network

Network diagram atau diagram jaringan adalah representasi visual dari hasil *network planning* yang menampilkan jaringan kerja proyek dengan lintasan kegiatan dan urutan peristiwa. Diagram ini memuat simbol kegiatan dan peristiwa serta mungkin memerlukan simbol hubungan antar peristiwa yang disebut sebagai *dummy* yang dapat berupa anak panah dan lingkaran. Dalam *network diagram*, kegiatan direpresentasikan dengan kotak atau persegi panjang, sedangkan peristiwa ditandai dengan simbol lingkaran. Kegiatan dan peristiwa dihubungkan oleh anak panah yang menunjukkan urutan dan arah pekerjaan. *Network diagram* sangat berguna untuk mengetahui urutan kegiatan yang harus dilakukan terlebih dahulu, menentukan kegiatan mana yang dapat dikerjakan bersamaan, serta memperkirakan durasi waktu proyek secara keseluruhan (Tjakra & Pratisis, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan hubungan ketergantungan antar pekerjaan

Pada pekerjaan proyek pembangunan wisata air sungai keterkaitan ini akan menentukan urutan-urutan kegiatan yang bisa dilakukan sehingga dapat memudahkan dalam proses penyusunan diagram *network planning*. Penentuan urutan kegiatan proyek pada umumnya disusun berdasarkan tata cara kerjanya.

Tabel 1. Kode pekerjaan

Jenis pekerjaan persiapan	Kode
Pekerjaan Persiapan	A
Galian tanah untuk pondasi	B1
Galian tanah keras (bongkaran pas batu eksisting, dll)	B2
Urugan tanah kembali	B3
Urugan pasir alas pondasi t.10 cm	B4
Lantai kerja t. 5 cm	B5
Pekerjaan buangan tanah	B6
Pek. Struktur dan mesin hidrolik	Kode
Pek. Pondasi panggung terapung	C1
Pek. Tiang pancang 32x33 cm beton k-600 H= 19.8 m	C2
Pek. Frame jembatan	C3
Pek. Pengadaan pemasangan-mesin hidrolik	C4
Electric kontrol	C5
House pipe installation	C6
Floating Dock	C7

Hubungan keterkaitan antar pekerjaan

- Pekerjaan pendahulu = pek. Tiang pancang (C2)
Pekerjaan pengikut = pek. Galian tanah (B1), pek. Galian tanah keras (B2), pek. Pondasi panggung terapung (C1)
- Pekerjaan pendahulu = pek. Galian tanah (B1), pek. Galian tanah keras (B2)
Pekerjaan pengikut = pek. Urugan tanah (B3)
- Pekerjaan pendahulu = pek. Urugan tanah (B3)
Pekerjaan pengikut = pek. Urugan pasir (B4)
- Kegiatan pendahulu = pek. Urugan pasir (B4)
Kegiatan pengikut = pek. Lantai kerja (B5)
- Kegiatan pendahulu = pek. Tiang pancang (C2), pek. Lantai kerja (B5)
Kegiatan pengikut = pek. Pondasi panggung terapung (C1)
- Kegiatan pendahulu = pek. Lantai kerja (B5)
Kegiatan pengikut = pek. Buangan tanah (B6)

- g. Kegiatan pendahulu = pek. pondasi panggung terapung (C1)
Kegiatan pengikut = pek. frame jembatan (C3), house pipe installation (C6)
- h. Kegiatan pendahulu = house pipe installation (C6)
Kegiatan pengikut = floating dock (C7)
- i. Kegiatan pendahulu = pek. frame jembatan (C3)
Kegiatan pengikut = pek. Pemasangan mesin hidrolik (C4)
- j. Kegiatan pendahulu = pek. Pemasangan mesin hidrolik (C4), Floating dock (C7)
Kegiatan pengikut = Electric Control (C5)

Tabel 2. Hubungan keterkaitan

Kode pekerjaan	Pekerjaan sebelumnya
BI	C2
B2	C2
B3	B1.B2
B4	B3
B5	B4
B6	B5
CI	C2
C3	C1
C4	C3
C5	C4.C7
C6	C1
C7	C6

