

Model Analisis Pelaksanaan Proyek dengan Metode *Critical Path Method* (CPM) dan Metode *Crashing* (Study Kasus pada Pelaksanaan Pekerjaan Peningkatan Jalan Kebandingan – Gembongdadi, Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal)

Project Implementation Analysis Model with Critical Path Method (CPM) Method and Crashing Method (Case Study on the Implementation of Gembongdadi Comparative Road Improvement Work, Kramat District, Tegal Regency)

Dede Irawan*¹, Wahidin², Abdul Latif Nurdin³, Abdul Khamid⁴, Yulia Feriska⁵
^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia
e-mail: *¹dedeirawan@gmail.com, wahidinnaures@gmail.com, studiokp3k.brebes@gmail.com,
abdulkhamid.mt@gmail.com, yuliaferiska1@gmail.com

Abstrak

Manajemen konstruksi merupakan salah satu aspek penting yang sangat mempengaruhi biaya dan waktu, dalam pelaksanaan suatu proyek. Salah satu aspek yang ditinjau dari kajian manajemen konstruksi dalam kaitan percepatan pelaksanaan pekerjaan pada ruas Jalan Kebandingan - Gembongdadi adalah sistem lembur (penambahan jam kerja), dan juga dengan sistem penambahan tenaga kerja. Langkah efisiensi dalam suatu proyek merupakan modal dalam pekerjaan sesuai jadwal yang telah ditentukan dengan jalan penentuan peralatan yang tepat serta penggunaan biaya dan waktu terampil dan efisien dalam melaksanakan pekerjaan suatu proyek. Percepatan penyelesaian proyek harus dilakukan dengan perencanaan yang baik. Dengan adanya keterbatasan tenaga kerja, maka alternatif yang biasa digunakan untuk menunjang percepatan aktivitas adalah dengan menambah jam kerja, dan penambahan tenaga kerja sehingga berpengaruh pada biaya total proyek. Untuk mengetahui hal ini perlu dipelajari tentang jaringan kerja yang ada, dan hubungan antara waktu dan biaya. Hal tersebut disebut sebagai analisis pertukaran waktu dan biaya (*time cost trade off analysis*). Hasil dari penelitian model analisis cpm dan *crashing* pekerjaan peningkatan jalan Kebandingan – Gembongdadi pada perhitungan waktu normal membutuhkan 45 hari kerja dengan biaya langsung Rp 1,104,231,473.69 dan setelah dilakukan percepatan (*crash*), maka pekerjaan menjadi 39 hari dengan biaya langsung Rp. 1,116,857,071.82. Dengan adanya percepatan tersebut peningkatan pekerjaan kurang signifikan hanya saja dapat mengurangi deviasi keterlambatan proyek.

Kata kunci : Manajemen Proyek, *Crashing*, CPM, *Time Sechedule*.

Abstract

Construction Management is one important aspect that greatly influences the cost and time, in implementing a project. One of the aspects reviewed from the construction management study in relation to the acceleration of work implementation on the Jalan Kebarison - Gembongdadi section is the overtime system (addition of working hours), and also with the addition of labor systems. The efficiency step in a project is capital in the work according to a predetermined schedule by determining the right equipment and the use of cost and time skilled and efficient in carrying out the work of a project. The acceleration of project completion must be done with good planning. Given the limited workforce, the alternative that is commonly used to support the acceleration of activities is to increase work hours, and the addition of labor so that it affects the total project cost. To find this out, you need to learn about existing networks, and the relationship between time and cost, this is referred to as Time and Cost Exchange Analysis. (Time Cost Trade Off Analysis). The results of the research on the CPM Analysis Model and the Crashing of the Work of Improving the Road to Comparison - Gembongdadi in the calculation of normal time requires 45 working days with direct costs of Rp. 1,104,231,473.69 and after acceleration (crash) the work becomes 39 days with direct costs of

Rp. 1,116,857,071.82. With this acceleration, the increase in work is not significant, but it can only reduce the deviation of project delay.

