

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Literature Review

Tabel 2. 1 Literature review

Literature Review			
NO	Jurnal / Peneliti	Objek Penelitian / Judul	Abstak / Kesimpulan Penelitian
1	<p>Jurnal: Procedia computer science</p> <p>Yusroniya Eka Putri Rachman Waliulu, Tri Joko Wahyu Adi (2022)</p>	<p>A system dynamic thinking for modeling infrastructure project duration acceleration</p>	<p>This paper aims to determine the impact of accelerating duration on profits and contingency cost. The method using infrastructure project building in Surabaya Indonesia 2020 historical data set, followed by System Dynamic (SD) modeling and ending with a scenario of the relationship between project duration acceleration, addition profits and crashing cost. Project acceleration can improve project performance by considering the effect on profits and contingency costs, with Schedule Performance Index (SPI) up to 1.06 can increase profit between 1.05%-4.72% due to reduced in indirect costs, otherwise crashing cost will reduce contingency cost between 0.43%-1.91% of the contract value.</p>
2	<p>Jurnal: Computer & Industrial engineering</p> <p>Liangyan Tao, Xuebi Su, Saad Ahmed Javed (2022)</p>	<p>Time-cost trade-off model in GERT-type network with characteristic function for project management</p>	<p>Activity crashing is an efficient way for project acceleration but always leads to time-cost trade-off issues. The current study proposes an optimal time-cost trade-off model in GERT (Graphical Evaluation and Review Technique) with consideration to both the probability of on-time delivery and under-budget. Firstly, the hypothesis in the previous literature that the minimization of expected completion time is equivalent to the maximization of the on-time completion probability is proven to be invalid. Secondly, to ensure successful project completion, the constraints on the probability of on-time delivery and under-budget are added in the trade-off model. Furthermore, the characteristic function-enhanced GERT is designed to derive the probability density function of project time and cost, thereby yielding the on-time probability and under-budget probability. Consequently, the stochastic programming model for time-cost trade-offs is presented to minimize the mean duration while ensuring a desired on-time completion probability and under-budget probability. To solve the proposed stochastic programming, a genetic algorithm-based solution procedure is designed. Finally, a numerical example is employed to demonstrate the effectiveness of the proposed model. The study contributes to our understanding that minimizing mean duration cannot necessarily maximize on-time project completion. It also</p>

			helps us reduce the mean project duration and guarantee high on-time delivery and under-budget performance simultaneously, which are two critical success factors in project management.
3	<p>Jurnal: Automation in construction</p> <p>Pablo Ballesteros-Perez, Kamel Mohamed Elamrousy, M Carmen Gonzalez-Cruz (2019)</p>	<p>Non-linear time-cost trade-off models of activity crashing: Application to construction scheduling and project compression with fast-tracking</p>	<p>When shortening a project's duration, activity crashing, fast-tracking and substitution are the three most commonly employed compression techniques. Crashing generally involves allocating extra resources to an activity with the intention of reducing its duration. To date, the activity time-cost relationship has for the most part been assumed to be linear, however, a few studies have suggested that this is not necessarily the case in practice.</p> <p>This paper proposes two non-linear theoretical models which assume either collaborative or non-collaborative resources. These models closely depict the two most common situations occurring during construction projects. The advantages of these models are that they allow for both discrete and continuous, as well as deterministic and stochastic configurations. Additionally, the quantity of resources required for crashing the activity can be quantified. Comparisons between the models and another recent fast-tracking model from the literature are discussed, and a Genetic Algorithm is implemented for a fictitious application example involving both compression techniques.</p>
4	<p>Jurnal: International journal of construction management</p> <p>Duc-Long Luong, Duc-Hoc Tran & Phong Thanh Nguyen (2021)</p>	<p>optimizing multi-mode time-cost-quality trade-off of construction project using opposition multiple objective difference evolution</p>	<p>The time, cost and quality are crucial, conflicting aspects to construction project management. Tradeoff optimization among project duration (time), project cost, and the project quality within the project scope is necessary to enhance overall construction project benefit. A novel optimization algorithm, Opposition-based Multiple Objective Differential Evolution (OMODE), is presented to solve the time-cost-quality tradeoff (TCQT) problem. This novel algorithm employs an opposition-based learning technique for population initialization and for generation jumping. Opposition numbers are used to improve the exploration and convergence performance of the optimization process. A numerical high-way construction project case study is analyzed to illustrate the use of the algorithm and demonstrate its capabilities in generating non-dominated solutions. Comparisons with non-dominated sorting genetic algorithm (NSGA-II), multiple objective particle swarm optimization (MOPSO), multiple objective differential evolution (MODE) and previous results verify the efficiency and effectiveness of the proposed algorithm. This study is expected to provide an alternative solving methodology for the TCQT problem and</p>