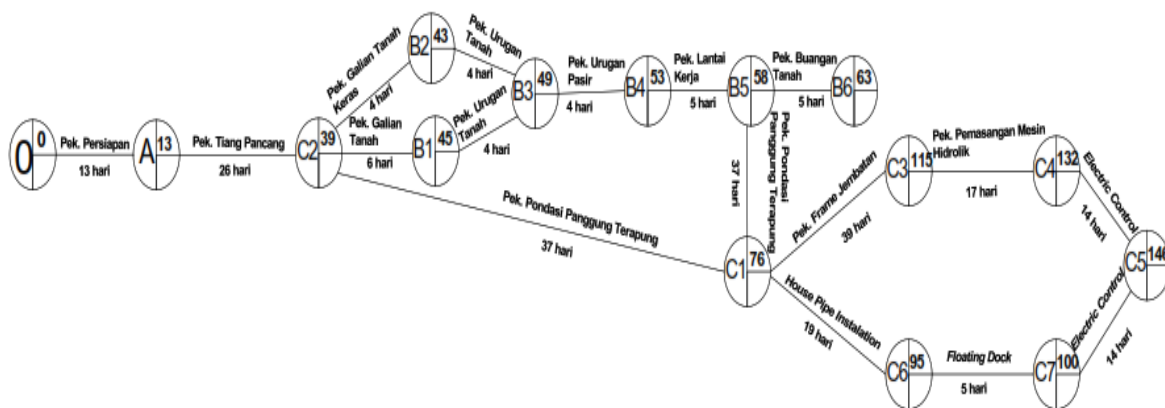
Membuat diagram network

Setelah hubungan keterkaitan dan waktu antara setiap kegiatan diketahui, langkah selanjutnya adalah membuat diagram network. Diagram ini akan menunjukkan keterkaitan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya dalam proyek. Dalam pembuatan diagram network, komponen-komponen disusun sesuai dengan urutan logika ketergantungan untuk menentukan urutan kegiatan dari awal hingga akhir proyek secara keseluruhan. Pembuatan jaringan kerja berdasarkan diagram network ini sangat penting karena dapat membantu dalam perencanaan dan pengaturan sumber daya serta pemantauan progress proyek.

Dari hasil perhitungan tersebut dan terlihat dalam diagram network dapat diketahui kurun waktunya yaitu 146 hari.

Kegiatan kritis dalam proyek

Dalam menentukan lintasan kritis pada suatu proyek, dapat digunakan perhitungan ES-EF dan LS-LF pada setiap kegiatan. Untuk memperoleh nilai EF-ES dan LS-LF tersebut, dilakukan perhitungan *forward pass* dan *backward pass*. *Forward pass* dimulai dari awal proyek hingga akhir proyek dan menghasilkan nilai EF terakhir dari kegiatan terakhir. Nilai EF didapatkan dengan menambahkan waktu kegiatan pada



Gambar 1. Diagram network planning metode PERT

nilai ES. EF terakhir tersebut menunjukkan waktu penyelesaian proyek yang paling cepat. Untuk menentukan kegiatan kritis dalam suatu proyek, dapat dilakukan perhitungan ES-EF dan LS-LF pada masing-masing kegiatan proyek. Forward pass dimulai dari awal proyek hingga akhir proyek, sedangkan backward pass dimulai dari akhir proyek menuju awal proyek. Kegiatan

yang memiliki slack sama dengan nol disebut sebagai kegiatan kritis, yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus $(LS - ES = LF - EF)$.

Keterangan:

ES = waktu mulai paling awal suatu kegiatan

EF = waktu selesai paling awal suatu kegiatan

LS = waktu paling lambat kegiatan boleh dimulai

LF = waktu paling lambat kegiatan boleh selesai

Dengan mengetahui diagram network, slack time dapat dihitung untuk menentukan jalur mana yang terdapat kegiatan kritis pada proyek.

