

Model Kurva Belajar Pemasangan *U-Ditch* pada Proyek Normalisasi Saluran Air di Kota Mojokerto

Feri Harianto¹, Andhika Agung P², Felicia Tria N³, Diah Listyaningsih⁴, Fahmi Firdaus Alrizal⁵
Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknikologi Adhi Tama Surabaya^{1,2,3,4,5}
e-mail: feri_h@itats.ac.id¹, andhikaagungpermana9517p@gmail.com², felicia@itats.ac.id³,
diahlistya@itats.ac.id⁴, fahmi.alrizal@itats.ac.id⁵

ABSTRACT

The installation of a U-Ditch in the water channel normalization project affects the smoothness of other tasks, thus work productivity plays a very important role in construction projects. Repetitive tasks allow for skill improvement, which leads to a reduction in installation duration and cost efficiency. The learning curve for a repetitive task depends on prior work experience, technology, and tools. Additionally, time management skills also influence work productivity. Labor productivity is related to the learning curve, and by understanding the learning curve model, the time required for a task can be estimated. The learning curve models for U-Ditch installation in this study are the Wright model, De Jong model, Exponential average regression model, and several Exponential regression models. The sample used in this study consists of time data for U-Ditch installation on a water channel normalization project in Mojokerto City. The sample size is 30 times observations from the lifting of the U-Ditch until its placement within 1 day. The results of this study show three best models, namely: the Wright model equation, $t_n = 5,232 n^{-0,242}$, the De Jong model equation, $t_n = 5,233 (M + (1-M) n^{-0,242})$, and the Exponential regression model equation, $t_n = 5,233 n^{-0,233}$, with a coefficient of determination $R^2 = 97.49\%$ and the smallest relative error of 0.916. This learning curve model contributes to the productivity of work in construction projects by predicting the time required for task execution.

Keywords: learning curve, time prediction, model

ABSTRAK

Pemasangan *U-Ditch* dalam proyek normalisasi saluran air memengaruhi kelancaran pekerjaan lainnya, sehingga produktivitas kerja berperan sangat penting di proyek konstruksi. Pekerjaan berulang memungkinkan peningkatan keterampilan pekerja, yang berdampak pada pengurangan durasi pemasangan dan efisiensi biaya. Kurva belajar untuk suatu pekerjaan yang berulang tergantung pengalaman kerja sebelumnya, teknologi, dan alat. Selain itu, keterampilan manajemen waktu juga mempengaruhi produktivitas kerja. Produktivitas tenaga kerja mempunyai hubungan dengan kurva belajar, dengan mengetahui model kurva belajar maka dapat mengetahui besarnya waktu yang dibutuhkan untuk suatu pekerjaan. Model kurva belajar pemasangan *U-Ditch* di penelitian ini adalah model wright, model de jong, model regresi *exponential average* dan beberapa model regresi Eksponensial. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data waktu pemasangan *U-Ditch* pada proyek normalisasi saluran air di Kota Mojokerto. Besarnya sampel yang digunakan 30 pengamatan waktu dari pengangkatan *U-Ditch* sampai pada penempatannya dalam waktu 1 hari. Hasil penelitian ini terdapat tiga model yang terbaik, yaitu persamaan model wright yaitu $t_n = 5,232 n^{-0,242}$, persamaan model de jong yaitu $t_n = 5,233 (M + (1-M) n^{-0,242})$, persamaan model regresi eksponensial yaitu $t_n = 5,233 n^{-0,233}$, dengan koefisien determinasi $R^2 = 97,49\%$ dan kesalahan relatif terkecil bernilai 0,916. Model kurva belajar ini berkontribusi kepada produktivitas pekerjaan pelaksanaan di proyek konstruksi dalam memprediksi waktu pelaksanaan pekerjaan.