Keywords: *Project Management, Crashing, CPM, Time Sechedule*

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, saat ini di Kabupaten Tegal tepatnya di Kecamatan Kramat telah menjadi wilayah yang padat penduduk yang berkisar 104.750 jiwa yang terdaftar di survei badan pusat statistik. Sehingga kebutuhan mobilitas di kecamatan Kramat dan sekitarnya pun semakin meningkat, sehingga dibutuhkan sarana transportasi yang memadai untuk mengalihkan volume lalu lintas yang kian padat di Jalan Kabupaten tersebut. Manajemen konstruksi merupakan salah satu aspek penting yang sangat mempengaruhi biaya dan waktu dalam pelaksanaan suatu proyek. Salah satu aspek yang ditinjau dari kajian manajemen konstruksi dalam kaitan percepatan pelaksanaan pekerjaan pada ruas Jalan Kebandingan - Gembongdadi adalah sistem lembur (penambahan jam kerja), dan juga dengan sistem penambahan tenaga kerja [1]. Langkah efisiensi dalam suatu proyek merupakan modal dalam pekerjaan sesuai jadwal yang telah ditentukan dengan jalan penentuan peralatan yang tepat serta penggunaan biaya dan waktu terampil dan efisien dalam melaksanakan pekerjaan suatu proyek [2].

Keterlambatan pekerjaan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan dalam proses pelaksanaannya, namun juga harus tetap memperhatikan faktor biaya [3]. Pertambahan biaya yang dikeluarkan diharapkan seminimum mungkin dan tetap memperhatikan standar mutu [4]. Percepatan dapat dilakukan dengan mengadakan penambahan jam kerja, alat bantu yang lebih produktif, penambahan jumlah pekerja, menggunakan material yang lebih cepat pemasangannya, dan metode konstruksi yang lebih cepat [5].

Percepatan penyelesaian proyek harus dilakukan dengan perencanaan yang baik. Dengan adanya keterbatasan tenaga kerja, maka alternatif yang biasa digunakan untuk menunjang percepatan aktivitas adalah dengan menambah jam kerja dan penambahan tenaga kerja, sehingga berpengaruh pada biaya total proyek. Untuk mengetahui hal ini perlu dipelajari tentang jaringan kerja yang ada, dan hubungan antara waktu dan biaya [6]. Hal tersebut disebut sebagai analisis pertukaran waktu dan biaya (*time cost trade off analysis*). Implementasinya sangat diperlukan suatu manajemen pelaksanaan yang baik dengan berbagai. Oleh karena itu sangat diperlukan suatu manajemen waktu yang baik dengan berbagai macam metode yang tepat dan salah satu metode manajemen waktu tersebut yaitu metode *crashing*, selain mempertajam prioritas metode.

Metode *crashing* ini juga mengusahakan peningkatan efisiensi dan efektivitas pengelolaan proyek agar dicapai hasil yang maksimal dari sumber daya yang tersedia [1]. Semuanya itu untuk mencapai tujuan dari sebuah proyek, yaitu kesuksesan yang memenuhi kriteria waktu (jadwal), juga biaya (anggaran) dan mutu (kualitas). Untuk terwujudnya kualitas konstruksi dan kualitas pelayanan yang memadai dalam waktu yang lama. Selain manajemen waktu yang baik, tentu juga harus diikuti dengan pelaksanaan proyek yang baik dan sesuai dengan perencanaannya. Dengan manajemen waktu yang tepat dan pelaksanaan yang baik, maka resiko proyek akan mengalami keterlambatan menjadi kecil [7]. Secara langsung hal tersebut akan mengurangi pembengkakan biaya proyek, serta pada akhirnya akan memberikan keuntungan tersendiri bagi para Kontraktor sebagai penanggungjawab pelaksanaan proyek [8].