Hasil perhitungan slack dan jalur kritis dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan slack time dan penentuan jalur kritis

Pekerjaan	Waktu (hari)	ES	EF	LS	LF	Slack	Jalur kritis (Y/T)
A	13	0	13	0	13	0	Y
C2	26	13	39	13	39	0	Y
B1	6	39	45	39	26	-19	T
B2	4	39	43	39	26	-17	T
B3	4	45	49	26	30	-19	T
B4	4	49	53	30	34	-19	T
B5	5	53	58	34	39	-19	T
C1	37	39	76	39	76	0	Y
B6	5	58	63	39	63	-19	T
C3	39	76	115	39	115	0	Y
C6	19	76	95	76	127	32	T
C7	5	95	100	127	132	32	T
C4	17	115	132	115	132	0	Y
C5	14	132	146	132	146	0	Y

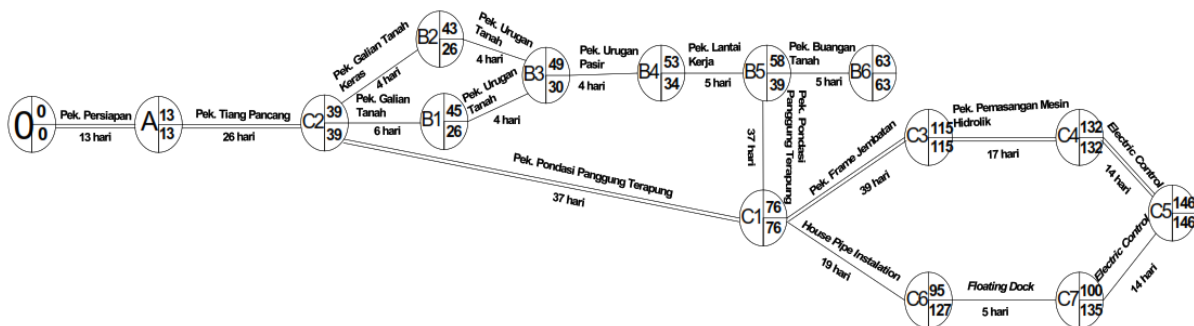
Berdasarkan hasil perhitungan tabel diatas maka dapat ditentukan lintasan kritis, dimana yang mempunyai slack = 0. Sehingga dapat dijelaskan sebagai berikut: Jika $LS - ES = 0$ dan $LF - EF = 0$ maka kegiatan tersebut bisa dikatakan dalam jalur/lintasan kritis karena mempunyai slack = 0. Adapun perhitungan jelasnya sebagai berikut:

- a. Kegiatan A (pekerjaan persiapan) $0 - 0 = 0$ dan $13 - 13 = 0$, maka pada kegiatan tersebut bisa dikatakan dalam jalur/lintasan kritis.
- b. Kegiatan C2 (pekerjaan tiang pancang) $13 - 13 = 0$ dan $39 - 39 = 0$, maka pada kegiatan tersebut bisa dikatakan dalam jalur/lintasan kritis.
- c. Kegiatan C1 (pekerjaan pondasi panggung terapung) $39 - 39 = 0$ dan $76 - 76 = 0$, maka

pada kegiatan tersebut bisa dikatakan dalam jalur/lintasan kritis.

- d. Kegiatan C3 (pekerjaan frame jembatan) $76 - 76 = 0$ dan $115 - 115 = 0$, maka pada kegiatan tersebut bisa dikatakan dalam jalur/lintasan kritis. Kegiatan
- e. C4 (pekerjaan pemasangan mesin hidrolik) $115 - 115 = 0$ dan $132 - 132 = 0$, maka pada kegiatan tersebut bisa dikatakan dalam jalur/lintasan kritis. Kegiatan
- f. C5 (Electric control) $132 - 132 = 0$ dan $146 - 146 = 0$, maka pada kegiatan tersebut bisa dikatakan dalam jalur/lintasan kritis.

Sehingga dapat digambarkan melalui diagram network dengan lintasan mana yang melalui jalur kritis proyek.



Gambar 2. Diagram network planning metode PERT dengan LK

Dari diagram network diatas dapat di ketahui mana jalur kritisnya adalah kegiatan A (pekerjaan persiapan), C2 (pekerjaan tiang pancang), C1 (pekerjaan pondasi panggung

terapung), C3 (pekerjaan frame jembatan), C4 (pekerjaan pemasangan mesin hidrolik) dan C5 (Electric control). Dengan demikian kegiatan-kegiatan tersebut harus lebih di perhatikan lagi

atau diberikan perhatian lebih pada kegiatan tersebut, guna untuk menghindari kejadian dimana pekerjaan mengalami keterlambatan yang cukup panjang.

