

ANALISIS PERBANDINGAN DURASI PLESTER MESIN DENGAN PLESTER KONVENSIONAL PADA DINDING BATA RINGAN

Hendi Selwyn¹ dan Oei Fuk Jin²

¹Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: hendiselwyn@gmail.com

² Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: fukjin.untar@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi baru mesin plester sudah mulai dijual dan mempengaruhi konstruksi di Indonesia terutama pembangunan gedung. Mesin ini tidak sepenuhnya menggantikan manusia untuk pekerjaan plester dinding, namun hanya memberikan bantuan pada sebagian pekerjaan. Untuk dapat melakukan efisiensi pada pekerjaan konstruksi, maka diperlukan pengetahuan mengenai suatu rangkaian proses pekerjaan. Selain itu, juga dibutuhkan kemampuan untuk menganalisis rangkaian pekerjaan kritis proyek. Mesin plester merupakan suatu inovasi untuk meningkatkan efisiensi dalam pekerjaan plester. Pekerjaan plester dinding merupakan salah satu rangkaian pekerjaan kritis dalam pekerjaan arsitektur proyek konstruksi. Oleh karena itu studi ini dilakukan untuk mendapatkan perbedaan durasi antara penggunaan mesin dan konvensional pada pekerjaan plester. Data untuk penggunaan mesin plester dikumpulkan dari percobaan langsung di lapangan oleh pekerja yang telah dilatih untuk menggunakan mesin, sehingga setara dengan pengamatan terhadap pekerjaan plester konvensional. Metode dalam studi ini adalah dengan melakukan pengamatan langsung dan mencatat praktik pekerjaan aktual, yang disebut dengan teknik pembelajaran waktu. Selain itu studi untuk mesin plester dilakukan dalam studi kasus skala kecil yang kemudian divalidasi pada studi kasus skala besar. Tujuan validasi ini adalah untuk menunjukkan kebenaran dari data yang dikumpulkan. Hasilnya menunjukkan plester dengan mesin lebih cepat $\pm 46,14\%$ dibandingkan plester konvensional. Hasil ini dikarenakan plester mesin tidak memerlukan pembuatan kelabangan atau garis penjaga ketebalan yang diperlukan dalam metode plester konvensional. Dengan hasil yang lebih cepat ini tentu pekerjaan kritis ini mempercepat dimulainya pekerjaan lain seperti acian, pengecatan dinding, wallpaper, pemasangan plafon, pemasangan kabel elektrik, screed, keramik, dsb.

Kata kunci: mesin plester, plester konvensional, durasi, pekerja, kelabangan

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dengan mengetahui pekerjaan yang mempengaruhi jalur kritis dari jadwal pelaksanaan proyek, maka dapat dicari perbaikan untuk pekerjaan tersebut. Inovasi dalam konstruksi salah satunya dapat berupa usaha untuk mempersingkat proses kerja atau meningkatkan produktivitas. Dengan mengetahui rangkaian proses pekerjaan kritis, kita dapat melakukan analisis dari sisi alat bantu, metode, produktivitas, waktu, dan berbagai keterkaitan dengan pekerjaan lainnya.

Pekerjaan dinding sebagai salah satu pekerjaan arsitektur pada konstruksi gedung seringkali merupakan pekerjaan yang berada di lintasan kritis. Pekerjaan dinding sendiri terdiri dari beberapa tahap pekerjaan. Contohnya pekerjaan pembuatan dinding bata ringan terdiri dari pengukuran lokasi, pemasangan besi kolom praktis, pemasangan bata ringan, pengecoran kolom praktis setiap ketinggian pasangan dinding mencapai 1 meter, pekerjaan plesteran, pekerjaan acian, dan pekerjaan pengecatan. Seluruh pekerjaan tersebut tidak dapat dibuat *overlap*, karena pekerjaan satu dengan yang lain tidak dapat dikerjakan bersamaan. Plesteran harus menunggu pasangan dinding selesai, acian menunggu plesteran, pengecatan menunggu acian. Pekerjaan ini

juga mempengaruhi pekerjaan arsitektur lainnya seperti plafon yang sebagian menunggu pemasangan dinding dan pekerjaan lantai yang menunggu pekerjaan dinding dan plafon.