Kata Kunci: Kurva belajar, prediksi waktu, model

PENDAHULUAN

Sistem drainase perkotaan mempunyai peran penting untuk mengurangi dampak banjir, oleh karena itu, salah satu penyelesaiannya adalah melaksanakan normalisasi saluran air. Dengan terbatasnya waktu pekerjaan pemasangan *U-ditch* dibutuhkan pengetahuan dan keterampilan yang baik agar berjalan dengan lancar dan efektif [1]. Pemasangan *U-ditch* di lokasi proyek tergantung dari desain teknis dan efektifitasnya. Kenyataan di lapangan proses pemasangan pekerjaan *U-ditch* mengalami banyak hambatan, diantaranya yaitu terbatasnya lahan, dan keterampilan pekerja. Proses pelaksanaan pekerjaan pemasangan *U-ditch* yang cepat dan tepat menjadi faktor penting dalam kelancaran penyelesaian. proyek. Produktivitas pemasangan

ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama tenaga kerja, karena prosesnya tidak sepenuhnya dapat digantikan oleh alat berat[2]. Meningkatkan keahlian dan kebiasaan pekerja dapat memperpendek waktu siklus pemasangan, yang berdampak langsung pada efisiensi waktu dan penghematan biaya proyek. Salah satu pendekatan dalam proses pemasangan *U-ditch* adalah melalui pemahaman tentang kurva belajar, konsep ini menjelaskan tentang efektivitas pekerjaan yang dilakukan secara berulang dengan semakin banyaknya pengalaman seiring dengan berjalannya waktu.

Fenomena pengurangan waktu dalam pekerjaan berulang telah lama dikaji melalui konsep kurva belajar, yang menggambarkan peningkatan efisiensi berdasarkan pengalaman kerja[3]. Model Wright dan De Jong merupakan dua pendekatan yang sering digunakan untuk memprediksi tren ini, dengan model De Jong secara khusus mempertimbangkan faktor pengalaman tenaga kerja. Dalam konteks pemasangan *U-ditch*, pengamatan terhadap waktu dan produktivitas sangat penting untuk menghasilkan data yang dapat mendukung analisis kurva belajar. Perhitungan akurasi prediksi, seperti menggunakan *metode Root Mean Sqaure Error* (RMSE), membantu mengoptimalkan perencanaan dan penggunaan sumber daya secara efektif. penelitian ini bertujuan menganalisis kurva belajar yang terbaik dari berbagai model kurva belajar. Adapun pendekatan model yang digunakan adalah model de jong, model wright, dan berbagai jenis model regresi eksponensial

TINJAUAN PUSTAKA

Produktivitas Tenaga Kerja

Produktivitas merujuk pada perbandingan antara hasil keluaran (*output*) dan sumber daya yang digunakan (*input*). Output merupakan pencapaian yang dihasilkan, sedangkan input mencakup semua sumber daya yang diperlukan untuk mencapai hasil tersebut [4]. Dalam konteks konstruksi, output sering kali diinterpretasikan sebagai hasil kerja, sedangkan input biasanya diukur dalam jam kerja, sehingga produktivitas sering diukur dalam satuan seperti m^2/jam , m^3/jam , dan sebagainya. Meningkatkan produktivitas merupakan suatu keharusan dalam setiap proyek konstruksi, karena berkaitan erat dengan pengurangan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pada setiap satuan luas atau volume. Upaya meningkatkan produktivitas tidak hanya berkaitan dengan kuantitas, tetapi juga kualitas. Meskipun terjadi peningkatan dalam hal kualitas tanpa peningkatan kuantitas, hal tersebut masih dianggap sebagai peningkatan produktivitas. Oleh karena itu, untuk mencapai tingkat kualitas dan produktivitas yang diharapkan, perlu dilakukan peningkatan dalam berbagai aspek proses produksi, terutama yang berkaitan dengan sikap profesional para pengelola serta unsur-unsur yang terlibat dalam pelaksanaan proses produksi. Tenaga kerja berperan signifikan dalam meningkatkan produktivitas, yang dapat diamati dari hasil yang diperoleh dibandingkan dengan upaya yang dikeluarkan. Semakin efisien penggunaan tenaga kerja, semakin tinggi tingkat produktivitas yang dapat dicapai. Keterampilan dan pengalaman tenaga kerja memiliki dampak langsung pada kemajuan pelaksanaan proyek konstruksi. Perencanaan yang cermat mengenai jenis dan waktu penggunaan tenaga kerja sangat penting untuk keberhasilan suatu proyek [5].