Menentukan waktu pekerjaan proyek

Langkah berikutnya adalah melakukan penentuan waktu untuk setiap kegiatan proyek. Waktu yang dimaksud adalah jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan tersebut. Proses penentuan waktu ini dapat membantu mengurangi tingkat ketidakpastian dalam pelaksanaan proyek. Selain itu, penentuan waktu juga memudahkan para manajer dalam mengawasi kemajuan proyek agar sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan dalam *Network Planning*. Dalam penelitian ini, kegiatan yang digunakan adalah kegiatan secara umum, sehingga untuk mencari nilai optimis dan pesimis dapat dicari terlebih dahulu standar deviasinya dengan menggunakan persamaan (2), kemudian disajikan dalam bentuk tabel seperti berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan standar deviasi

Pekerjaan	Standar deviasi
Pekerjaan Persiapan	0.317
Pek. Tiang pancang 32x33 cm beton k-600 H= 19.8 m	3.289
Galian tanah untuk pondasi	2.258
Galian tanah keras (bongkaran pas batu eksisting, dll)	2.813
Urugan tanah kembali	
Urugan pasir alas pondasi t.10 cm	2.813
Lantai kerja t. 5 cm	2.813
Pek. Pondasi panggung terapung	2.536
Pek. buangan tanah	6.339
Pek.frame jembatan	2.536
House pipe installation	2.894
Floating dock	1.347
Pek. pengadaan dan pemasangan mesin hidrolik	2.536
Electric kontrol	0.792
Electric kontrol	00.40
Jumlah	37.232

Berdasarkan hasil tabel Tabel 4 standar deviasi diketahui dengan jumlah 37,232 atau dibulatkan 38 hari pada sub pekerjaan panggung terapung. Setelah diketahui semua nilai standar deviasinya selanjutnya menghitung waktu optimis dengan persamaan (4). Berikut adalah tabel rangkuman waktu optimis (to) dan waktu pesimis (tp).

Tabel 5. Hasil perhitungan to dan tp

Pekerjaan	to	tp
Pekerjaan Persiapan	12.683	13.317
Pek. Tiang pancang 32x33 cm beton k-600 H= 19.8 m	22.711	29.289
Galian tanah untuk pondasi	3.742	8.258
Galian tanah keras (bongkaran pas batu eksisting, dll)	1.187	6.813
Urugan tanah kembali	1.187	6.813
Urugan pasir alas pondasi t.10 cm	2.464	7.536
Lantai kerja t. 5 cm	30.661	43.339
Pek. Pondasi panggung terapung	2.464	7.536
Pek. buangan tanah	32.106	45.894
Pek.frame jembatan	17.653	20.347
House pipe installation	2.464	7.536
Floating dock	16.208	17.792
Pek. pengadaan dan pemasangan mesin hidrolik		
Electric kontrol	13.960	14.04

Menentukan waktu pekerjaan proyek yang diharapkan

Selanjutnya menentukan waktu yang diharapkan (te) dari masing-masing kegiatan tersebut dengan menggunakan persamaan (1), dan selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 6. Hasil perhitungan te

Pekerjaan	te
Pekerjaan Persiapan	13
Pek. Tiang pancang 32x33 cm beton k-600 H= 19.8 m	26
Galian tanah untuk pondasi	6
Galian tanah keras (bongkaran pas batu eksisting, dll)	4
Urugan tanah kembali	4
Urugan pasir alas pondasi t.10 cm	4
Lantai kerja t. 5 cm	5
Pek. Pondasi panggung terapung	37
Pek. buangan tanah	5
Pek.frame jembatan	39
House pipe installation	19
Floating dock	5
Pek. pengadaan dan pemasangan mesin hidrolik	17
Electric kontrol	14