Dalam penelitian ini membahas mengenai salah satu inovasi untuk pekerjaan plesteran yang menggunakan teknologi mesin. Pada umumnya pekerjaan plesteran manual dimulai dengan proses pengukuran atau *marking*, pembuatan garis penjaga ketebalan atau biasa disebut kelabangan, baru dilakukan plesteran manual dengan menggunakan jidar/baja profil *hollow*. Dengan menggunakan mesin plester, tidak perlu lagi ada pekerjaan pembuatan kelabangan. Walaupun demikian mesin plester ini membutuhkan waktu untuk merakit dan mengatur pada awal pemasangan dinding. Penelitian ini membahas perbedaan durasi akan ditimbulkan pada masing-masing metode.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang diselesaikan dalam studi ini adalah

1. Berapa penghematan durasi pekerjaan mesin plester yang didapat jika dibandingkan dengan pekerjaan plesteran konvensional?
2. Berapa durasi per meter persegi mesin plester untuk pekerjaan plester mesin maupun konvensional?

Tujuan Penelitian

Untuk menjawab rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah

1. Mendapatkan ukuran penghematan durasi yang didapat dengan penggunaan mesin plester daripada plester konvensional.
2. Mendapatkan produktivitas plester dinding dalam satuan durasi per meter persegi untuk penggunaan mesin maupun plester konvensional.

Robotisasi dalam Konstruksi

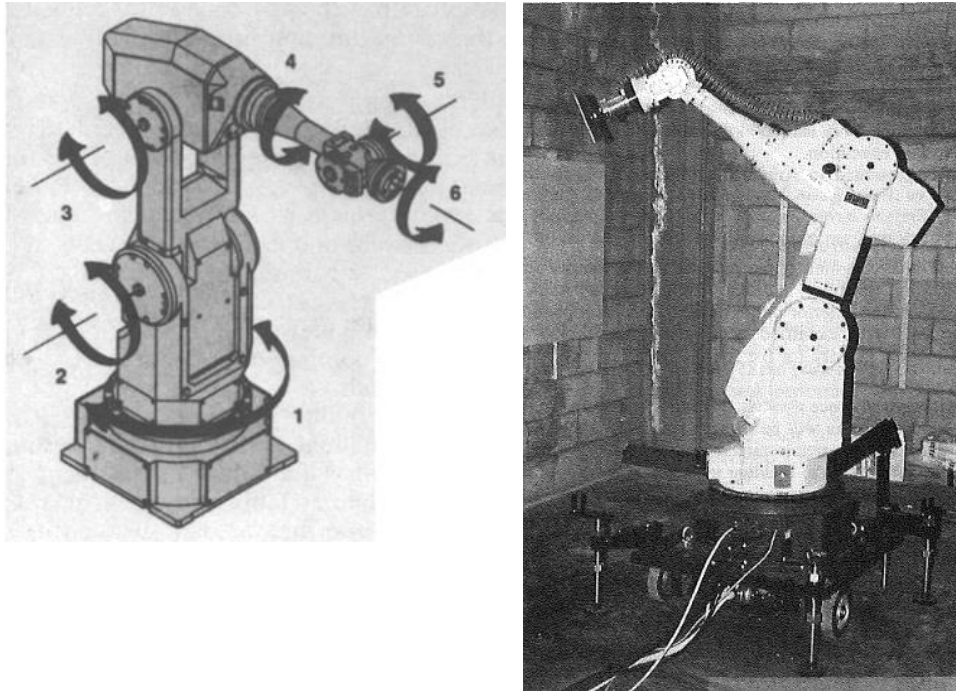
Penggunaan robot dalam konstruksi sudah sejak lama digunakan sebagai sarana untuk membantu realisasi konstruksi yang otomatis. Robot untuk karya *finishing* interior seperti pengecatan (Salagnac 1988), keramik (Lehtinen et al., 1991), penyemprotan lapisan tahan api (Yoshida et al., 1984; Miyamoto et al., 1992), penempatan papan gips (Ueno et al., 1988; Fukuda et al., 1991; Slocum et al., 1987), pasangan bata (Kodama et al., 1989; Slocum dan Schena 1988; Bohm 1991; Lehtinen et al., 1989; Malinovsky 1990), susunan furnitur (Kumita 1992) - telah dikembangkan dan diuji di beberapa tempat.

