

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) model CCR dan BCC berorientasi input terhadap proyek gedung di Yogyakarta yang menerapkan *Building Information Modeling* (BIM), maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat Efisiensi Proyek Gedung Berbasis BIM

Hasil analisis DEA menunjukkan bahwa tingkat efisiensi proyek gedung yang menerapkan BIM di Yogyakarta bervariasi antar proyek. Berdasarkan model CCR, tidak seluruh proyek berada pada frontier efisiensi, yang mengindikasikan bahwa masih terdapat proyek yang belum mampu mengelola input berupa biaya konstruksi, durasi pelaksanaan, dan tingkat penerapan BIM secara optimal untuk menghasilkan kinerja waktu, biaya, dan mutu yang maksimal. Sementara itu, hasil analisis model BCC menunjukkan jumlah proyek efisien yang lebih banyak dibandingkan model CCR, yang menandakan bahwa sebagian inefisiensi proyek dipengaruhi oleh faktor skala proyek.

2. Proyek Gedung yang Tergolong Efisien dan Tidak Efisien

Berdasarkan hasil analisis DEA, proyek gedung dapat diklasifikasikan ke dalam proyek efisien dan tidak efisien. Proyek yang memiliki nilai efisiensi CCR dan BCC sebesar 1,00, yaitu P1, P10, P11, dan P12, dikategorikan sebagai proyek efisien penuh dan berada pada frontier efisiensi. Proyek-

proyek tersebut berperan sebagai benchmark efisiensi bagi proyek lainnya. Sebaliknya, proyek dengan nilai efisiensi CCR kurang dari 1,00, yaitu P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, dan P13, dikategorikan sebagai proyek yang belum efisien. Mayoritas proyek dalam kategori ini mengalami inefisiensi skala, yang menunjukkan bahwa proyek belum beroperasi pada skala yang optimal meskipun secara teknis pengelolaannya relatif baik.

3. Variabel Input dan Output yang Mempengaruhi Efisiensi Proyek

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel input berupa biaya konstruksi aktual, durasi pelaksanaan proyek, dan tingkat penerapan BIM memiliki peran penting dalam membentuk tingkat efisiensi proyek gedung. Proyek-proyek yang berada pada frontier efisiensi, seperti P1, P10, P11, dan P12, mampu mengelola penggunaan input tersebut secara lebih optimal sehingga menghasilkan kinerja waktu, biaya, dan mutu yang lebih baik dibandingkan proyek lainnya. Variabel output berupa kinerja waktu, kinerja biaya, dan kinerja mutu berkontribusi terhadap posisi relatif proyek dalam analisis DEA. Proyek dengan kinerja waktu yang tepat, pengendalian biaya yang baik, serta mutu pekerjaan yang tinggi cenderung memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi. Selain itu, tingkat penerapan BIM, khususnya BIM 4D, secara umum menunjukkan kecenderungan kontribusi positif terhadap peningkatan efisiensi proyek, meskipun pencapaian efisiensi tetap sangat dipengaruhi oleh kemampuan manajerial dan pengelolaan proyek secara keseluruhan.

5.2. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil penelitian sebagai berikut:

1. Pertama, jumlah objek penelitian atau Decision Making Unit (DMU) yang dianalisis terbatas pada 12 proyek gedung di wilayah Yogyakarta, sehingga hasil efisiensi yang diperoleh bersifat relatif terhadap objek penelitian tersebut.
2. Metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) yang digunakan dalam penelitian ini bersifat non-parametrik dan mengukur efisiensi relatif, sehingga hasil penelitian tidak dimaksudkan untuk melakukan generalisasi secara statistik terhadap populasi proyek gedung secara keseluruhan.
3. Data kinerja proyek yang digunakan dalam analisis sebagian diperoleh dari kuesioner berbasis persepsi responden, sehingga potensi subjektivitas tetap ada meskipun responden merupakan praktisi yang terlibat langsung dalam pengelolaan proyek berbasis BIM.

5.3. Saran

Berdasarkan hasil analisis efisiensi proyek gedung berbasis BIM menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) serta kesimpulan yang telah diperoleh, maka saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Saran Praktis
 - Optimalisasi Pengelolaan Proyek yang Belum Efisien

Proyek gedung yang belum efisien berdasarkan hasil DEA, yaitu P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, dan P13, disarankan untuk melakukan evaluasi menyeluruh terhadap pengelolaan sumber daya proyek, khususnya terkait kesesuaian antara biaya konstruksi, durasi pelaksanaan, dan kompleksitas pekerjaan. Penyesuaian skala proyek yang lebih proporsional diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proyek secara keseluruhan.