Kurva Belajar

Kurva pembelajaran adalah representasi grafis yang menggambarkan hubungan antara waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu tugas dan jumlah unit yang dihasilkan secara kumulatif. Secara umum, kurva pembelajaran menunjukkan penurunan waktu yang dibutuhkan seiring dengan peningkatan pengalaman atau produksi unit. Konsep ini mencerminkan efisiensi yang semakin tinggi sejalan dengan berjalannya waktu dan dikenal sebagai efek pembelajaran [6]. Kurva pembelajaran membandingkan waktu penyelesaian tugas dengan total unit yang dihasilkan, dan aplikasinya meluas di berbagai industri. Pemahaman yang mendalam terhadap kurva pembelajaran dapat membantu perencanaan produksi, estimasi biaya, dan peningkatan efisiensi operasional baik bagi perusahaan maupun individu [7]. Pada penelitian ini model kurva belajar yang digunakan adalah model wright, model de jong, model *exponential average* dan beberapa model regresi eksponensial.

U-ditch

U-ditch merupakan jenis produk beton precast yang diproduksi melalui proses pencetakan menggunakan cetakan besi dengan getaran tinggi. *U-ditch* dirancang khusus untuk saluran air, dengan bentuk yang

menyerupai huruf U. Ciri fisiknya mencakup sambungan pada ujung-ujungnya, yang bisa berupa *plat joint*, yang terdiri dari plat embedded dan sambungan but joint. Pada bagian sambungan tersebut, biasanya diberi mortar sebagai penutup nat untuk memastikan kekuatan dan ketahanan sambungan yang optimal. Beberapa manfaat penggunaan *U-ditch* untuk saluran drainase adalah:

1. Durabilitas: *U-ditch* yang terbuat dari beton precast memiliki daya tahan tinggi terhadap tekanan air, beban berat, dan kondisi lingkungan yang keras.
2. Efisiensi biaya: Penggunaan *U-ditch* precast dapat mengurangi biaya karena proses produksinya yang dilakukan di pabrik menghemat waktu dan biaya tenaga kerja di lapangan. Selain itu, produk ini mengurangi kebutuhan perbaikan dan pemeliharaan dalam jangka panjang.
3. Desain yang Konsisten: *U-ditch* memiliki desain yang konsisten, memastikan setiap unit memiliki ukuran dan spesifikasi yang seragam. Hal ini memudahkan pemasangan dan menjamin kinerja saluran drainase yang konsisten.
4. Pemasangan cepat: Produk beton precast, termasuk *U-ditch*, dapat dipasang dengan cepat dan efisien karena sudah berbentuk siap pakai. Ini mempercepat proyek konstruksi dan mengurangi gangguan di lokasi.
5. Pengelolaan air yang efektif: desain *U-ditch* yang berbentuk huruf U mendukung pengelolaan air yang efisien. Saluran ini dapat mengalirkan air dengan baik, mencegah genangan, dan mengurangi risiko banjir.