Warzawski dan Rosenfeld (1994) pada penelitiannya menjelaskan bahwa kelayakan penggunaan robot dalam konstruksi bangunan ditentukan dari perbandingan kinerja robot dan manual terhadap tugas bangunan terkait. Studinya menyajikan penilaian terhadap pengurangan atau penghapusan paparan manusia terhadap kondisi lingkungan yang sulit dan berbahaya serta kualitas kerja yang lebih tinggi, walaupun sama layaknya dengan yang sebelumnya, dapat dievaluasi hanya secara kualitatif atau kuantitatif.

Pada penemuannya robot yang dikerjakan oleh Warzawski dan Rosenfeld (1994) dapat bergerak dari satu stasiun kerja ke stasiun lainnya, dan di setiap stasiun, ia menyebarkan empat kaki yang stabil, mengkalibrasi dirinya sendiri, dan mengidentifikasi, secara otomatis atau dengan panduan manual, titik awal dan lokasi bahan kerja. Robot ini dirancang untuk melakukan akhirnya segala jenis pekerjaan finishing interior di bangunan residensial, komersial, dan sejenis dengan lantai horizontal dan tinggi interior 2,60-2,70 m. Robot ini telah disesuaikan, dan diuji, untuk melaksanakan tugas berikut:

- a. Pengecatan dinding dan plafon
- b. Memplester dinding dan plafon
- c. Ubin di dinding
- d. Membangun dinding dan partisi

Gambaran desain robot ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Robot finishing interior

Penelitian mengenai robot yang diciptakan oleh Warzawski dan Rosenfeld menggunakan unit masif yang dapat mengerjakan berbagai pekerjaan sekaligus. Tetapi tentu investasi penggunaan robot tersebut perlu memperhitungkan berbagai aspek selain produktivitas seperti biaya pemrograman alat, biaya listrik, biaya perawatan alat, dan lain sebagainya. Saat ini mesin yang sedang berkembang dan dipasarkan dalam dunia konstruksi adalah mesin plester yang hanya dapat mengerjakan plester dinding. Oleh karena itu dalam penelitian ini menggunakan mesin plester yang sudah banyak dipasarkan dalam berbagai merek.

2. METODE PENELITIAN

Metode Analisis Data

Analisis yang dilakukan untuk mendapatkan durasi plester mesin adalah dengan uji coba skala kecil yang kemudian divalidasi dengan uji coba skala besar. Borg dan Gall (1983) mengatakan bahwa tujuan dari uji coba kelompok kecil adalah untuk mengetahui hasil produk pengembangan yang baru dalam skala yang kecil. Hasil dari uji coba ini merupakan representasi kelayakan dan keberterimaan produk. Setelah uji coba skala kecil, dilakukan uji coba skala besar untuk keperluan validasi data yang melibatkan objek penelitian yang lebih banyak.

Hasil pengamatan masing-masing skala besar dan skala kecil akan dirata-rata. Jika hasil kedua pengamatan tersebut menghasilkan nilai yang mendekati, maka hasil pengamatan tersebut dapat dianggap tervalidasi. Sebaliknya jika nilai yang dihasilkan berbeda secara signifikan, berarti

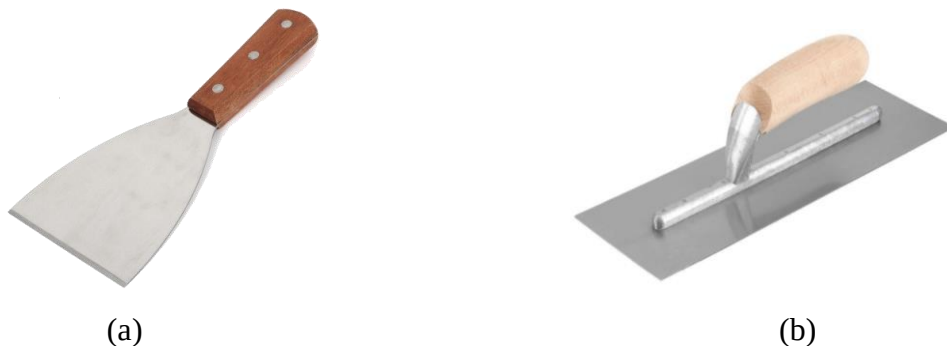
perlu dicari faktor yang menyebabkan perbedaan nilai tersebut. Dengan demikian dari analisis ini didapatkan produktivitas yang dapat digunakan sebagai acuan untuk perhitungan selanjutnya.