Menentukan varian kegiatan kritis dan standar deviasi lintasan kritis

Untuk mengetahui varians dari setiap kegiatan kritis dalam proyek, langkah awal yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi jalur kritis yang ada dalam proyek tersebut. Pada proyek Pembangunan Wisata Air Sungai, terdapat enam jalur kritis yang harus diketahui sebelum dapat menentukan varians dari masing-masing kegiatan kritis diantaranya pekerjaan A (pekerjaan persiapan), C2 (pekerjaan tiang pancang), C1 (pekerjaan pondasi panggung terapung), C3 (pekerjaan frame jembatan), C4 (pekerjaan pemasangan mesin hidrolik) dan C5 (Electric control). Untuk menghitung varian terhadap jalur kritis bisa digunakan persamaan (3), dan selanjutnya hasilnya disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 7. Hasil perhitungan varian jalur kritis

Pekerjaan	Varian
Pekerjaan Persiapan	0.01117
Pek. Tiang pancang 32x33 cm beton k-600 H= 19.8 m	1.20196
Pek. Pondasi panggung terapung	4.46477
Pek.frame jembatan	5.28080
Pek. pengadaan dan pemasangan mesin hidrolik	0.06970
Electric kontrol	0.00018
Jumlah	11.03457

Hasil kalkulasi dari proyek konstruksi menunjukkan bahwa varians waktu penyelesaian proyek berdasarkan lintasan kritis sebesar 11,03457. Untuk menghitung standar deviasi dari lintasan kritis, persamaan (3) dapat digunakan. Dengan menggunakan persamaan tersebut, standar deviasi pada lintasan kritis ditemukan sebesar 3,32196. Tabel standar deviasi lintasan pekerjaan kritis kemudian disajikan sebagai hasil dari perhitungan tersebut. Tabel ini memberikan informasi yang sangat berguna dalam memperkirakan waktu penyelesaian proyek dan meminimalkan risiko keterlambatan dalam proyek.

Hasil perhitungan standar deviasi pada lintasan kritis menunjukkan bahwa jumlah standar deviasinya adalah 17,671 hari. Hal ini menunjukkan bahwa lintasan kritis tersebut memiliki toleransi waktu yang cukup besar. Artinya, lintasan kritis tersebut dapat diselesaikan maju selama 17,671 hari, atau mundur selama 17,671 hari, tanpa mengganggu waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Oleh karena itu, penyelesaian lintasan kritis dapat dilakukan dengan lebih fleksibel tanpa harus menimbulkan risiko penundaan waktu yang signifikan pada proyek secara keseluruhan.

Tabel 8. Hasil perhitungan standar deviasi

Pekerjaan	Standar deviasi
Pekerjaan Persiapan	0.317
Pek. Tiang pancang 32x33 cm beton k-600 H= 19.8 m	2.289
Pek. Pondasi panggung terapung	6.339
Pek.frame jembatan	6.894
Pek. pengadaan dan pemasangan mesin hidrolik	0.792
Electric kontrol	0.040
Jumlah	17.671

Namun demikian, perlu diingat bahwa standar deviasi pada lintasan kritis hanya menghitung toleransi waktu dan tidak mencakup risiko-risiko lain yang mungkin terjadi selama pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, perlu dilakukan manajemen risiko yang baik dan terus-menerus selama pelaksanaan proyek, guna meminimalkan risiko-risiko yang mungkin timbul dan menjaga agar proyek dapat berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

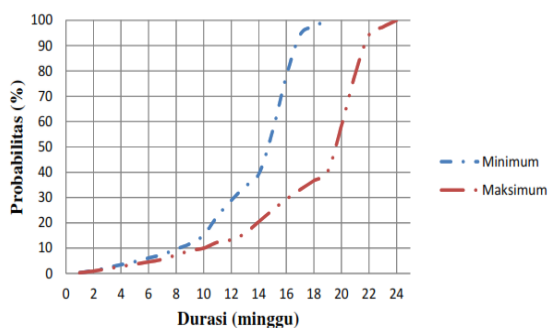
Selain itu, pengetahuan tentang standar deviasi pada lintasan kritis juga dapat membantu dalam perencanaan dan pengendalian proyek secara keseluruhan. Dengan memahami toleransi waktu pada lintasan kritis, manajer proyek dapat membuat rencana yang lebih realistis dan mengatur sumber daya yang diperlukan dengan lebih baik. Hal ini dapat membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas pelaksanaan proyek secara keseluruhan.