- Pemanfaatan Proyek Benchmark sebagai Acuan

Proyek-proyek yang berada pada frontier efisiensi, yaitu P1, P10, P11, dan P12, dapat dijadikan benchmark atau proyek acuan dalam pengelolaan proyek gedung. Praktik terbaik (best practices) yang diterapkan pada proyek-proyek tersebut, terutama dalam pengendalian durasi, biaya, serta koordinasi pelaksanaan, dapat direplikasi pada proyek lain yang belum efisien.

- Peningkatan Pemanfaatan BIM dalam Pengendalian Proyek

Penerapan BIM tidak hanya perlu dilakukan sebagai alat visualisasi, tetapi juga harus dimanfaatkan secara optimal dalam mendukung pengendalian pelaksanaan proyek. Proyek yang masih menerapkan BIM secara terbatas disarankan untuk meningkatkan integrasi BIM dengan perencanaan dan pengendalian jadwal (BIM 4D), sehingga potensi keterlambatan dan rework dapat diminimalkan.

- Penguatan Aspek Manajerial Proyek

Mengingat hasil penelitian menunjukkan bahwa inefisiensi proyek lebih dominan disebabkan oleh faktor skala dan pengelolaan proyek, maka

peningkatan kompetensi manajerial, koordinasi antar pihak, serta pengambilan keputusan berbasis data proyek menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan oleh manajer proyek dan kontraktor.

2. Saran Akademik

- Penambahan Jumlah dan Variasi Proyek (DMU)

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan jumlah proyek gedung yang lebih banyak dan lebih beragam agar hasil analisis efisiensi menggunakan DEA menjadi lebih stabil dan dapat digeneralisasi secara lebih luas.

- Pengembangan Variabel Input dan Output

Penelitian lanjutan dapat mengembangkan variabel input dan output dalam analisis DEA, misalnya dengan memasukkan faktor risiko proyek, tingkat kompleksitas pekerjaan, kesiapan sumber daya manusia, atau tingkat kolaborasi antar pemangku kepentingan dalam penerapan BIM.

- Integrasi DEA dengan Metode Analisis Lain

Untuk memperdalam pemahaman mengenai faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi proyek, penelitian selanjutnya dapat menggabungkan metode DEA dengan metode analisis lain, seperti analisis regresi, structural equation modeling (SEM), atau pendekatan berbasis *artificial intelligence* untuk mengkaji hubungan sebab-akibat secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alverinaldo, M., & Nugroho, A. S. B. (2024). Analisis Faktor Penghambat Implementasi Building Information Modelling (BIM) pada Proyek Konstruksi. *BENTANG: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 12(2), 220-230. p-ISSN: 2302-5891, ISSN: 2579-3187.
- Anugerah, B. P. (2022). Cost Overrun Akibat Desain, Estimasi, dan Rework Setelah Implementasi Konstruksi Digital Pada Kinerja Biaya Konstruksi Gedung Indonesia. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(2), 181. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i2.11596>
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252.
- Becerik-Gerber, B., Ku, K., & Jazizadeh, F. (2012). BIM-enabled virtual and collaborative construction engineering and management. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 138(3), 234–245. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000098](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000098)
- Chang, A. S., & Shen, F.-Y. (2014). Effectiveness of Coordination Methods in Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 30(3), 04014008. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000222](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000222)

- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444.
- Heryanto, S., Subroto, G., & Rifa'ih. (2020). Kajian Penerapan Building Information Modelling (BIM) Di Industri Jasa Konstruksi Indonesia. *Journal of Architecture Innovation*, 4(2), 193–212.
- Nugroho, A., & Wibowo, M. A. (2020). Evaluasi kinerja proyek gedung berbasis Building Information Modeling (BIM). *Jurnal Teknik Sipil*, 27(2), 123–132.
- Pratama, A. B., Latief, Y., & Riantini, L. S. (2019). Analisis penerapan Building Information Modeling (BIM) pada proyek gedung di Indonesia. *Jurnal Manajemen Konstruksi*, 8(1), 45–56.
- Sarju, Dwi Vera Asmarayani, & Nindyo Cahyo Kresnanto. (2022). Penilaian Efektivitas Implementasi Building Information Modelling (Bim) Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(4), 247–260. <https://doi.org/10.24002/jts.v16i4.5539>
- Wu, Y., & Xu, N. (2014). BIM Information Collaborative Framework Based on Supply Chain Management. ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology - Proceedings of the 2014 International Conference on Construction and Real Estate Management, 199–207. <https://doi.org/10.1061/9780784413777.024>

Lampiran 1. Kuesioner Penelitian

Kuisisioner ini ditujukan untuk mengumpulkan data tentang Evaluasi Efisiensi Penerapan Building Information Modeling Pada Proyek Kontruksi Gedung Menggunakan Data Envelopment Analysis. Responden diharapkan dapat memberikan penilaian mereka berdasarkan pengetahuan dan pengalaman dalam implementasi BIM pada tahap pelaksanaan konstruksi.