METODE PENELITIAN

Kabupaten Tegal merupakan salah satu kabupaten di wilayah administratif Provinsi Jawa Tengah dengan ibukota kabupaten berada di Kota Slawi, yang terletak di pesisir Utara bagian Barat dan sebagian wilayahnya berbatasan dengan Laut Jawa atau dikenal dengan pantai Utara (Pantura). Kecamatan-kecamatan yang wilayahnya berbatasan langsung dengan laut Jawa

(Dede Irawan, Wahidin, Abdul Latif Nurdin, Abdul Khamid, Yulia Feriska)

Model Analisis Pelaksanaan Proyek dengan Metode *Critical Path Method* (CPM)

dan Metode *Crashing* (Study Kasus pada Pelaksanaan Pekerjaan Peningkatan Jalan Kebandingan – Gembongdadi, Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal)

adalah Kecamatan Suradadi, Kecamatan Kramat dan Kecamatan Warureja. Kabupaten Tegal secara administratif terdiri dari 18 kecamatan yang terdiri dari 281 desa dan 6 kelurahan. Pembagian kecamatan di Kabupaten Tegal dapat dilihat pada Tabel 1. berikut:

Tabel 1. Jumlah Kecamatan dan Desa/Kelurahan di Kabupaten Tegal tahun 2018

Kecamatan	Luas (ha)	Jumlah Desa/Kelurahan
01. Margasari	8.683	13
02. Bumi Jawa	8.855	18
03. Bojong	5.852	17
04. Balapulang	7.491	20
05. Pagerbarang	4.300	13
06. Lebaksiu	4.095	15
07. Jatinegara	7.962	17
08. Kedungbanteng	8.762	10
09. Pangkah	3.551	23
10. Slawi	1.363	10 (5 desa, 5 kelurahan)
11. Dukuhwaru	2.658	10
12. Adiwerna	2.386	21
13. Dukuhhuri	1.748	18
14. Talang	1.839	19
15. Tarub	2.682	20
16. Kramat	3.849	20 (19 desa, 1 kelurahan)
17. Suradadi	5.573	11
18. Warureja	6.231	12
Jumlah	87.879	281 desa / 6 kelurahan

- Kegiatan = Peningkatan Jalan di Kecamatan Kramat Suradadi dan Warureja (UPTD PU Wil. I)
- Pekerjaan = Peningkatan Jalan Kebandingan – Gembongdadi
- Satuan Kerja = Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tegal
- Pelaksana Pekerjaan = CV Andefa Jaya
- Nilai Proyek = Rp. 1.429.000.000,-
- Waktu Kontrak = 45 Hari Kerja
- Lokasi Proyek = Desa Kebandingan dan Gembongdadi Kecamatan Kramat Kabupaten Tegal