METODE

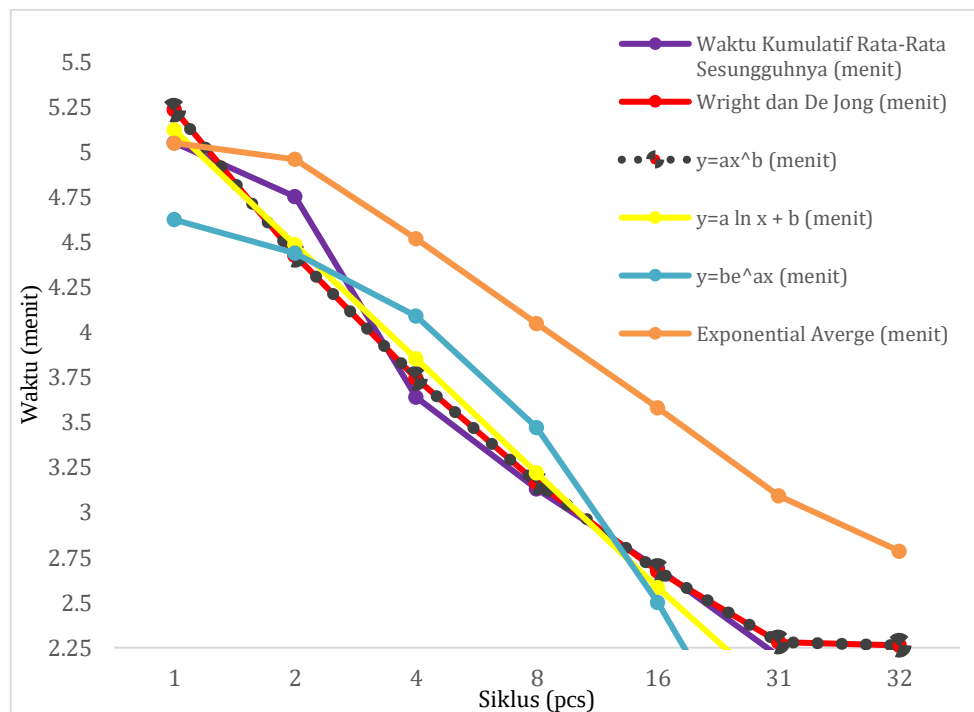
Pendekatan penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, yaitu penyelidikan sistematis terhadap suatu obyek dengan pengumpulan dan analisis data dengan matematis dan statistik. Lokasi penelitian di proyek normalisasi saluran drainase di kota Mojokerto, Jawa Timur. Variabel bebas yaitu jumlah pemasangan satu *U-ditch* sedangkan variabel terikat waktu pemasangan satu unit dan efektivitas tenaga kerja (tenaga kerja yang dibutuhkan). Pengumpulan data dalam bentuk angka dalam satuan waktu dan menggunakan teknik sampling. Instrumen pengambilan data menggunakan *stop watch*, pencatatan waktu dimulai dari pengangkatan *U-ditch* di sekitar saluran drainase menggunakan *forklift*, hingga penempatan akhir oleh *excavator* dalam saluran drainase. Observasi dilakukan dari awal pengangkatan hingga penyelesaian pemasangan, termasuk manuver *excavator* dan pelepasan kaitan lampiran untuk pengambilan sampel waktu pemasangan. Pengulangan pemasangan dilakukan dalam periode dua harian dengan mengetahui besarnya waktu pemasangan sejalan dengan bertambahnya pengalaman. Jumlah pengamatan sebagai sampel 30 pengamatan [8]. Analisis menggunakan model kurva belajar dengan model de Jong, model wright, model regresi linear dan model regresi eksponensial [9]. Tahap awal analisis melibatkan pengecekan kecukupan data, kemudian membuat kurva belajar, menghitung produktivitas, dan mengevaluasi kemampuan prediksi dari kurva belajar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kurva belajar menggambarkan seberapa cepat pemasangan *U-ditch* meningkat seiring bertambahnya jumlah pemasangan. Keenam model tersebut penurunan pemasangan menunjukkan adanya proses pembelajaran yang efektif dan peningkatan keterampilan tenaga kerja. Hasil analisis seperti pada tabel 1 menjelaskan bahwa dari berbagai model kurva belajar yang memiliki nilai determinasi (97,49%) terbesar dan nilai kesalahan relatif terkecil (0,916) adalah model wright, model de jong, dan model regresi eksponensial $t_n = 5,232 n^{-0,242}$. Berbagai model tersebut, bertujuan untuk mengevaluasi keandalan dalam menghasilkan prediksi yang mendekati nilai aktual tentang produktivitas dan waktu pada proyek yang diteliti. Nilai determinasi menunjukkan kekuatan hubungan antara siklus ke-n dengan waktu prediksi, sedangkan kesalahan relatif menjelaskan bahwa selisih hasil prediksi model dengan waktu riil pada siklus ke-n memiliki nilai yang kecil. Persamaan matematis untuk berbagai model digambarkan pada gambar 1.

Tabel 1. Hasil Model Kurva Belajar

Model	Persamaan Matematis	Determinasi $R^2(\%)$	Kesalahan Relatif
Wright	$t_n = 5,232 n^{-0,242}$	97,49	0,916
De Jong	$t_n = 5,233 (M + (1-M) n^{-0,242})$	97,49	0,916
Regresi eksponensial	$t_n = 5,232 n^{-0,242}$	97,49	0,916
Regresi eksponensial	$t_n = -0,915 \ln n + 5,12$	96,67	-3,371
Regresi eksponensial	$t_n = 4,816 e^{-0,041n}$	85,45	-19,198
Exponential average	$t_n = 0,3An + 0,7 Sn_0$	95,62	17,354