			<p>help project manager plan construction methods with optimal time-cost-quality tradeoff.</p> <p>Citation : Duc-Long Luong, Duc-Hoc Tran & Phong Thanh Nguyen (2021) Optimizing multi-mode time-cost-quality trade-off of construction project using opposition multiple objective difference evolution, International Journal of Construction Management, 21:3, 271-283, DOI: 10.1080/15623599.2018.1526630</p>
5	<p>Jurnal: International journal of construction management</p> <p>Reshma Mary Johnson & Robin Itty Ipe Babu (2020)</p>	<p>Time and cost overruns in the UAE construction industry: a critical analysis</p>	<p>Time and cost are the two main indicators of success in a construction project as it affects all the project participants with equal positive and negative effects. Yet, poor time and cost performance have been a critical issue prevailing in the global construction market and UAE have not been an exception. This research adopted a concurrent mixed-methods approach, utilizing a questionnaire and an interview with UAE construction professionals, to analyse the major causes of this poor time and cost performance. The top five causes for time overrun were concluded as design variation from client and consultant, unrealistic schedules and completion dates projected by clients, delay in obtaining government permits and approvals, inaccurate time estimation by the consultants and change orders from clients. Whereas, the top five causes of cost overrun were summarized as design variation, poor cost estimation, delay in client's decision-making process, financial constraints of client and inappropriate procurement method.</p>
6	<p>Jurnal: International journal of construction management</p> <p>Abbas Hassan, Khaled El-Rayes & Mohamed Attalla (2021)</p>	<p>Stochastic scheduling optimization of repetitive construction projects to minimize project duration and cost</p>	<p>Considering risk and uncertainty during the scheduling optimization of repetitive construction projects is a challenging task. This article presents the development of a novel multi-objective stochastic scheduling optimization model for minimizing the expected project duration and cost of repetitive construction projects. The developed model integrated Monte Carlo simulation with a multi-objective genetic algorithm to: (1) consider uncertainties associated with the production rates of the construction crews; and (2) identify an optimal crew formation and crew deployment date for each activity that minimize the project duration and cost. The performance of the developed model was analyzed using a real-life case study that highlighted the novel model capabilities in generating a set of optimal trade-off solutions between expected project duration and cost while considering all uncertainties in crew production rates. These novel capabilities of the developed model enable construction planners to identify and implement an optimal resource utilization plan that account for inherent project risks.</p>
7	<p>Jurnal: International journal of construction management</p>	<p>Assessing the Impact of Construction Risks on Cost Overruns: A Risk Path Simulation-Driven Approach</p>	<p>The lack of effective and comprehensive risk identification leads to ineffective risk management, which accordingly leads to failure in achieving project goals. Previous research efforts related to simulating risks in construction projects mostly have been limited to viewing risks as segregated factors, and thus providing static analysis. This paper addressed this knowledge gap through a risk path simulation-driven</p>

	Tamima S. Elbashbishy, ssama A. Hosny, Ahmed F. Waly & Elkhayam M. Dorra (2022)		<p>approach that addresses construction risks as a continuum of risk sources, events, and project characteristics. The authors (1) identified 131 construction project risks by conducting an extensive literature review, (2) designed a risk path by analyzing risk paths available in the literature, capitalizing on identified benefits, and avoiding drawbacks, (3) conducted a project-based survey to collect data from 53 construction projects related to the magnitude and impact of occurrence of the identified risks on cost overruns, (4) developed a series of two genetic algorithm (GA) models and one artificial neural network (ANN) model to quantify the impact of construction risks on cost overruns, and (5) created an ontology model to facilitate data structuring and retrieval. An ontology is a data modeling tool used to represent unstructured information into structured forms. Results show that 80% of the risks identified in this research were found to have a significant impact on cost overruns, and 89% can be recognized at project initiation. The contribution of this framework lies in its ability to represent the cost impact of a chain of conditions and events, rather than a single-point risk factor using GA and ANN modeling techniques. The proposed framework may help industry practitioners assess the impact of significant construction risks on cost overruns.</p>
8	<p>Jurnal: International journal of construction management</p> <p>Mehdi Tavakolan & Shayan Nikoukar (2022)</p>	<p>Developing an optimization financing cost-scheduling trade-off model in construction project</p>	<p>Time-cost trade-off analysis is one of the most challenging tasks of construction project planners. Project planners face complicated multivariate time-cost optimization problems that require simultaneous minimization of total project duration and total project cost while considering issues related to the optimal present value of profit. In addition, given the complexity of construction projects in recent years, clever management has become increasingly important in cases of project financing and scheduling. There are choices and limits that make it difficult for project planners to develop a proper financing plan considering project time status. Therefore, the methods of financing affect the project plan. Parameters such as interest rate, contract terms, and financing options (i.e., types of the loan) in the project construction period can change the final profit value of the project. Hence, a skilled planner should consider various effective parameters for scheduling projects. This study presents a hybrid meta-heuristic algorithm to solve a multi-objective optimization problem in construction project planning and financing. The main objective of the model is to present a Pareto chart that shows the trade-off between duration of the project and the financing cost by considering different durations for each activity of the project and various financing options. The model is first validated in a simple case study and then applied to a large-scale case study. The model shows the optimal solutions which have time and financing cost. For each optimal solution, the model will create a cash flow containing project (direct and indirect cost and payments) and</p>

			<p>financing flows (borrowed money and repayments of principal and interest) based on a work schedule. Finally, a sensitivity analysis is performed to examine the effects of changes in the various parameters of the project cash flow on the ultimate results. It is shown that the proposed model is superior to the existing models in finding better project planning solutions with lower total project duration and lower total project financing cost in the proposed construction project financing problems. In addition, the proposed model improves the solutions through generations and provides optimal solutions in acceptable processing time.</p>
9	<p>Jurnal: International journal of construction management</p> <p>Mohamed Sayed, Mohamed Abdel-Hamid & Karim El-Dash (2020)</p>	<p>Improving cost estimation in construction projects</p>	<p>The accurate cost estimate is one of the success keys to construction projects. The influence of inaccurate cost estimation on construction projects is critical. There is no consensus among researchers about the most important factors influencing the cost estimate accuracy. The study's objective is to get an accurate cost estimate because the precise cost estimate keeps all parties focused on delivering the project within the budget. This objective is achieved by collecting the influential factors from the literature review and creating a powerful arithmetical model of cost estimation. Twenty-nine factors were collected by reviewing many researches. A questionnaire was prepared and then was examined by fourteen project managers. Pareto technique was conducted to get the foremost influential factors. Based on the Pareto technique, the 29 factors were reduced to nine. Then, a powerful arithmetical model was created in this study to get an accurate cost estimate. Finally, fourteen finished projects were selected to be case studies. The cost variance percentages were between 1% and 15% for each case study. By using the model, the estimated contract value of each case study was recalculated and, the cost variance percentages were between 0.5% and 0.8% for each case study.</p>
10	<p>Jurnal: International journal of construction management</p> <p>Shahin Dabirian, Soroush Abbaspour, Mostafa Khanzadi &</p>	<p>Dynamic modelling of human resource allocation in construction projects</p>	<p>Success of construction projects depends heavily on correct management of human resources. One of the most important effective processes in the management of human resources is the allocation of labour to the project. Allocation of human resources as an effective managerial tool and improvement factor in the progress of performing a project can strongly influence project performance in terms of cost and time. Therefore, allocation process can be improved by the estimation of labour need and assessment of different human resources allocation strategies. Labour allocation is laborious due to the existence of dynamics, complex relations and feedback in the project. A dynamic model is proposed to effectively allocate workforce using system dynamics approach. The presented model in the current research, however, enables the project to accurately estimate the labour need and its effective allocation. Using this model, required</p>