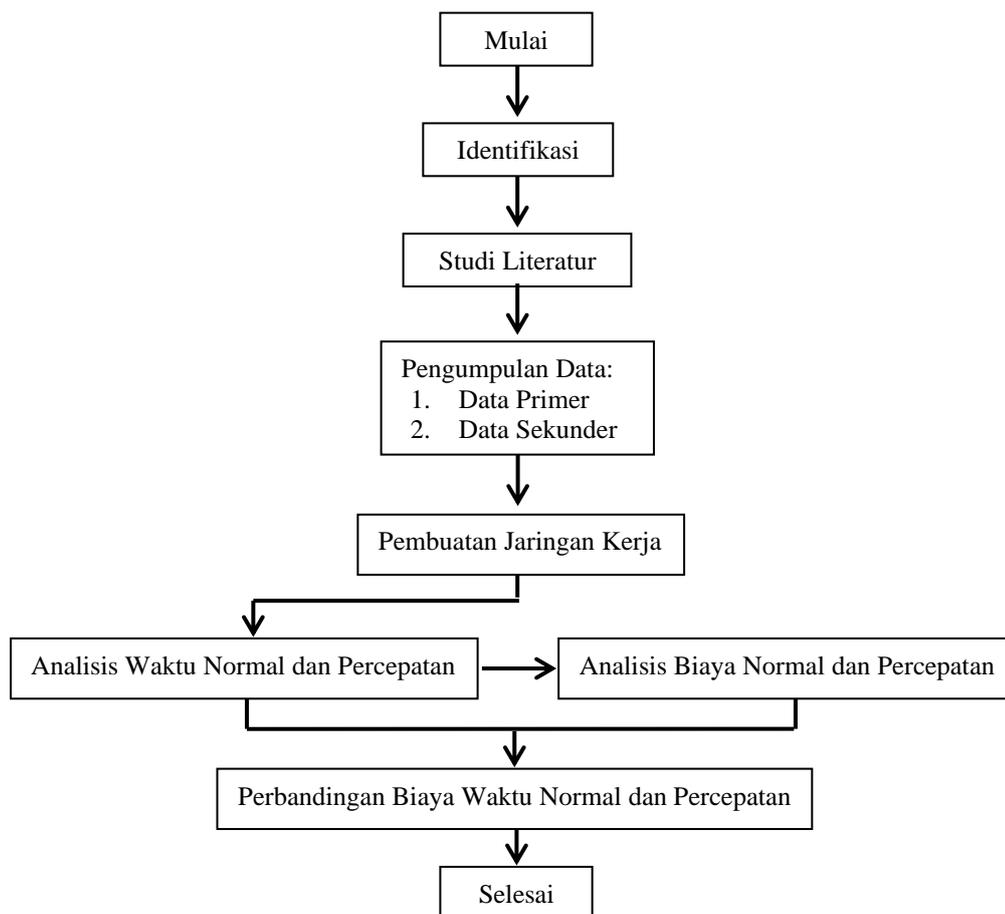


Gambar 1. Lokasi Proyek

(Dede Irawan, Wahidin, Abdul Latif Nurdin, Abdul Khamid, Yulia Feriska)
Model Analisis Pelaksanaan Proyek dengan Metode *Critical Path Method* (CPM) dan Metode *Crashing* (Study Kasus pada Pelaksanaan Pekerjaan Peningkatan Jalan Kebandingan – Gembongdadi, Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal)

Proyek peningkatan jalan Kebandingan – Gembongdadi yang terletak di Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal. Jalan ini ditingkatkan untuk mempermudah mobilisasi masyarakat di desa Kebandingan dan Gembongdadi. Sebagai tanggapan pemerintah atas aspirasi masyarakat yang menginginkan akses desa mereka segera diperbaiki [9]. Dengan nilai kontrak Rp. 1.429.000.000,- (satu milyar empat ratus dua puluh sembilan juta ribu rupiah) dengan pekerjaan perkerasan jalan flexibel dan perkerasan kaku. Gambaran umum tentang proyek peningkatan jalan Kebandingan - Gembongdadi, dengan panjang jalan yang dikerjakan 1.109 m dengan lebar jalan 4 meter.

1. Sta +0,000 s/d Sta +0.732, pekerjaan yang dilaksanakan adalah pelebaran bahu jalan menggunakan perkerasan beton semen dan di leveling AC – BC,
2. Sta +0.732 s/d Sta +1.109 menggunakan perkerasan kaku atau Perkerasan Beton Semen.
3. Sta+0.755 s/d +0.800 pekerjaan talud pasangan batu sepanjang (55 m)



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Sumber data primer dilakukan dengan pengamatan di lapangan maupun di lokasi pekerjaan dengan mencatat koefisien–koefisien waktu siklus alat [10]. Sumber data sekunder dilakukan dengan menggunakan data yang dimiliki oleh CV Digdaya Konsultan sebagai pelaksana pengawas lapangan pada pekerjaan peningkatan Jalan Kebandingan – Gembongdadi dan CV Andefa Jaya Sebagai Penyedia Jasa.