Petunjuk Pengisian

Berikan tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban sesuai kondisi proyek yang Anda tangani.

Skala penilaian:

1 = Sangat Tidak Setuju

2 = Tidak Setuju

3 = Netral

4 = Setuju

5 = Sangat Setuju

Identitas Responden

Jabatan : ☐ Manajer Proyek ☐ Site Engineer ☐ Staf Teknis ☐ Lainnya

Pengalaman kerja : ☐ < 5 tahun ☐ 5–10 tahun ☐ > 10 tahun

Jenis proyek : ☐ Gedung bertingkat ☐ Gedung publik ☐ Gedung komersial

Tabel Kuisisioner Penelitian

No	Variabel	Kode	Indikator	1	2	3	4	5
A	Tingkat Penerapan BIM							
1		A.1	Model BIM 3D digunakan sebagai dasar utama dalam pelaksanaan konstruksi					

No	Variabel	Kode	Indikator	1	2	3	4	5
2		A.2	Model BIM digunakan untuk koordinasi antar disiplin (arsitektur, struktur, MEP)					
3		A.3	Model BIM digunakan sebagai media komunikasi antar pihak proyek					
4		A.4	Model BIM diperbarui secara berkala sesuai kondisi lapangan					
5		A.5	Clash detection dilakukan menggunakan model BIM					
6		A.6	Model BIM digunakan untuk membantu pemahaman metode pelaksanaan					
7		A.7	Model BIM digunakan untuk membantu pengendalian jadwal pelaksanaan (4D)					
8		A.8	Personel proyek memiliki kompetensi yang memadai dalam penggunaan BIM					
B	Kinerja Waktu Proyek							
1		B.1	Jadwal pelaksanaan proyek disusun secara realistis					
2		B.2	Pelaksanaan proyek berjalan sesuai jadwal yang direncanakan					
3		B.3	Keterlambatan pekerjaan dapat diminimalkan selama proyek berlangsung					
4		B.4	Perubahan desain tidak menyebabkan keterlambatan signifikan					
5		B.5	BIM membantu mengantisipasi potensi keterlambatan pekerjaan					
6		B.6	Koordinasi berbasis BIM mempercepat pengambilan keputusan					
7		B.7	Secara keseluruhan proyek dapat diselesaikan tepat waktu					

C	Kinerja Biaya Proyek							
1		C.1	Biaya proyek dapat dikendalikan sesuai rencana anggaran					
2		C.2	Pemborosan biaya selama pelaksanaan proyek dapat diminimalkan					
3		C.3	Perubahan pekerjaan tidak menyebabkan pembengkakan biaya yang signifikan					
4		C.4	BIM membantu mengurangi kesalahan pekerjaan yang berdampak pada biaya					
5		C.5	BIM membantu meningkatkan akurasi perhitungan volume pekerjaan					
6		C.6	BIM membantu pengendalian biaya selama pelaksanaan proyek					
7		C.7	Secara keseluruhan proyek dapat diselesaikan secara efisien dari sisi biaya					
D	Kinerja Mutu Proyek							
1		D.1	Mutu pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditetapkan					
2		D.2	Kesalahan pekerjaan (rework) selama proyek berlangsung relatif kecil					
3		D.3	Masalah mutu dapat diidentifikasi sejak dini					
4		D.4	BIM membantu meningkatkan ketelitian pelaksanaan pekerjaan					
5		D.5	Koordinasi berbasis BIM membantu mencegah kesalahan pekerjaan					
		D.6	Hasil akhir pekerjaan memenuhi standar mutu yang ditetapkan					
		D.7	Secara keseluruhan mutu proyek dapat dicapai dengan baik					