Menentukan probabilitas waktu penyelesaian proyek

Hasil perhitungan standar deviasi pada lintasan kritis sebesar 17,671 hari dapat digunakan untuk menentukan probabilitas waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan kurva normal. Dengan menggunakan persamaan (6) dan mengonversi nilai Z ke tabel kurva distribusi normal, ditemukan nilai probabilitas sebesar 99,92% dengan waktu penyelesaian proyek selama 146 hari. Hal ini berarti bahwa kemungkinan besar proyek akan selesai dalam rentang waktu 146 hari, dengan toleransi waktu sebesar 17,671 hari.

Kurva probabilitas waktu penyelesaian proyek ini dapat sangat berguna bagi manajer proyek dalam mengambil keputusan dan merencanakan tindakan selanjutnya. Dengan memahami probabilitas waktu penyelesaian proyek, manajer proyek dapat menentukan target waktu yang realistis dan mengatur sumber daya yang diperlukan dengan lebih efektif. Selain itu, kurva probabilitas waktu penyelesaian proyek juga dapat membantu manajer proyek dalam mengkomunikasikan status proyek dan risiko-risiko yang mungkin terjadi pada stakeholder proyek (Baits et al., 2020).

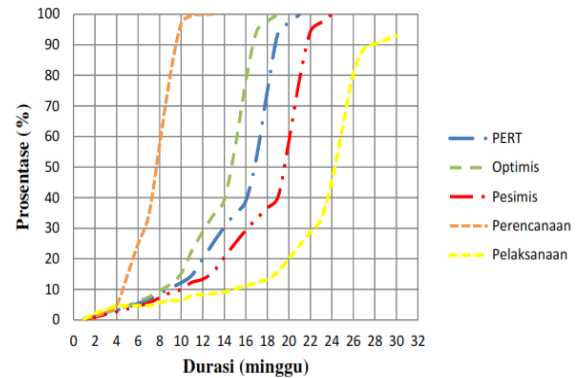
Namun, perlu diingat bahwa probabilitas waktu penyelesaian proyek hanya dapat digunakan sebagai panduan dalam pengambilan keputusan. Adanya faktor-faktor tidak terduga atau perubahan situasi di lapangan dapat mempengaruhi waktu penyelesaian proyek secara signifikan (Yuliarty et al., 2021). Oleh karena itu, perlu dilakukan manajemen risiko yang baik dan terus-menerus selama pelaksanaan proyek untuk mengantisipasi risiko-risiko yang mungkin terjadi dan mengoptimalkan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Berikut adalah kurva probabilitas waktu penyelesaian proyek.



Gambar 3. Kurva probabilitas

Berdasarkan gambar di atas bahwa kemungkinan selesainya proyek paling cepat dengan durasi sebesar 19 minggu (128 hari) dan bisa dikatakan waktu optimis pada proyek tersebut. Sedangkan selesainya proyek paling lama dengan durasi sebesar 24 minggu (164 hari) dan bisa dikatakan waktu pesimis pada proyek tersebut. Dengan melihat kurva tersebut bisa diketahui selisih waktu antara optimis dan pesimis yaitu sebesar 5 minggu atau 36 hari kalender. Jadwal pekerjaan yang tercatat berdasarkan analisa PERT adalah 146 hari dengan waktu minimum yang dibutuhkan adalah 128 hari, sedangkan waktu maksimum yang dibutuhkan

adalah 164 hari. Menghitung kembali toleransi waktu (*time range*) yang dimungkinkan untuk pelaksanaan pekerjaan adalah 18 hari. Berikut adalah kurva perbandingan waktu pekerjaan.