Sedangkan untuk plesteran konvensional, produktivitas yang dihasilkan sudah merupakan kesehari-harian dari pekerja. Pengamatan langsung dilakukan pada pekerjaan eksisting untuk mendapatkan produktivitas yang nyata. Pengamatan yang dilakukan tidak memberikan pengaruh pada objek penelitian. Artinya pekerja yang melakukan plesteran konvensional tidak diberikan pengaruh agar pekerjaannya lebih cepat atau lambat. Hal ini dilakukan dengan maksud data produktivitas yang didapat lebih objektif.

Metode pencatatan durasi yang digunakan adalah dengan mencatat praktik pekerjaan aktual. Salah satu cara untuk mencatat praktik pekerjaan aktual yaitu dengan *time study techniques* (Oglesby, 1989). Untuk membuat sebuah penelitian teknik pembelajaran waktu, peneliti wajib menyediakan stopwatch, formulir, papan jalan, kertas, dan pensil. Tujuan dari metode penelitian ini adalah untuk mencatat waktu untuk elemen-elemen suatu pekerjaan yang berbeda. Untuk itu baik metode plester mesin maupun plester konvensional, dibagi-bagi dalam beberapa elemen. Pembagian elemen kedua metode plester dijelaskan dalam pembahasan sub bab masing-masing.

Metode Plester Konvensional

Plesteran konvensional memerlukan beberapa peralatan untuk membantu pekerjaan plester. Salah satunya *Putty knife* dan *finishing trowel* pada Gambar 2. Kedua peralatan ini berfungsi untuk mengaplikasikan mortar dan merapikannya. Selain itu biasa digunakan baja profil hollow yang digunakan untuk merapikan pekerjaan plester. Besi hollow ini akan dibantu kelabangan untuk meratakan plesteran.

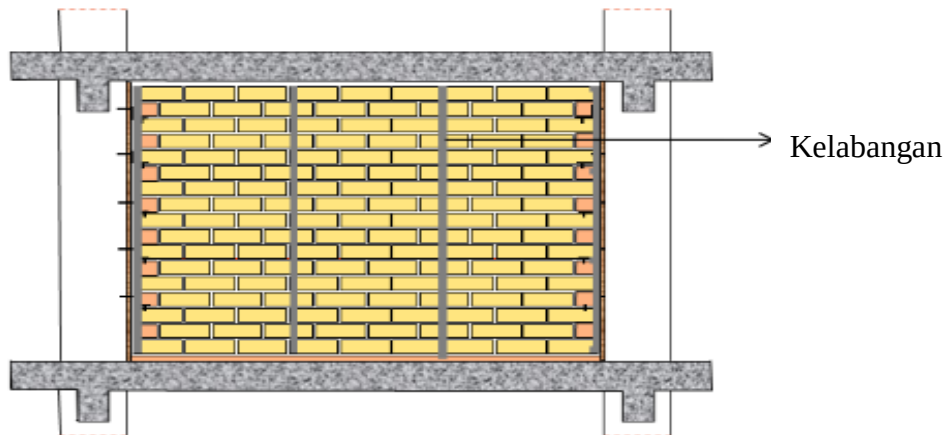


Gambar 2. (a) *Putty knife*; (b) *finishing trowel*

Pekerjaan plesteran terdiri dari pekerjaan persiapan. Persiapan yang pertama yaitu dengan mengukur ketebalan dengan menggunakan bandul and benang nylon. Setelah ketebalan didapat, level akan ditandai dengan paku beton. Pada pekerjaan plester konvensional, perlu dibuat kelabangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Kelabangan ini berfungsi untuk mendapatkan tebal plesteran yang seragam pada dinding dari atas ke bawah. Kelabangan perlu dibiarkan mengeras dalam waktu 1 hari agar cukup keras sebagai pedoman pekerjaan plester. *Level guide line* ini juga tidak dapat ditinggal lebih lama dari 3 hari karena mortar kelabangan tidak dapat menyatu dengan mortar plesteran. Akibatnya hasil plesteran akan mengalami garis keretakan.