(Dede Irawan, Wahidin, Abdul Latif Nurdin, Abdul Khamid, Yulia Feriska)
Model Analisis Pelaksanaan Proyek dengan Metode *Critical Path Method* (CPM)
dan Metode *Crashing* (Study Kasus pada Pelaksanaan Pekerjaan Peningkatan Jalan Kebandingan –
Gembongdadi, Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari metode kerja yang diperoleh dari dokumen pevelangan yang dibuat oleh penyedia jasa maka diperoleh metode kerja sebagai berikut.

1. Lingkup Pekerjaan

Divisi I Umum :

- a. Mobilisasi dan demobilisasi
- b. Tes Uji Lab
- c. Papan Nama Proyek
- d. Pembersihan Lokasi
- e. Pasang Patok Profil dan Pengukuran
- f. Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas

Divisi III Pekerjaan Tanah :

- a. Galian Biasa Dengan Alat Berat.

Divisi IV Pekerjaan Perkerasan Bahu Jalan :

- a. Lapis Pondasi Agregat Kelas A
- b. Beton mutu sedang $f_c'20$ MPa (K-250) (untuk Pelebaran Jalan)
- c. Plastik Cor

Divisi VI Pekerjaan Aspal :

- a. Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair
- b. Lapis Perekat - Aspal Cair
- c. Laston Lapis Antara (AC-BC)
- d. Lapis Permukaan Penetrasi Macadam

Divisi VII Pekerjaan Struktur :

- a. Beton mutu rendah $f_c'10$ Mpa (K-125)
- b. Beton mutu sedang $f_c'20$ MPa (K-250) untuk
- c. pekerjaan rigid • Baja Tulangan U 24 Polos

Pekerjaan Lainnya :

- a. Pas. Batu Belah Campuran 1 Pc : 4 Pp
- b. Plesteran + Acian 1 Pc : 5 Pp
- c. Pipa PVC 2' + Ijuk

2. Metode Pelaksanaan Pekerjaan

- a. Pekerjaan Galian Tanah

Pekerjaan galian pada pekerjaan ini yaitu pekerjaan galian biasa. Pekerjaan ini dimaksudkan untuk melakukan pekerjaan pelebaran dan pembangunan struktur peningkatan jalan pada area tepi jalan. Pekerjaan ini kemudian akan dikenai pekerjaan pondasi bawah dan pekerjaan pasangan batu untuk dinding penahan tanah (DPT). Pekerjaan galian struktur menggunakan alat *excavator*, kemudia hasil galian diangkut ke dalam *dump truck* untuk dibuang ke luar lokasi pekerjaan. Para pekerja membantu pekerjaan ini dengan alat bantu.

- b. Pekerjaan Perkerasan Bahu Jalan

Pekerjaan Perkerasan bahu jalan menggunakan lapis pondasi atas kelas A agregat diletakan pada bahu jalan yang sudah digali dengan alat berat maupun manual. Setelah pengahamparan dan pemadatan dengan batas kelembaban yang optimum dengan ketebalan tidak melebihi 20 cm.

- c. Pekerjaan Bahu Jalan Menggunakan Perkerasan Beton K-250

Pekerjaan meliputi penyiapan bahan campuran beton yaitu agregat semen dan air di suatu tempat, penghamparan beton di atas pondasi yang sudah dilapisi oleh plastik agar air dalam kandungan beton tidak terserap oleh tanah yang sudah siap sesuai dengan

(Dede Irawan, Wahidin, Abdul Latif Nurdin, Abdul Khamid, Yulia Feriska)

Model Analisis Pelaksanaan Proyek dengan Metode *Critical Path Method* (CPM)

dan Metode *Crashing* (Study Kasus pada Pelaksanaan Pekerjaan Peningkatan Jalan Kebandingan – Gembongdadi, Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal)

spesifikasi, pembuatan perkerasan beton tidak termasuk tulangan dan struktur komposit sesuai persyaratan.