	Mostafa Ahmadi (2022)		planning for on-time supply and allocation of project labour can be done before and through the course of the project. These trends can further see development using the proper policies.
--	-----------------------	--	--

2.2. Proyek

2.2.1. Pengertian Proyek

Proyek adalah suatu kegiatan investasi yang menggunakan faktor – faktor produksi guna menghasilkan barang dan jasa yang diharapkan dapat memperoleh keuntungan dalam suatu periode tertentu (Bappenas TA-SRRP, 2003).

Proyek juga dapat didefinisikan sebagai sekumpulan aktifitas / kegiatan yang saling berhubungan satu dengan lainnya ditandai dengan adanya titik awal dan titik akhir serta hasil tertentu, bersifat lintas fungsi organisasi yang membutuhkan berbagai macam keahlian (*skills*) dari berbagai profesi dan organisasi. Kegiatan atau tugas yang dilaksanakan pada proyek berupa pembangunan / perbaikan sarana fasilitas (Gedung, jembatan, jalan, bendungan dan sebagainya) atau bisa juga berupa kegiatan penelitian.

Dalam suatu proyek konstruksi terdapat tiga hal penting yang harus diperhatikan yaitu waktu, biaya dan mutu (Kerzner, 2006). Pada umumnya, mutu konstruksi merupakan elemen dasar yang harus dijaga agar menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan perencanaan. Namun demikian, pada kenyataannya sering terjadi pembekakan biaya sekaligus keterlambatan waktu pelaksanaan (Proboyo, 1999; Tjaturono, 2004). Dengan demikian, seringkali efisiensi dan efektifitas kerja yang diharapkan tidak tercapai. Hal ini mengakibatkan

pengembang akan kehilangan nilai kompetitif dan peluang pasar (Mora dan Li, 2001).

Proyek dalam pelaksanaannya seringkali mengalami kendala teknis dan administratif yang pada akhirnya proyek tidak dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang ditentukan dalam kontrak. Salah satu penyebab umum kesulitan dalam pelaksanaan proyek adalah keterlambatan penyediaan alat/bahan proyek, kualitas tenaga kerja yang buruk, mobilisasi sumber daya yang lambat, hasil pekerjaan yang harus diulang/dikoreksi karena cacat/kesalahan, kurangnya koordinasi dan pengawasan antar pekerja dan pemilik proyek, kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerja dan sebagainya.

Di Indonesia yang mempunyai dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan akan sangat mempengaruhi waktu pelaksanaan konstruksi yang harus diperhitungkan, terutama pekerjaan gedung dan jembatan yang sangat rawan dilaksanakan pada musim hujan. Hal ini akan menuntun kearah situasi yang tidak menguntungkan apabila ternyata musim hujan tidak sesuai yang diperkirakan maka waktu penyelesaian proyek dapat terganggu.

Apapun alasannya, perpanjangan waktu konstruksi harus dihindari, kecuali jika memenuhi alasan yang dapat diterima sesuai dengan kontrak seperti pekerjaan tambahan, perubahan desain, keadaan yang tidak terduga seperti bencana alam dan sebagainya.

Keterbatasan waktu dalam kegiatan proyek pelaksanaan konstruksi semata – mata mengingat pada :

- Biaya investasi proyek yang dikeluarkan agar cepat Kembali.
- Batasan waktu berlakunya anggaran untuk dan APBN / APBD dan batas waktu berakhirnya masa pelaksanaan konstruksi jalan dan jembatan bagi dan pinjaman Bantuan Luar Negeri (BLN).

Proyek memiliki tujuan atau ruang lingkup pekerjaan yang jelas, berdasarkan persyaratan teknis dan administratif yang telah disiapkan. Biasanya proyek dilakukan oleh organisasi proyek secara sementara dan akan dibubarkan setelah proyek selesai. Sedangkan kegiatan yang dilakukan berulang-ulang atau kegiatan yang merupakan kegiatan sehari-hari/rutin, biasanya bukan merupakan tugas atau kegiatan yang disebut proyek.

1. 1. Proyek memiliki sifat dinamis dalam pelaksanaannya, yang berarti bentuknya selalu berubah dan berkembang.
2. Hasilnya tidak berulang, artinya produk suatu proyek hanya sekali, bukan produk rutin / berulang (pabrikasi)

2.2.2. Jenis Proyek

Proyek konstruksi berkembang sejalan dengan perkembangan kehidupan manusia dan kemajuan teknologi. Bidang – bidang kehidupan manusia yang semakin beragam menuntut industri jasa konstruksi membangun proyek – proyek konstruksi sesuai dengan keragaman bidang tersebut. Sehingga jenis – jenis proyek secara umum dapat dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu :

1. Proyek konstruksi bangunan Gedung (*Building Construction*)

Proyek pembangunan gedung meliputi gedung perkantoran; sekolah, toko, rumah sakit, rumah dan sebagainya. Biasanya perencanaan suatu proyek bangunan lebih lengkap dan detail karena berskala besar.