Pekerja yang diamati untuk mengerjakan plesteran konvensional adalah pekerja yang sudah terbiasa mengerjakan plesteran ini. Pekerja merupakan tim dari subkontraktor yang dikontrak oleh kontraktor utama untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan plesteran proyek. Plesteran proyek sudah dilaksanakan 50%, yang artinya pekerja sudah mendapatkan ritme pekerjaan maupun penyesuaian diri dengan lingkungan. Pengambilan keadaan ini adalah untuk meminimalisir adanya kurva pembelajaran (*learning curve*). Hal ini juga agar mendapatkan perbandingan seimbang jika ditandingkan dengan pekerjaan dengan menggunakan bantuan mesin.



Gambar 3. *Level guide* untuk memudahkan plester konvensional

Pada penelitian ini pengukuran durasi untuk plester konvensional terdiri dari pekerjaan pembuatan kelabangan dan pekerjaan plesteran sendiri. Pekerjaan pembuatan kelabangan terdiri dari elemen:

1. Mengaduk mortar
2. *Level guide line* bagian tengah ke bawah dan perapihan
3. Pemasangan *scaffolding*
4. *Level guide line* bagian tengah ke atas dan perapihan

Pembuatan kelabangan dilakukan oleh 1 orang saja. Untuk pekerjaan persiapan pengukuran level dilakukan *overlap* dengan pekerjaan lain sehingga durasi ini tidak dicatat sebagai durasi siklus persiapan. Alasan lainnya, karena plesteran dengan mesin juga memerlukan pengukuran level yang *overlap* dengan pekerjaan lain. Pada pekerjaan plester konvensional sendiri dibagi dalam beberapa tahap yaitu:

1. Mengaduk mortar
2. Plester bagian tengah dan perapihan plester
3. Plester bagian bawah dan perapihan plester
4. Pemasangan *scaffolding*
5. Plester bagian atas dan dan perapihan plester

Pekerjaan plester konvensional dalam 1 tim terdiri dari 2 orang. Pekerjaan pada poin 1 sampai 5 biasanya dikerjakan bersama-sama. Pada saat pekerjaan pada poin 5 sebagian besar dikerjakan oleh 1 orang, pekerja lainnya melakukan memindahkan peralatan untuk bidang selanjutnya.

Metode Plester Mesin

Pekerjaan plester dengan mesin juga memerlukan persiapan. Persiapan awal sama dengan plester konvensional yaitu mengukur ketebalan dengan menggunakan bandul and benang *nylon*, yang kemudian cukup ditandai dengan paku. Plester dengan mesin tidak memerlukan kelabangan karena mesin plester dapat menjaga ketebalannya sendiri hanya dengan bantuan acuan paku tersebut.

Mesin yang digunakan dalam penelitian ini, ditunjukkan oleh Gambar 4, memiliki ukuran panjang 1150 mm, lebar 700 mm, dan tinggi 500 mm. Mesin dengan berat 100 kg ini mampu melakukan plester dengan panjang 1000 mm dan tinggi 2,5 m – 4,2 m setiap siklus. Mesin dapat melakukan plester dengan ketebalan 4 mm sampai 30 mm.

Pekerja yang melakukan pekerjaan plester dengan mesin sudah dilatih sebelumnya dalam beberapa kali siklus pekerjaan agar mendapatkan produktivitas normalnya. Pekerja dipastikan sudah hafal dengan urutan pekerjaannya. Hal ini agar meminimalisir kurva pembelajaran yang terjadi atau (*learning curve*). Seperti dalam penelitian plester konvensional, adalah agar mendapatkan produktivitas yang objektif untuk dapat dibandingkan satu sama lain.

Untuk pengukuran durasi untuk pekerjaan plester dengan mesin ini juga dibagi dalam beberapa elemen yaitu:

1. Mengaduk mortar
2. Konfigurasi mesin
3. Mengisi mesin dengan mortar
4. Plester dengan mesin
5. Memindahkan mesin
6. Plester manual bagian bawah
7. Memasang *scaffolding*
8. Plester manual bagian atas

Pekerjaan plester dengan mesin dalam 1 tim terdiri dari 2 orang.