d. Pekerjaan Perkerasan Aspal

Pekerjaan perkerasan aspal ini tidak bisa dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan perkerasan bahu jalan menggunakan perkerasan beton semen selesai. Lapis resap pengikat adalah lapisan aspal pertama pada jalan existing untuk itu campuran aspal harus 0,8 lt /m² atau sesuai spesifikasi teknis pekerjaan, kemudian jalan berlubang atau tidak rata akan di lapisi lapis penetrasi macadam dengan campuran agregat dan aspal yang telah ditentukan. Setelah penghamparan dan pemadatan selesai maka penyedia memobilisasi alat berat seperti asphalt finisher, asphalt sprayer, dan lain-lain untuk penghamparan laston lapis AC-BC.

e. Pekerjaan Perkerasan Beton Semen

Pekerjaan beton fc' sebagai lantai kerja dikerjakan sebagai pondasi bawah perkerasan beton K-250 sebagai struktur utama bagian jalan, Sebelum pengecoran beton dimulai, seluruh acuan, baja tulangan dan benda lain yang harus dimasukkan kedalam beton (seperti pipa atau selongsong) harus sudah dipasang dan diikat kuat sehingga tidak bergeser pada saat pengecoran. Acuan yang dibuat dapat dari kayu atau baja dengan sambungan dari adukan yang kaku untuk mempertahankan posisi yang diperlukan selama pengecoran, pemadatan dan perawatan, dan acuan dibuat sedemikian sehingga dapat dibongkar tanpa merusak beton. Segera sebelum beton dimulai, acuan harus dibasahi dengan air atau diolesi minyak disisi dalamnya dengan minyak yang tidak meninggalkan bekas. Bahan dan material yang telah disetujui dicampur dan diaduk menggunakan *concrete mixer* dilokasi pekerjaan, kemudian campuran beton dituang kedalam acuan. Kegiatan pengecoran dilanjutkan tanpa berhenti sampai dengan sambungan konstruksi yang telah disetujui sebelumnya atau sampai pekerjaan selesai. Untuk pemadatan campuran digunakan *concrete vibrator*, dengan ketentuan penggunaan mengikuti spesifikasi teknik. Sekelompok pekerja dengan menggunakan alat bantu akan merapikan pengecoran setelah pengecoran dilaksanakan. Acuan tidak dibongkar dari bidang vertical, dinding, kolom yang tipis struktur yang sejenis lebih awal 30 jam setelah pengecoran beton.

f. Pekerjaan Talud Pasang Batu

Pelaksanaan pekerjaan akan dilakukan secara berurutan antara lain untuk awal pekerjaan dilakukan persiapan awal pada daerah bahu jalan yang kritis yang akan dilakukan pekerjaan talud pasang batu, kemudian dilakukan galian struktur untuk pondasi talud. Pekerjaan selanjutnya yaitu pemasangan batu belah dan batu blonos dengan campuran yang telah ditetapkan dan pemasangan pipa pvc untuk pembuangan resapan air. Setelah sampai tahap elevasi, samping talud di urug menggunakan Timbunan bekas galian. Selanjutnya di plester dan di aci atau tahap pengahulasan dan perapian, pemeliharaan rutin perlengkapan jalan, dan pemeliharaan rutin jembatan.(sumber dokumen penawaran metode pelaksanaan proyek).