2. Proyek bangunan perumahan / permukiman (*Residential Construction / Real Estate*)

Proyek pembangunan perumahan/permukiman dibedakan dengan proyek bangunan rinci berdasarkan kelas konstruksi beserta penyediaan infrastruktur pendukungnya, sehingga memerlukan perencanaan infrastruktur perumahan (jaringan, transfusi, jaringan air dan fasilitas lainnya).

3. Proyek konstruksi rekayasa berat (*Heavy Engineering Construction*)

Konstruksi teknik berat umumnya merupakan proyek infrastruktur seperti proyek bendungan, jalan raya, jembatan, jembatan pemadam kebakaran, pelabuhan dan lain-lain. Jenis proyek ini umumnya besar dan membutuhkan teknologi tinggi.

4. Proyek konstruksi industri (*Industrial Construction*)

Proyek konstruksi yang termasuk dalam jenis ini biasanya adalah proyek industri yang memerlukan spesifikasi dan persyaratan khusus seperti untuk kilang minyak, industri berat/industri dasar, pertambangan, nuklir dan lain sebagainya. Perencanaan dan implementasi membutuhkan ketelitian dan keterampilan/teknologi tertentu.

2.3. Penjadwalan Proyek

Secara umum setiap proyek membutuhkan suatu penjadwalan dalam tahapan perencanaan, secara singkat penjadwalan proyek merupakan suatu cara untuk menentukan dan menetapkan pelaksanaan dari item pekerjaan serta lokasi sumber daya yang akan digunakan (*material, man power, equipment*) selama proses konstruksi. Jenis penjadwalan proyek dapat berupa penjadwalan diagram batang (*gantt chart*), kurva-s (*curve-s*), dan jaringan kerja (*network planning*).

2.3.1. Diagram Batang (*gantt chart*)

Gantt chart adalah diagram batang/blok perencanaan yang digunakan untuk penjadwalan sumber daya dan alokasi waktu yang dapat membantu pengguna untuk memastikan bahwa semua kegiatan telah direncanakan, urutan kinerja telah dihitung, perkiraan waktu kegiatan telah dicatat dan waktu proyek secara keseluruhan. telah dibuat (Heizer & Render). , 2006).

Terdapat keuntungan dalam menggunakan *gantt chart*, yaitu :

1. *Gantt chart* umumnya dikenal sebagai alat fundamental yang mudah diterapkan oleh manajer proyek untuk memudahkan mengetahui waktu mulai dan selesainya kegiatan dan sub kegiatan proyek.
2. *Gantt chart* digunakan untuk penjadwalan sederhana maupun proyek berskala besar.
3. *Gantt chart* juga dapat digunakan untuk penjadwalan operasi yang berulang.
4. Dapat menggambarkan jadwal suatu kegiatan dan kenyataan kemajuan sesungguhnya pada saat pelaporan.

Beberapa kelemahan dalam menggunakan *gantt chart*, yaitu:

1. Tidak secara spesifik menunjukkan hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya, sehingga sulit untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari keterlambatan suatu kegiatan terhadap jadwal proyek secara keseluruhan.
2. Sulit mengadakan penyesuaian dan perbaikan / pebaharuan bila diperlukan, karena pada umumnya ini berarti membuat bagan balok baru.

Contoh penjadwalan proyek dengan menggunakan digram batang (*gantt chart*) dapat dilihat pada table 2.1 berikut.

Tabel 2. 2 Contoh penjadwalan proyek dengan *gantt chart*

No.	Deskripsi Kegiatan	Nilai (Rp.)	Durasi Minggu	Bobot (%)	Minggu											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1.	Pekerjaan persiapan	1.000.000	2	2,22	1,1	1,1										
2.	Pekerjaan galian tanah	500.000	2	1,11		0,6	0,6									
3.	Pekerjaan pondasi	1.500.000	3	3,33			1,1	1,11	1,11							
4.	Pekerjaan beton bertulang	10.000.000	2	22,22				1,11	1,11							
5.	Pekerjaan pasangan/plesteran	2.000.000	3	4,44					1,48	1,48	1,48					
6.	Pekerjaan pintu jendela	6.000.000	2	13,33						6,67	6,67					
7.	Pekerjaan atap	7.000.000	2	15,56							7,78	7,78				
8.	Pekerjaan langit-langit	2.000.000	2	4,44								2,22	2,22			
9.	Pekerjaan lantai	5.000.000	2	11,11								5,56	5,56			
10.	Pekerjaan finishing	10.000.000	2	22,22										11,1	11,1	
Jumlah		45.000.000		100												
Progres perminggu (%)					1,1	1,7	1,7	12,2	13,7	8,15	15,9	15,6	18,9	11,1		
Progres kumulatif (%)					1,1	2,8	4,4	16,7	30,4	38,5	54,4	70	88,9	100		

(sumber : Ervianto, 2005)

2.3.2 Kurva-S (*Curve-S*)

Kurva – S adalah kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai kumulatif biaya atau jam kerja yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian, kurva S dapat digambarkan sebagai kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan selama berlangsungnya proyek atau bagian dari pekerjaan proyek.