Gambar 4. Mesin Plester yang Digunakan untuk Studi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Plesteran dilakukan pada dinding dengan spesifikasi setiap area:

Tinggi : 3 meter

Lebar : 1 meter

Jenis dinding : *Autoclaved Aerated Concrete Blocks*

Hasil pengamatan pekerjaan plester dengan mesin pada studi kasus skala kecil dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil penelitian durasi studi kasus skala kecil plester mesin (dalam menit.detik)

Bidang	1	2	3	4	5	6	
Aduk mortar	03.10			03.01			
Atur mesin	01.47	01.53	01.51	01.43	01.34	01.34	
Mengisi mortar	02.33	02.39	02.18	02.30	02.24	02.35	
Operasi mesin	00.42	00.39	00.42	00.42	00.41	00.44	
Pindah mesin	01.22	01.18	01.36	01.18	01.28	01.28	Rata-Rata
Plester manual bawah	03.32	03.33	03.28	03.39	03.22	03.27	
Pasang scaffolding	01.22	01.30	01.23	01.20	01.26	01.36	
Plester manual atas	04.42	04.35	04.39	04.20	04.31	04.21	
Total Durasi	17.03	17.10	17.00	16.32	16.26	16.45	16.50

Hasil pengamatan pekerjaan plester dengan mesin pada studi kasus skala besar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil penelitian durasi studi kasus skala besar plester mesin

Proyek	Jumlah bidang	Rata-rata
A	100	16 menit 49 detik
B	100	16 menit 49 detik
<i>Average</i>		16 menit 49 detik

Studi kasus skala besar mempunyai rata-rata yang sama antara proyek A dan proyek B. Hasil ini menunjukkan berdasarkan penelitian, tidak ada faktor yang signifikan yang dapat mempengaruhi produktivitas pekerjaan pada kedua penelitian tersebut. Jika hasil tersebut dibandingkan dengan studi kasus skala kecil, didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan studi kasus skala besar. Perbandingan tersebut menunjukkan perbedaan 1 detik atau 0.1 %. Dengan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan penggunaan mesin plester setiap bidangnya membutuhkan waktu 16 menit 49 detik.

Untuk plester konvensional, perhitungan durasi terdiri dari 2 tahap yaitu tahap pembuatan kelabangan dan tahap plester sendiri. Hasil pengamatan pekerjaan pembuatan kelabangan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil penelitian durasi pembuatan kelabangan

Jumlah	Rata-Rata
100	8 menit 3 detik

Sedangkan hasil pengamatan pekerjaan plester konvensional dapat dilihat pada Tabel 4.

Table 4. Hasil penelitian durasi plester konvensional

Jumlah Bidang	Rata-Rata
100	17 menit 30 detik

Berdasarkan analisis, durasi plester konvensional dibandingkan dengan durasi mesin plester, maka:

$$\text{Produktivitas plester konvensional} = \frac{\text{Input}}{\text{Output}} = \frac{\text{durasi plester konvensional}}{\text{volume plester}}$$

$$= \frac{(17,5 + 8,05) \text{ menit}}{3 \text{ m}^2} = 8,52 \text{ menit/m}^2$$

$$\text{Produktivitas mesin plester} = \frac{\text{Input}}{\text{Output}} = \frac{\text{durasi plester mesin}}{\text{volume plester}}$$

$$= \frac{16,8 \text{ menit}}{3 \text{ m}^2} = 5,6 \text{ menit/m}^2$$

$$\text{Efektifitas mesin plester} = \frac{\text{prod. konvensional} - \text{prod. mesin plester}}{\text{prod. konvensional}}$$

$$= \frac{8,52 - 5,83}{5,83} \times 100\% = 46,14 \%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, mesin plester lebih efektif secara durasi 46,14% dibanding plester konvensional.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Studi ini membandingkan durasi plester metode konvensional dan dengan menggunakan mesin. Hasil yang didapat berupa mesin plester membutuhkan waktu 16 menit 49 detik, baik pada proyek A maupun proyek B. Hasil ini, sebagai studi kasus skala besar, telah memvalidasi studi

kasus skala kecil dengan perbedaan 1 detik atau 0,1 %. Efektifitas mesin plester yang dihasilkan 46,14% secara durasi dibandingkan plesteran konvensional. Dari penelitian durasi ini, juga didapatkan produktivitas mesin plester 5,6 menit/m² dibandingkan plester konvensional 8,52 menit/m².

Penggunaan mesin atau robotisasi dalam bagian konstruksi ini dapat membawa banyak dampak positif dari segi durasi, biaya, dan mutu yang tentunya perlu penelitian lebih lanjut. Dengan mendapatkan produktivitas yang jauh lebih baik dari plesteran ini tentu berpengaruh terhadap pekerjaan lainnya karena merupakan pekerjaan kritis. Pekerjaan plester berhubungan dengan pekerjaan acian, pengecatan dinding, wallpaper, pemasangan plafon, pemasangan kabel elektrik, *screed*, keramik, dsb yang dapat dimulai lebih cepat. Dengan percepatan pekerjaan ini juga dapat menghemat biaya pekerja yang dibayar harian. Selain itu control kualitas dapat dijaga lebih baik karena pekerjaan sebagian telah dibantu oleh mesin.