KESIMPULAN

Proyek Peningkatan jalan Kebandingan – Gembongdadi memiliki waktu kontrak 45 hari kerja yang telah ditetapkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tegal dan waktu pelaksanaan normal pengerjaan selama 45 hari dengan biaya total sebesar Rp. 1,104,231,473.69. Pengerjaan untuk administrasi proyek akan terlambat dan akan dikenakan denda sesuai kontrak. Untuk itu alternatif penambahan jam kerja diperlukan 1 kali *crashing* dengan durasi optimum sebesar 39 hari dengan total cost sebesar Rp. 1,116,857,071.82, maka akan tersisa waktu 6 hari untuk pengurusan administrasi proyek dan jika dilakukan dengan percepatan menggunakan metode CPM durasi pekerjaan menjadi 28 hari dan biaya akan sama dengan biaya normal hanya saja jenis kegiatan pekerjaan beton dikerjakan bersamaan dengan pekerjaan galian tanah dan

(Dede Irawan, Wahidin, Abdul Latif Nurdin, Abdul Khamid, Yulia Feriska)

Model Analisis Pelaksanaan Proyek dengan Metode *Critical Path Method* (CPM)

dan Metode *Crashing* (Study Kasus pada Pelaksanaan Pekerjaan Peningkatan Jalan Kebandingan – Gembongdadi, Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal)

pekerjaan talud pasangan batu dikerjakan bersamaan dengan pekerjaan perkerasa bahu jalan. Dengan perbandingan durasi pekerjaan pada durasi normal 45 hari, durasi CPM 28 hari dan metode *chrasing* 39 hari maka. Dengan adanya percepatan tersebut peningkatan pekerjaan kurang signifikan hanya saja dapat mengurangi deviasi keterlambatan proyek.

SARAN

Untuk mengurangi keterlambatan pekerjaan maka memang perlu dilakukan proses *crashing* atau percepatan waktu. Untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan bangunan gedung analisis, jaringan kerja perlu dijabarkan satupersatu karena setiap item pekerjaan selalu berhubungan. Penggunaan penambahan jam kerja lembur dirasa sangat efektif dibandingkan dengan penambahan jumlah pekerja maupun pekerjaan menggunakan sistem *sift*. Sebelum proses penawaran atau saat pelelangan harus disiapkan network planingnya terlebih dahulu, agar penyedia jasa dapat memperkirakan pekerjaan apa saja yang dapat didahulukan dan dikerjakan bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Diantoro, "Studi Mengenai Persepsi Masyarakat terhadap Kegiatan Pembangunan Jalan Desa di Banjarlor Kabupaten Brebes," *Tesis Univ. Islam Sultan Agung Semarang*, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.bioscientifica.com/view/journals/eje/171/6/727.xml>
- [2] M. G. Alfarizi, W. Wahidin, and M. Yunus, "Analisis Perbandingan RAB Metode SNI dan Bow Jalan Rigid Desa Banjarharjo," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, 2020.
- [3] A. Hamid and H. Wildan, "Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Untuk Peningkatan Ruas Jalan Brebes –Jatibarang Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [4] G. A. N. Wahidin, "Analisis Laju Sedimentasi dan Konservasi di Hulu Waduk Malahayu," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–35, 2020.
- [5] A. Hamid and A. Sodikin, "Identifikasi Kerusakan Jalan pada Jalan Larangan Pamulihan Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, pp. 21–28, 2020.
- [6] W. S. N. Wahidin, "Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Sapphire Regency Desa Pulosari Kecamatan Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 43–51, 2020.
- [7] W. Sulistiyo and W. Wahidin, "Pelaksanaan Pembangunan Rumah Layak Huni di Desa Cikuya: Pelaksanaan Pembangunan Rumah Layak Huni di Desa Cikuya," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, 2020.
- [8] G. R. FG and W. Wahidin, "Perencanaan Pembangunan Drainase di Desa Ciawi Kecamatan Banjarharjo Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, 2020.
- [9] H. A. Rani, "Manajemen Proyek Konstruksi," p. 99, 2016, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/316081639_Manajemen_Proyek_Konstruksi
- [10] A. C. Sutandi, "Evaluasi Kinerja dari Sistem Pengendalian Lalulintas Kawasan Pada Persimpangan Bersinyal dengan Banyak Fase dan Pergerakan," *Juni*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, 2007.