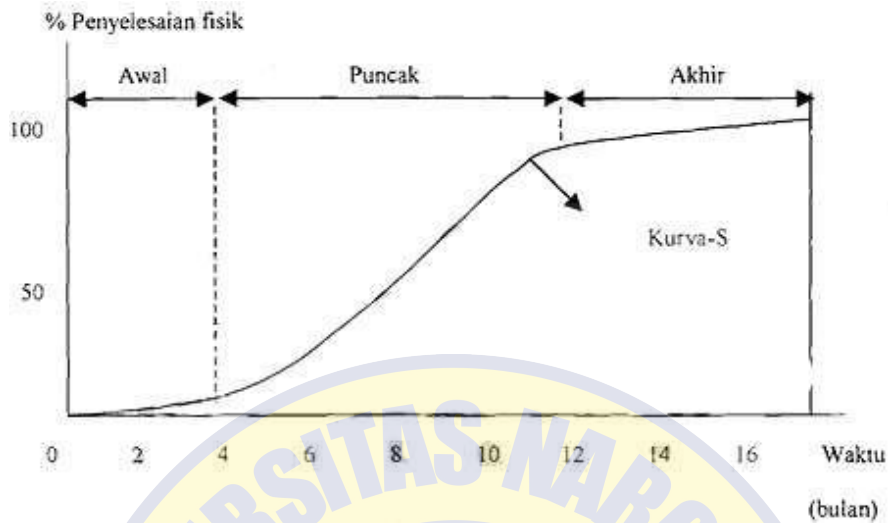
Sumbu-x pada kurva menunjukkan parameter waktu sedangkan sumbu-y menunjukkan nilai kumulatif persentase (%) bobot pekerjaan.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan bentuk S pada Kurva-S, yaitu:

1. Pada tahap awal kurvanya agak landai, hal ini karena pada tahap awal kegiatan proyek relatif kecil dan kemajuannya lambat pada awalnya.
2. Pada tahap ini banyak kegiatan proyek yang dilakukan dengan volume yang lebih banyak dan bergerak cepat dalam jangka waktu yang lebih lama.
3. Pada tahap akhir kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir yang ditandai dengan selesainya seluruh kegiatan proyek.

Bentuk kurva-S dari kegiatan awal, puncak hingga akhir dapat ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut.

Gambar 2.1 Kurva S



(Sumber : Imam Soeharto,1999)

2.3.3. Jaringan Kerja (Network Planning)

Network Planning adalah suatu jaringan yang ditujukan untuk suatu proyek pekerjaan konstruksi yang berfungsi untuk memperlancar pelaksanaan suatu proyek konstruksi, disusun secara kronologis dengan keterkaitan logis antara suatu kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya, perencanaan jaringan dapat digunakan untuk menjadwalkan dan mengontrol pelaksanaan suatu proyek. kegiatan proyek konstruksi.

Menurut Prasetya at al. (Pramodyaha, 2013) menyatakan bahwa dalam perencanaan proyek menggunakan metode *Network Planning* sangat membantu dalam:

1. Perencanaan suatu proyek yang kompleks
2. Menentukan *trade-off* (kemungkinan pertukaran) waktu dan biaya.

3. Penjadwalan / *Schedulling* pekerjaan secara praktis dan efisien.
4. Menentukan probabilitas penyelesaian suatu proyek.
5. Menyelenggarakan pembagian kerja terhadap tenaga kerja dan dana yang tersedia.

Secara umum jaringan memiliki beberapa fungsi, yaitu:

1. menggambarkan keterkaitan kegiatan dalam urutan logis
2. Identifikasi elemen kritis dengan mudah
3. Mendeteksi masalah serius.

Dalam perencanaan proyek ada 3 tahap kegiatan, yaitu :

1. Membuat deskripsi kegiatan – Menyusun urutan logis kejadian – kejadian, menentukan kondisi – kondisi awal, menggambarkan keterkaitan dan ketergantungan antar kegiatan – kegiatan.
2. Perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap kegiatan, konfirmasi kapan suatu kegiatan dimulai dan berakhir, secara keseluruhan ketika proyek selesai.
3. Menentukan alokasi biaya dan peralatan untuk pelaksanaan setiap kegiatan, walaupun pada intinya hal ini tidak begitu penting.

Tiga tahap perencanaan proyek akan menghasilkan satu tabel yang terutama berisi daftar aktivitas, logika ketergantungan dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan setiap aktivitas.

2.4. Program Microsoft Project

Program *Microsoft Project* adalah program aplikasi spreadsheet / pengolah lembar kerja untuk manajemen proyek, pengambilan data, dan grafik. Kegiatan manajemen berupa suatu proses kegiatan yang akan mengubah input menjadi output sesuai dengan tujuannya. Input meliputi elemen manusia, material, mata uang, mesin/perkakas dan aktivitas. Kemudian diolah menjadi hasil yang maksimal untuk mendapatkan informasi yang diinginkan sebagai bahan pertimbangan pengambilan keputusan dalam proses perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian.

Berikut beberapa keuntungan yang bisa didapatkan dengan menggunakan *Microsoft Project*, yaitu:

1. Dapat melakukan penjadwalan produksi secara efektif dan efisien, karena ditunjang dengan informasi alokasi waktu yang dibutuhkan untuk tiap proses, serta kebutuhan sumber daya untuk setiap proses sepanjang waktu.
2. Dapat diperoleh secara langsung informasi aliran biaya selama periode.
3. Mudah dilakukan modifikasi jika akan melakukan *rescheduling*.
4. Penyusunan jadwal produkai yang tepat akan lebih mudah dihasilkan dalam waktu yang cepat.

2.5. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan/perkiraan jumlah nominal anggaran yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan

konstruksi. Menurut Firmansyah (2011:25) dalam bukunya, desain bangunan aplikasi Rencana Anggaran Biaya dalam pembangunan rumah. Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan besaran biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah serta biaya-biaya lain yang berkaitan dengan pelaksanaan proyek pembangunan.