Diperlukan berbagai studi lebih lanjut untuk menentukan kelayakan penggunaan mesin plester ini. Menggunakan mesin plester memang dapat mempercepat pekerjaan plester, namun perlu dikaji lagi kualitas pekerjaannya. Selain itu perlu inovasi untuk mengembangkan mesin ini sehingga meminimalisir penggunaan tenaga manusia untuk plester. Penggunaan mesin plester juga perlu memperhitungkan biaya investasi yang ditimbulkan untuk mendapatkan perbandingan biaya dengan plester konvensional.

REFERENSI

- Bohm, D. (1991). "The Mason's elevator handling machine." 8th Int. Symp. On Automation and Robotics in Constr., International Association for Automation and Robotics in Construction, Garston, Wafford, England.
- Borg, W. R. and Gall, M. D. (1983). Educational Research An Introduction. Longman, New York.
- Fukuda, S., Takasu, M., & Kojima, S. (1991). "Development of an interior finish work robot." 8th Int. Symp. on Automation and Robotics in Constr., International Association for Automation and Robotics in Construction, Garston, Watford, England.
- Kodama, Y. et al. (1989). "A robotized wall erection system with solid components." 6th Int. Symp. on Automation and Robotics in Constr., International Association for Automation and Robotics in Construction, Garston, Wafford, England.
- Kumita, Y., Takimoto, T., Nozue, A., and Murakoshi, K. (1992). "Development of a desk/chair arrangement robot." 9th Int. Symp. on Automation and Robotics in Constr., International Association for Automation and Robotics in Construction, Garston, Watford, England.
- Lehtinen, H., Sainio, H., Matikainen, M., Seren, K. J., & Koskela, L. (1991). "Development of mobile tile cladding robot system." 8th Int. Symp. on Automation and Robotics in Constr., International Association for Automation and Robotics in Construction, Garston, Watford, England.
- Lehtinen, H., Salo, E., & Aalto, H. (1989). "Outlines of two masonry robot systems." 6th Int. Symp. on Automation and Robotics in Constr., International Association for Automation and Robotics in Construction, Garston, Watford, England.
- Malinovsky, E., Borschevsky, A. A., Eler, E. A., and Pogodin, V. M. (1990). "A robotic complex of bricklaying applications." 7th Int. Symp. on Automation and Robotics in Constr., International Association for Automation and Robotics in Construction, Garston, Watford, England.

- Miyamoto, H., Sawada, T., Yoshitake, R., and Iimori, J. (1992). "Development of system capable of spraying fireproof covering materials." 9th Int. Symp. on Automation and Robotics in Constr., International Association for Automation and Robotics in Construction, Garston, Wafford, England.
- Oglesby, C.H., Parker, H.W., & Howell, G.A. (1989). Productivity Improvement in Construction. Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- Salagnac, J. L. (1988). "Soffito--a mobile robot for finishing works in buildings." 5th Int. Symp. on Automation and Robotics in Constr., International Association for Automation and Robotics in Construction, Garston, Watford, England.
- Slocum, A. H., and Schena, B. (1988). Blockbot--a robot to automate construction of cement block walls. *Robotica*, 4.
- Slocum, A. H., Demsetz, L., Levy, D., Schena, B., and Ziegler, A. (1987). "Construction automation research at the Massachusetts Institute of Technology." 4th Int. Symp. on Robotics and Artificial Intelligence in Building.
- Ueno, T. (1988). "Research and development of robotic systems for assembly and finishing works." 5th Int. Symp. on Automation and Robotics in Constr., International Association for Automation and Robotics in Construction, Garston, Wafford, England.
- Warszawski A. & Rosenfeld Y. (1994). "Robot for Interior-Finishing Works in Building: Feasibility Analysis" *Journal of Construction Engineering Management*, 120(1). 132-151.
- Yoshida, T. (1984). "Development of spray robot for fireproof work." Proc. Workshop Conf. Robotics in Constr., Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh, Pa.