Gambar 4. Kurva-S perbandingan durasi

Berdasarkan Gambar 4 di atas bahwa waktu ideal terdiri dari perencanaan, waktu optimis, waktu pesimis dan PERT. Dimana waktu ideal itu menunjukkan waktu penyelesaian proyek penuh dengan persentase 100%. Dimana perencanaan lebih dulu selesai dengan hanya memiliki durasi waktu sebesar 90 hari, karena dalam perencanaan tersebut ada beberapa yg di jadwalkan secara menumpuk namun pada kenyataannya tidak bisa dikerjakan seperti demikian. Untuk waktu pelaksanaan sendiri terdapat durasi yang begitu sangat terlihat jauh perbedaannya dan hanya dengan persentase sebesar 92,94% saja dan ada 2 kegiatan yang tidak terealisasi diantaranya kegiatan C6 (*Electric control*) dan C7 (*floating dock*) dengan perbedaan durasi yang sangat jauh dari yang lainnya hal ini dikarenakan saat pelaksanaan tersebut banyak faktor-faktor yang mempengaruhi terutama saat pembuatan dewatering yang terus-menerus harus membuang air yang datang sehingga memakan waktu yang cukup lama untuk menyelesaikan satu persoalan tersebut. Kemudian terjadinya keterlambatan pemesanan bahan-bahan pabrikasian seperti pemesanan rangka jembatan dan hidrolik, hal ini sejalan dengan (Kevin, 2018) bahwasanya faktor yang mempengaruhi keterlambatan dalam pengiriman bahan dan peralatan pekerjaan konstruksi dapat menyebabkan keterlambatan dalam pelaksanaan pekerjaan proyek terutama pada pekerjaan yang dilakukan diluar ruangan.

Proyek tersebut juga mengalami penghentian sementara selama 1 bulan lebih dikarenakan kontrak dengan para pekerja sudah habis dan memasuki pergantian tahun namun manajemen

proyek tetap hanya saja beberapa pekerja ada yang di gantikan serta nama perusahaan berbeda yang mengakibatkan semakin melonggarnya waktu pelaksanaan dengan yang lainnya dan tidak hanya sampai di situ, setelah proyek selesaipun masih timbul masalah yaitu terjadinya *settlement* atau penurunan pada salah satu sisi jembatan.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis menggunakan metode PERT pada Proyek Pembangunan Wisata Air Sungai, dapat disimpulkan bahwa durasi optimal penjadwalan proyek adalah 146 hari dengan total standar deviasi pekerjaan sebesar 17,671 atau dibulatkan menjadi 18 hari. Waktu optimis proyek adalah 128 hari dan waktu pesimisnya adalah 164 hari. Berdasarkan perhitungan *network planning*, ditemukan kegiatan yang termasuk jalur kritis, antara lain pekerjaan persiapan, tiang pancang, pondasi panggung terapung, frame jembatan, pemasangan mesin hidrolik, dan Electric control.