Adapun kegunaan pokok anggaran menurut Munandar (2000), yaitu sebagai berikut :

1. Sebagai pedoman kerja

Anggaran berfungsi sebagai pedoman kerja yang memberikan arah dan gambaran tentang target yang ingin dicapai dalam proyek.

2. Sebagai alat pengkoordinasi kerja

Koordinasi kerja digunakan agar seluruh bagian perusahaan atau pihak-pihak yang terlibat dalam proyek dapat saling mendukung untuk bekerja sama mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

3. Sebagai alat pengawasan kerja

Alat perbandingan benchmark untuk menilai (mengevaluasi) biaya dalam anggaran dengan realisasi biaya yang dicapai dalam proyek. Sehingga diketahui keberhasilan pekerjaan dan penyebab terjadinya penyimpangan anggaran dengan realisasinya. Hal ini berguna untuk menyusun rencana anggaran selanjutnya dengan lebih teliti dan akurat.

Perhitungan anggaran biaya proyek terdiri dari 5 hal pokok, yaitu :

1. Bahan – bahan

Termasuk perhitungan harga bahan yang dibutuhkan. Harga bahan yang biasanya digunakan adalah harga bahan di tempat pelaksanaan pekerjaan meliputi biaya pengangkutan, biaya untuk menaikkan dan menurunkan, pemeriksaan, pengepakan, penyimpanan sementara di dalam gedung, mutu dan asuransi.

2. Upah pekerja

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi biaya upah pekerja yaitu durasi pekerjaan (lamanya jam kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan), kondisi lokasi pekerjaan, keahlian dan keterampilan pekerja yang bersangkutan.

3. Peralatan konstruksi

Perhitungan biaya peralatan konstruksi didasarkan pada masa pakai dari alat tersebut, lamanya pemakaian alat dan besarnya jenis pekerjaan yang akan dilakukan. Biaya peralatan biasanya meliputi biaya pemindahan, biaya sewa, pengangkutan, pemasangan lat, biaya operasi, pembongkaran dan upah operator dan pembantunya.

4. Biaya tidak terduga (*overhead*)

Biaya tidak terduga dibagi menjadi 2, yaitu :

- a. Biaya umum tak terduga adalah biaya-biaya yang tidak langsung dibebankan pada pembangunan proyek, seperti peralatan dan alat

tulis kantor, listrik, telepon, sewa kantor, asuransi, bunga bank, pajak, biaya perjalanan, biaya notaris dan lain-lain.

- b. Biaya tak terduga proyek adalah biaya yang dapat dibebankan pada proyek tetapi tidak dapat dibebankan pada biaya material, upah pekerja atau alat berat, seperti survey, perijinan, telepon yang terpasang di proyek, gaji pengawas proyek dan lain-lain.

5. Keuntungan (*profit*)

Biasanya keuntungan dinyatakan dalam persentase dari total biaya, yaitu sekitar 8% - 15% tergantung dari keinginan kontraktor untuk mendapatkan proyek tersebut. Faktor yang mempengaruhi besarnya keuntungan adalah besarnya resiko pekerjaan, tingkat kesulitan pekerjaan dan cara pembayaran dari pemberi kerja.

2.6. Percepatan Waktu Proyek (Crashing)

2.6.1. Pengertian *Crashing*

Crashing adalah proses yang disengaja, sistematis dan analitis untuk mempercepat penyelesaian proyek dengan menganalisis semua kegiatan yang berpusat pada kegiatan yang berada di jalur kritis.

Dalam melaksanakan suatu proyek, ada beberapa alasan yang menjadi dasar pengurangan durasi suatu proyek. Salah satu alasan paling umum adalah bahwa ada sesuatu yang dikenal sebagai “Tanggal Durasi Proyek yang Dibebani”. Tanggal Durasi Proyek yang Dibebankan ini terjadi karena adanya pernyataan dari manajer atau pimpinan perusahaan kepada banyak personel bahwa proyek yang sedang dikerjakan oleh timnya akan selesai pada waktu tertentu.

Terdapat beberapa alasan dilakukannya crashing, yaitu :

1. Kegiatan proyek yang bersangkutan diharapkan dapat segera selesai, karena telah menjadi keputusan pemilik proyek karena suatu alasan tertentu.
2. Adanya keterlambatan pelaksanaan proyek yang telah melampaui batas toleransi yang akan mempengaruhi kelancaran penyelesaian proyek secara keseluruhan. Keterlambatan dapat disebabkan oleh gangguan cuaca, kesalahan desain awal, kerusakan mesin, peralatan dan lain-lain.
3. Memberikan insentif kepada pelaksana proyek jika proyek selesai lebih awal.

Proses mempercepat jangka waktu tersebut disebut *Crash Program*. Proses crashing harus mempertimbangkan proses analitis yang sistematis termasuk pengujian terhadap semua aktivitas, terutama aktivitas yang berada pada jalur kritis. Pada *Crashing Project*, biayanya bersifat variabel, sedangkan durasinya sesuai dengan durasi yang dihitung untuk mengurangi durasi proyek.

Ada 4 faktor yang dapat dioptimalkan untuk melakukan percepatan pada suatu proyek, yaitu :

1. Penambahan jumlah tenaga kerja.
2. Penjadwalan kerja lembur.
3. Penambahan atau penggantian peralatan yang lebih produktif.
4. Mengubah metode konstruksi di lapangan.