Gambar 1. Grafik Model Kurva Belajar Pemasangan U-ditch

Penurunan waktu yang signifikan pada siklus ke-1 dan ke-2, seperti yang terlihat pada Gambar 1, menunjukkan rendahnya produktivitas pekerja saat memulai pekerjaan, terutama dalam menentukan sudut elevasi dan ketinggian yang tepat. Seiring berjalannya waktu, pekerja mulai terbiasa, meningkatkan keterampilan dan produktivitas mereka, yang pada akhirnya menyebabkan stabilitas waktu pada siklus-siklus berikutnya. Fenomena ini mencerminkan proses pembelajaran atau adaptasi dalam pekerjaan repetitif, di mana peningkatan produktivitas yang disertai pengurangan waktu pengerjaan membentuk kurva belajar yang menggambarkan adaptasi pekerja terhadap tugas tersebut. Selain mempercepat waktu penyelesaian proyek, peningkatan produktivitas juga berpotensi mengurangi biaya upah pekerja. Pada gambar 1, penurunan waktu yang drastis terjadi terutama pada siklus awal pekerjaan pemasangan *U-Ditch*, sementara pada siklus ke-4 dan seterusnya penurunan waktu menjadi lebih stabil. Proses belajar ini umumnya lebih terlihat pada tahap awal pelaksanaan, dan setelah titik tertentu, produktivitas akan cenderung stabil hingga pekerjaan selesai. Fenomena ini mencerminkan adanya proses pembelajaran atau adaptasi yang terjadi dalam konteks pekerjaan yang bersifat *repetitif*. Peningkatan produktivitas yang dihasilkan dari pekerjaan berulang, ketika dipadukan dengan pengurangan waktu pengerjaan, membentuk sebuah kurva belajar yang menggambarkan adaptasi pekerja terhadap tugas yang dilakukan [10][15][16]. Selain itu, peningkatan produktivitas ini juga berdampak positif terhadap percepatan waktu penyelesaian proyek, yang pada akhirnya dapat berkontribusi pada pengurangan biaya upah pekerja. Umumnya, proses belajar yang tercermin dari peningkatan produktivitas lebih terlihat pada tahap awal pelaksanaan pekerjaan. Setelah mencapai titik tertentu, produktivitas akan cenderung stabil hingga pekerja menyelesaikan seluruh pekerjaan yang ditugaskannya. Faktor pengalaman dalam kurva belajar memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi pekerjaan, salah satunya melalui penguasaan keterampilan. Seiring bertambahnya

pengalaman, pekerja menjadi lebih terampil dalam menyelesaikan tugas dengan lebih cepat dan akurat [11][14]. Pekerja berpengalaman cenderung membuat lebih sedikit kesalahan karena telah menghadapi berbagai situasi dan memahami cara mengatasinya, sehingga mengurangi waktu yang terbuang untuk perbaikan dan meningkatkan efisiensi. [12][13] menegaskan bahwa pengalaman dalam bekerja sama dengan tim meningkatkan komunikasi dan koordinasi, yang menjadi faktor krusial dalam proyek konstruksi. Kolaborasi tim dan komunikasi yang efektif sangat berpengaruh terhadap efisiensi pekerjaan, terutama terkait kemampuan interpersonal, hubungan personal, serta adanya saling menghormati dan kepercayaan antar anggota tim. Komunikasi yang efektif hanya dapat tercapai melalui kejelasan informasi dan pertanggungjawaban kerja yang terukur. Selain itu, faktor lain seperti kondisi kesehatan dan keselamatan kerja, aktivitas proyek yang bersifat berulang, serta tekanan waktu juga berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi di proyek konstruksi.