DAFTAR PUSTAKA

- Baits, H. A., Puspita, I. A., & Bay, A. F. (2020). Combination of Program Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM) for Project Schedule Development. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(3), 68–75. <https://doi.org/10.30880/ijie.2020.12.03.009>
- Ballesteros-Pérez, P. (2017). M-Pert: Manual Project-Duration Estimation Technique for Teaching Scheduling Basics. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(9). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)co.1943-7862.0001358](https://doi.org/10.1061/(ASCE)co.1943-7862.0001358)
- Bepari, M., Narkhede, B. E., & Raut, R. D. (2022). A Comparative Study of Project Risk Management with Risk Breakdown Structure (Rbs): A Case of Commercial Construction in India. *International Journal of Construction Management*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2124657>
- Caesaron Dino, A. T. (2015). Analisa Penjadwalan Waktu Dengan Metode Jalur Kritis Dan Pert Pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No.20, Glodok) Dino. *Jiems Journal of Industrial Engineering & Management Systems*, 8(2), 59–82.
- Engelhardt, N. (2019). Comparison of Agile and Traditional Project Management: Simulation of Process Models. *Acta Academica Karviniensia*, 19(2), 15–27. <https://doi.org/10.25142/aak.2019.011>
- Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2007). Earned Value Project Management: A Powerful Tool for Software Projects. *Software Management, Seventh Edition*, 337–341. <https://doi.org/10.1109/9780470049167.ch10>
- Ifedolapo Helen, B., Opeyemi Emmanuel, O., Lawal, A., & Elkanah, A. (2015). Factors Influencing the Performance of Construction Projects in Akure, Nigeria. In *International Journal of Civil Engineering, Construction and Estate Management* (Vol. 3, Issue 4).
- Iriyanto, S. M., Yosep, S., & Hommy, O. (2017). Analisa Perencanaan Waktu dengan Metode Pert pada Pelaksanaan Gedung Negara Provinsi Papua. *Portal Sipil*, 6(2), 10–28.
- Kehinde, O. M. (2017). Application of Project Evaluation and Review Technique (PERT) in Road Construction Projects in Nigeria. *European Project Management Journal*, 7(2), 3–13.
- Kerzner, H. (2013). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Simultaneously.
- Kevin, Raphael C, & Sentosa L. (2018). Analisa Waktu Kerja Aktual pada Proyek Konstruksi dengan Metode PERT pada Proyek X. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 161–168.
- Liyana. (2020). Analisis Network Planning dengan Critical Path Method (CPM) dalam Rangka Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek Pembangunan Rumah Minimalis (Studi Kasus: Property Group Medan). *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (Jsn)*, 2(September), 80–89. <https://doi.org/10.30865/json.v2i1.2459>
- Misrali, M. (2015). *Evaluasi Penjadwalan Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung dengan Metode PERT*. Universitas Jember
- Nanda, M. P., Riswanto, S., & Kurniawati, M. (2023). Metode Paired Comparison pada Pekerjaan Pondasi Bangunan Gedung dengan Pendekatan Studi Value Engineering (Ve). *Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 449–456. <https://doi.org/10.24912/jmts.v6i2.23387>
- Rahayu, N., Harta Nugraha, G., & Prabowo, A. (2018). Evaluasi Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT pada Pembuatan Pabrik PT. Daya Kobelco. *Journal Industrial Services* (Vol. 3, Issue 2).
- Ridho, M. R. (2013). *Evaluasi Penjadwalan Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode PERT dan CPM (Studi Kasus: Proyek Gedung Kantor Badan Pusat Statistik Kota Medan di Jl. Gaperta Medan, Sumatera Utara)* (Issue 1).
- Ramadhan, M. (2021). *Metode Penelitian*. Cipta Media Nusantara. Surabaya
- Rantesalu, S. (2019). Evaluasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan pada Proyek Pembangunan Gedung

- Bapedda Provinsi Kalimantan Utara Tahap III. *Jurnal Sipil Politeknik*, 1, 42–46.
- Tjakra, J., & Pratisis, P. A. K. (2016). Penerapan Metode CPM pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Baru Kompleks Eben Haezar Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), 551–558.
- Tubaka, S. Y. (2017). Analisis Perencanaan Aktivitas Konstruksi pada Pekerjaan Sarana dan Prasarana PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi) Tulehu. *Arika*, 11(2), 135–146.
- Vu, T. Q., Pham, C. P., Nguyen, T. A., Nguyen, P. T., Phan, P. T., & Le Hoang Thuy To Nguyen, Q. (2020). Factors Influencing Cost Overruns in Construction Projects of International Contractors in Vietnam. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(9), 389–400. <https://doi.org/10.13106/jafeb.2020.vol7.no9.389>
- Wu, C., Wang, X., Wu, P., Wang, J., Jiang, R., Chen, M., & Swapan, M. (2021). Hybrid Deep Learning Model for Automating Constraint Modeling in Advanced Working Packaging. *Automation in Construction*, 127(October 2020), 103733. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103733>
- Yamin, M., & Sim, A. K. (2016). Critical Success Factors for International Development Projects in Maldives: Project Teams' Perspective. *International Journal of Managing Projects in Business*, 9(3), 481–504.
- Yuliarty, P., Novia, N. S., & Anggraini, R. (2021). Construction Service Project Scheduling Analysis Using Critical Path Method (CPM), Project Evaluation and Review Technique (Pert). In *International Journal of Innovative Science and Research Technology* (Vol. 6, Issue 2).
- Zecheru, V., & Olaru, B. G. (2016). Work Breakdown Structure (WBS) in Project Management. *Review of International Comparative Management*, 17(1), 61–69.