2.6.2. Langkah – langkah dalam Metode Percepatan (*Crashing*)

Untuk menganalisis percepatan durasi proyek, ada beberapa langkah yang perlu diperhatikan sebagai berikut :

1. Menentukan durasi normal dengan menggunakan jaringan kerja dan biaya proyek normal.
2. Menentukan lintasan kritis durasi proyek normal.
3. Menentukan durasi normal dan durasi yang dipercepat serta semua biaya untuk semua kegiatan.
4. Menghitung dan menentukan *cost slope* dari setiap kegiatan.
5. Mengurangi durasi aktivitas kritis, dimulai dari aktivitas kritis yang memiliki kombinasi nilai *cost slope* paling kecil. Setiap aktivitas dipercepat sampai waktu percepatan yang diinginkan tercapai atau jalur kritis baru terbentuk.
6. Setelah membentuk jalur kritis baru, waktu aktivitas kritis dipersingkat, sehingga memiliki nilai *cost slope* paling kecil. Jika terdapat beberapa jalur kritis, maka perlu mempersingkat kegiatan pada jalur kritis secara bersamaan, jika hal ini dapat mengurangi durasi proyek secara keseluruhan.
7. Pada setiap langkah, periksa waktu tenggang atau *float* di setiap aktivitas, jika ada maka aktivitas dapat diperlambat untuk mengurangi biaya proyek.
8. Pada setiap siklus percepatan waktu, biaya proyek dihitung dari durasi proyek baru, ditabelkan dan diplot poinnya ke dalam grafik biaya-waktu proyek.
9. Lanjutkan sampai tidak ada lagi kemungkinan percepatan yang dapat dilakukan hal ini disebut dengan titik percepatan.
10. Plot biaya tidak langsung proyek ke dalam grafik biaya dan waktu yang sama.

11. Jumlahkan biaya langsung dan biaya tidak langsung untuk biaya total proyek pada setiap durasi waktu.
12. Gunakan kurva biaya total proyek tersebut untuk menentukan biaya optimum (penyelesaian dengan biaya terendah atau biaya proyek sesuai jadwal yang direncanakan).

2.7 Tenaga Kerja

Tenaga kerja adalah setiap orang yang mampu melakukan pekerjaan untuk menghasilkan barang dan atau jasa baik untuk memenuhi kebutuhan sendiri maupun untuk masyarakat. Sedangkan ketenagakerjaan adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan tenaga kerja sebelum, selama dan setelah masa kerja. Jam kerja yang berlaku adalah 7 jam sehari dan 40 jam seminggu selama 6 hari kerja. Pegawai yang bekerja 5 hari seminggu dikenakan kewajiban 8 jam sehari dan 40 jam seminggu (UU No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan).

Menurut UU No. 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan terdapat 3 tujuan pembangunan ketenagakerjaan yang disebutkan pada pasal 4, yaitu :

1. Memberdayakan dan mendayagunakan tenaga kerja secara optimal dan manusiawi.

Penjelasan pasal 4 huruf a UU No. 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan adalah “Pemberdayaan dan pendayagunaan tenaga kerja merupakan suatu kegiatan yang terpadu untuk dapat memberikan kesempatan kerja seluas luasnya bagi tenaga kerja Indonesia. Melalui pemberdayaan dan pendayagunaan ini diharapkan tenaga kerja Indonesia dapat berpartisipasi secara optimal dalam Pembangunan Nasional, namun dengan tetap menjunjung nilai – nilai kemanusiaan.”

2. Mewujudkan pemetaan kesempatan kerja dan penyediaan tenaga kerja yang sesuai dengan kebutuhan Pembangunan Nasional dan daerah.

Penjelasan pasal 4 huruf a UU No. Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan adalah “Pemerataan kesempatan kerja harus diupayakan di seluruh wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia sebagai satu kesatuan pasar kerja dengan memberikan kesempatan yang sama untuk memperoleh pekerjaan bagi seluruh tenaga kerja Indonesia sesuai dengan bakat, minat dan kemampuannya. Demikian pula pemerataan penempatan tenaga kerja perlu diupayakan agar dapat meniscikan kebutuhan di seluruh sector dan daerah.”

3. Memberikan perlindungan kepada tenaga kerja dalam mewujudkan kesejahteraan dan meningkatkan kesejahteraan tenaga kerja dan keluarganya

Karena bidang ketenagakerjaan dianggap penting dan menyangkut kepentingan umum, maka pemerintah mengalihkannya dari hukum privat menjadi hukum public. Alasan lain adalah banyaknya masalah ketenagakerjaan yang terjadi baik dalam maupun luar negeri. Salah satu contoh adalah banyak kasus yang masuk ke Pengadilan Hubungan Industrial (PHI) menyangkut penggunaan tenaga kerja asing. Setiap putusan badan peradilan PHI akan menjadi evaluasi untuk kepentingan di bidang ketenagakerjaan.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melaksanakan penambahan tenaga kerja, yaitu :

1. Ketersediaan pekerja untuk menjadi pekerja sementara.
2. Produktivitas tenaga kerja akan tetap terjaga.

3. Kerja tim akan berkurang.

2.8. Produktivitas Tenaga kerja

Produktivitas tenaga kerja adalah jumlah pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh seorang pekerja setiap hari. John Soeprihanto berpendapat bahwa produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai dengan keseluruhan sumber daya yang terpengaruh atau perbandingan jumlah produksi (*output*) dengan sumber daya yang digunakan (*input*).

Jika produktivitas tinggi atau meningkat, maka suatu organisasi atau perusahaan dikatakan berhasil. Sebaliknya jika produktivitas lebih rendah dari standar atau menurun maka dapat dinyatakan tidak atau kurang berhasil .