KESIMPULAN

1. Produktivitas pemasangan U-ditch yang diamati secara langsung menunjukkan variasi yang signifikan di setiap siklusnya. Perbedaan ini disebabkan oleh variasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemasangan pada setiap siklus. Produktivitas yang dicapai berkisar antara nilai minimum 0,198 m²/jam hingga nilai maksimum 16,18 m²/jam.
2. Model kurva belajar pemasangan U-ditch saluran normalisasi terbaik untuk memprediksi waktu yang sama adalah model *wright*, model *de jong* dan model eksponensial . $t_n = 5,232 n^{-0,242}$.
3. Prediksi waktu melalui analisis kurva belajar, terlihat bahwa pada siklus ke-1 dan siklus ke-2 terjadi pengurangan waktu yang signifikan, sementara pada siklus ke-4, ke-8, dan ke-16 pengurangan waktu cenderung lebih sedikit. Hal ini disebabkan oleh pekerja yang sedang mencari metode terbaik untuk pemasangan U-Ditch pada dua siklus pertama. Pada siklus berikutnya, pekerjaan menjadi lebih mudah karena mengikuti pola dari siklus sebelumnya. Hasil prediksi kurva belajar ini juga menunjukkan peningkatan produktivitas, di mana produktivitas meningkat seiring dengan berkurangnya waktu yang dibutuhkan dalam pekerjaan berulang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad A.M, Feri Harianto, Fahmi F.A & Diah L. Pengaruh Stres Tenaga Kerja Terhadap kecelakaan Kerja Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi Di Surabaya yang Dimoderasi Usia, Pendidikan dan Pengalaman Kerja. *Paduraksa Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa* ,11(1), 122-126.
- [2] Wulfram I. Ervianto. *Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi, Yogyakarta, 2003.
- [3] Jarkas A M. *Learning effect on labour productivity of repetitive concrete masonry blockwork: Fact or fable?* International. Journal of Productivity and. Performance. Management, Vol 65, No 8, 1075-1090. 2016.
- [4] Nur Nasution. *Manajemen Mutu Terpadu*, Ghalia Indonesia, Bogor, 2004.
- [5] Iman soeharto, *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta, 1995.
- [6] Levente Malysz. *Learning Curve Effect on Project Scheduling*. *Procedia Engineering* 164, 90-97, 2016.
- [7] M. Lutfi Gustami, Muhammad Taufiq, Abdul Khamid, imron, Wahidin. Perbandingan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Drainase Konvensional Pasangan Batu Kali dengan beton Pracetak U Ditch (Studi Kasus di Desa Karanganyar Kecamatan Pagerbarang Kabupaten Tegal), *Era Sains: Journal of Science, Engineering and Information Systems Research*, Vol 1, No1, 2023.
- [8] Alwi. I. Kriteria Empirik Dalam Menentukan Ukuran Sampel Pada Pengujian Hipotesis Statistika dan Analisis Butir. *Jurnal Formatif* 2(2), 140-148, 2015.
- [9] Julius H.L. *Model-Model analisis Regresi NonLinear dalam Riset Sosial (Kajian Bivarial)*, Andi, Yogyakarta, 2022.
- [10] Agustini, F. (2019). *Strategi Manajemen Sumber Daya Manusia*. Medan: UISU Press.
- [11] Rahmadani, N., Mallongi, S., & Arifin, Z. Pengaruh Pelatihan IT Fundamental, Keterampilan, dan Pengalaman Kerja terhadap Produktivitas Kerja Karyawan. *Jurnal Online Manajemen ELPEI (JOMEL)*, Volume 4 No.2 (1030-1040), 2024.

- [12] Pratama, I. A., Santi Diwyarthi, N. M., Mas Wiartha, N. G., Adnyana, M. S., Made Darmiati, I. K., Citrawati, L. P., Anwar, M. *Manajemen Sumber Daya Manusia Lanjutan*. Batam: Yayasan Cendikia Mulia Mandiri, 2024.
- [13] Peli, M., Utama, W., Jumas, D., Zulherman, Sesmiwati, Ariani, V., Putranesia. Faktor Determinasi Komunikasi Efektif di Proyek Konstruksi dari Perspektif Multiple Stakeholders. *Studi Komunikasi Dan Media*, Vol. 26 No. 2 Hal : 109-122, 2022.
- [14] Jarkas A and Horner. *Revisiting the applicability of learning curve theory to formwork labour productivity*. Construction Management and Economics. 29, 483–493, 2011.
- [15] Mohammad A. Ammar and Mohammad Sam, *Learning curve modelling of gas pipeline construction in Egypt*. International Journal of Construction Management, Vol. 15, No. 3, 229-238, 2015.
- [16] Thomas. H. Randolph. *Construction Learning Curve*. Practice Periodical on Structural Design and Construction, 14, 14-20. 2009.