Lampiran 2. Rekapitulasi Data Kuesioner

Responden	Penerapan BIM							Variabel Waktu							Variabel Biaya							Variabel Mutu						
	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	B.1	B.2	B.3	B.4	B.5	B.6	B.7	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	C.6	C.7	D.1	D.2	D.3	D.4	D.5	D.6	D.7
1	4	4	3	3	4	5	3	4	4	3	4	3	3	4	5	4	4	3	4	4	4	4	5	3	3	4	4	4
2	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5
3	4	4	5	3	3	4	5	4	3	4	3	4	4	5	4	5	3	4	5	4	5	4	5	4	4	3	4	5
4	3	4	5	5	5	3	2	4	4	5	5	4	4	5	3	4	4	5	3	3	4	5	4	4	4	5	5	5
5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	5	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4	5	4	4	5	5
8	5	5	5	5	5	3	5	2	3	5	1	4	4	4	5	5	1	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5	5
9	5	5	4	4	5	3	3	3	4	4	2	3	4	4	4	4	2	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4
10	3	4	4	3	2	4	2	3	4	4	2	4	4	4	2	2	2	2	2	4	2	2	4	3	4	4	4	4
11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
12	4	5	4	5	5	4	3	4	5	5	5	4	5	4	4	4	5	3	4	5	4	5	5	5	4	5	4	4
13	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	2	5	4	5	5	4	4	4	3	4	1	4	4	4	4	4	2	4	4	4	3	3	4	3	5	5	4	4
15	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4
16	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	4
17	2	4	4	4	4	2	2	2	4	3	2	4	4	4	4	3	2	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4
18	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	5
20	4	4	4	5	3	4	4	4	3	4	2	4	4	2	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4
21	4	5	5	4	4	4	4	4	3	4	2	4	4	2	3	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4
22	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
23	5	5	5	5	4	5	4	4	5	4	2	4	4	2	2	4	3	2	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4
24	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3
25	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	5	4	3	4	3	4	4	4
26	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
27	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5	5
28	5	5	3	5	5	5	3	3	4	4	2	3	4	4	4	4	2	4	3	3	3	5	3	4	3	4	4	4
29	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4
30	4	4	4	5	5	3	2	4	5	5	4	3	5	5	5	4	4	5	3	4	3	5	5	3	4	5	5	5
31	4	5	4	3	4	3	4	4	4	5	2	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	3	4	3	4	4	5	3
32	4	4	5	4	4	4	3	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4
33	4	4	5	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
34	2	4	4	4	4	2	2	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
35	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
36	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
37	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	2	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
38	4	5	4	4	5	3	2	4	4	3	3	4	5	4	3	4	5	4	3	3	4	5	4	3	4	4	4	4
39	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4	2	4	4	4	4	5	5	4	2	4	4	4	5	5	4	4	4	5
40	4	4	4	5	4	3	3	4	4	4	2	3	4	4	4	4	3	5	4	4	5	4	4	5	3	4	3	4
41	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	2	4	4	4	5	5	4	2	4	4	4	5	4	3	4	5	5	5
42	5	5	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	5
43	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	5	2	2	2	2	2	4	4	4	4	5	4	4
44	4	5	5	5	4	5	5	4	4	5	2	4	5	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	4
45	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	2	3	3	4	4	5	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	3
46	4	5	4	5	3	4	4	4	4	5	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4	5	4	4
47	4	5	4	5	3	4	4	4	3	3	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	2	4	4	5	5	4	5	4
48	4	5	4	5	3	4	4	4	4	4	2	4	4	4	5	4	2	4	4	4	2	4	5	5	4	5	5	4
49	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	2	4	4	5	4	4	4	2	2	2	4	4	3	4	5	3	5	4
50	4	5	5	4	4	5	4	4	4	4	2	4	5	5	4	4	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5
51	5	4	4	3	4	3	3	4	4	4	2	3	2	3	4	4	4	2	2	2	4	4	4	4	3	2	4	4
52	4	4	4	4	5	4	3	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
53	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5
54	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	4
55	4	4	4	5	5	4	4	5	4	5	2	3	5	4	4	4	3	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5
56	5	4	5	4	4	3	3	4	5	4	2	3	4	3	5	4	3	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4
57	5	5	5	5	5	3	3	4	4	4	2	3	5	3	4	4	3	5	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4

Lampiran 3. Data Input Dan Output Proyek

MaxDEA Lite (the free version of MaxDEA X) 12.2

File Data Model Language Help

Step 1: Create a Model Step 2: Import Data Step 3: Define and Run Model

Data Model Progress

Edit Data Define Data

Save

Name	Type
DMU	DMU Name
Biaya (Rp)	Input
Durasi (hari)	Input
BIM	Input
Waktu (%)	Output
Biaya (%)	Output
Mutu (%)	Output

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

\\UJLUAH\S2\THE\S\SEM\PRO\FIX 2026\MaxDEA Lite_12_Win\MaxDEA_Lite_12_Win\Analisa DEA BCC Testis\mdm

Lampiran 4. Hasil Perhitungan DEA Model CCR

[illegible]

Lampiran 5. Hasil Perhitungan DEA Model BCC

[illegible]