Terdapat 3 faktor yang mempengaruhi produktivitas, yaitu :

1. Metode dan teknologi yang digunakan meliputi desain teknik, metode konstruksi, urutan pekerjaan dan pengukuran pekerjaan.
2. Manajemen lapangan, meliputi perencanaan dan penjadwalan, tata letak lapangan, komunikasi lapangan, manajemen material, manajemen peralatan dan manajemen tenaga kerja.
3. Faktor manusia, meliputi tingkat upah kerja, kepuasan kerja, insentif, bagi hasil, hubungan kerja mandor-karyawan, hubungan kerja antar rekan kerja dan ketidakhadiran (Tindakan tidak masuk kerja tanpa alasan).

2.9. Alat Berat Konstruksi

Alat berat yang dikenal dalam teknik sipil adalah alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melaksanakan pekerjaan pembangunan suatu infrastruktur di bidang konstruksi. Alat berat merupakan faktor penting dalam proyek, terutama proyek konstruksi skala besar. Tujuan dari alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam melakukan pekerjaan sehingga hasil yang diharapkan dapat dicapai dengan lebih mudah dalam waktu yang relatif lebih singkat dan diharapkan hasilnya akan lebih baik, seperti mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan percepatan durasi proyek, akan menyebabkan perubahan biaya dan waktu. .

2.10. Produktivitas Alat Kerja Konstruksi

Yang dimaksud dengan produktivitas atau kapasitas alat adalah jumlah keluaran (output) dari volume kerja tertentu yang dihasilkan alat per satuan waktu. Untuk memperkirakan produktivitas pahat, perlu menggunakan faktor kinerja pahat standar yang disediakan oleh pabrikan pahat, faktor efisiensi pahat, operator, bidang dan material. Metode penghitungan perkiraan produktivitas alat bervariasi tergantung pada fungsi dan penggunaan alat. Namun, ia memiliki dasar perhitungan yang sama.

2.10.1 Excavator

Excavator merupakan alat berat yang lebih sering digunakan dalam dunia konstruksi terutama untuk pekerjaan penggalian dan pekerjaan umum lainnya yaitu perataan tanah, penghancuran dan penanganan material.

2.10.2 Concrete Pump

Concrete Pump adalah alat yang dapat dipasang secara kombinasi vertikal dan horizontal atau miring, untuk menyalurkan material cor beton melalui saluran pipa/selang tertutup dengan pompa ke pengecoran.

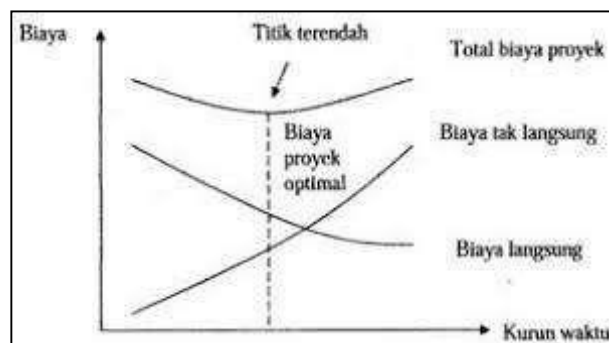
2.10.3 Mesin Bore Pile

Mesin *bore pile* merupakan alat berat yang khusus dioperasikan dalam pembangunan pondasi *bore pile*. Alat tersebut berfungsi untuk membuat lubang bor pada tanah dasar suatu konstruksi bangunan sipil.

2.11. Hubungan antara Biaya dan Waktu

Total biaya proyek merupakan penjumlahan dari biaya langsung dan tidak langsung yang digunakan dalam pelaksanaan proyek. Besarnya biaya ini sangat bergantung pada lamanya waktu (durasi) penyelesaian proyek, yang keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Semakin lama proyek berjalan, semakin tinggi biaya tidak langsung kumulatif yang diperoleh.

Gambar 2.2 menunjukkan hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung dan total biaya proyek. Biaya optimal diperoleh dengan mencari total biaya proyek terkecil.



Gambar 2. 2 Hubungan Waktu-Biaya Total, Biaya Tidak Langsung, Biaya Langsung dan Biaya Optimal(Sumber : Imam Soeharto, 1999)

Terdapat 2 elemen biaya yang berhubungan dengan waktu, yaitu :

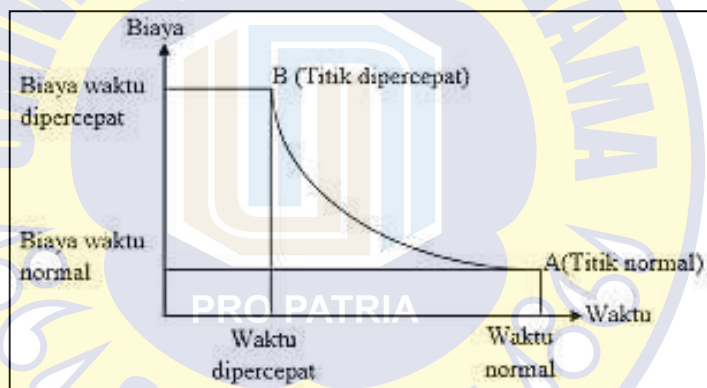
1. *Normal Cost*

Normal Cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek dalam waktu normal.

2. *Crash Cost*

Crash Cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek dalam jangka waktu yang sama dengan durasi crash.

Hubungan antara waktu dan biaya pada kondisi normal dan dipercepat dapat dilihat pada Gambar 2.17 di bawah ini.



Gambar 2. 3 Hubungan-Biaya Normal dan Dipercepat dalam Suatu Kegiatan

Gambar 2.3 menunjukkan hubungan antara biaya dan waktu. Jika waktunya dipersingkat, maka biaya yang dibutuhkan juga akan meningkat dari biaya normal. Hal ini disebabkan adanya kenaikan biaya langsung, seperti gaji pekerja peralatan dan sebagainya.