

Penggunaan Metode *Cost Significant Model* Untuk Memprediksi Biaya Pembangunan Jalan Baru

The Application of Cost Significant Model to Predict the Cost of New Road Construction

Arjun Herlambang^{1,a)} & Peter F. Kaming^{2,b)}

¹⁾Proyek Manager, PT. Aneka Dharma Persada, Yogyakarta

²⁾Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Koresponden : ^{a)}arjunwell86@gmail.com & ^{b)}peterkaming82@gmail.com

ABSTRAK

Infrastruktur jalan merupakan salah satu aspek penunjang pertumbuhan ekonomi wilayah karena berkaitan secara langsung pada proses distribusi barang dan jasa. Pembangunan infrastruktur jalan membutuhkan proses perencanaan yang matang agar proyek dapat berjalan dengan optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi biaya pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta dengan fokus pada tahun 2017-2023. Penelitian ini menggunakan Metode *Cost Significant Model* yang berfokus pada sembilan proyek pembangunan jalan di Provinsi D.I. Yogyakarta. Data penelitian diperoleh dari harga penawaran proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta tahun 2017-2023. Analisis data menggunakan pendekatan Regresi Linier Berganda yang kemudian dikembangkan menjadi dasar pemodelan dalam estimasi *Cost Significant Model*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat empat variabel yang memiliki pengaruh signifikan pada proyek pembangunan jalan baru yaitu: Pekerjaan Tanah (X3), Pekerjaan Aspal (X6), Pekerjaan Struktur (X7), dan Perkerasan Berbutir (X5). Model Estimasi yang terbentuk dari *Cost Significant Model* dalam penelitian ini yaitu; $Y = 3.438,327 + 0,785X3 + 0,863X6 + 1,160X7 + 3,021X5$. Tingkat keakuratan (*persentase error estimate*) hasil estimasi *Cost Significant Model* dalam penelitian ini berkisar antara -5,00% sampai +4,72%.

Kata Kunci : manajemen infrastruktur, estimasi biaya, *cost significant model*, pembangunan jalan baru

PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan dianggap sebagai aspek penunjang yang penting disebabkan karena infrastruktur jalan yang memadai akan dapat meningkatkan mobilitas orang, barang ataupun jasa sehingga sistem distribusi dalam kegiatan ekonomi dan sosial menjadi lebih efisien (Meyer & Miller, 1984; Ng dkk, 2019).

Konstruksi jalan berperan signifikan dalam perkembangan perekonomian suatu negara. Infrastruktur jalan utama yang baik misalnya jalan tol, memungkinkan mobilitas yang tinggi yang menunjang kelancaran perdagangan domestik maupun internasional dengan biaya dan waktu transportasi yang lebih rendah dan efisien. Lebih lanjut, infrastruktur jalan lokal juga menunjang perekonomian dengan mempermudah akses masyarakat melakukan transaksi dalam lingkup lokal (Aljoufie dkk, 2013; Saunders dkk, 2002). Peranan infrastruktur jalan sebagai penunjang pembangunan nasional disebabkan karena lebih dari 67% sistem distribusi barang di dunia masih bergantung pada infrastruktur jalan serta 91% akomodasi juga masih menggunakan jalan sebagai infrastruktur utama (Gibbons dkk, 2019).

Data keterkaitan antara pembangunan jalan dengan pertumbuhan ekonomi yang diterbitkan Kemen PUPR tersebut menunjukkan bahwa rata-rata PDB Indonesia mengalami peningkatan sebesar 5,33% per tahun. Sektor konstruksi menyumbang sebesar 9.99% dari setiap kenaikan pertumbuhan ekonomi (Kementerian PUPR, 2021).

Salah satu tahapan terpenting dalam pembangunan infrastuktur jalan adalah tahap perencanaan biaya (Nurpa'i dkk, 2020). Perencanaan biaya proyek merupakan proses estimasi biaya yang dilakukan untuk memprediksi komponen biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan kegiatan proyek agar tujuan yang ditetapkan proyek konstruksi dapat tercapai dalam periode tertentu (Hatamleh dkk, 2018).

Salah satu metode estimasi biaya yang dianggap efektif dalam proses perencanaan biaya adalah metode *Cost Significant Model* (Wulandari dkk, 2019). Penentuan biaya dengan model ini, menganggap bahwa sebagian besar atau sekitar 80% dari total biaya proyek ditentukan oleh 20% item pekerjaan atau item konstruksi yang paling inti dan berpengaruh signifikan. Dalam metode *Cost Significant Model* ini, item-item konstruksi dikategorikan ke dalam berbagai nomor berdasarkan tingkat signifikansinya pada proyek. Item-item terpenting hanya sekitar 20% dari total item, tetapi harus sangat diperhatikan karena item tersebutlah yang menentukan 80% biaya proyek (Nurpa'i dkk, 2020).

Menurut Wulandari dkk (2019), *Cost Significant Model* efektif digunakan untuk memperkirakan dana konstruksi di Asia Tenggara karena proses tender di negara ASEAN terlalu dipengaruhi oleh budaya lokal dan didasarkan pada rasa saling percaya kontraktor dan klien sehingga dalam proses perkiraan biaya tidak terlalu membutuhkan perhitungan yang detail. Proses identifikasi dan gambaran kasar harga ditentukan oleh kontraktor melalui negosiasi harga. Selain itu, Poh & Horner (1995) juga menyatakan bahwa *Cost Significant Model* efektif digunakan dalam memperkirakan biaya proyek konstruksi karena model ini dapat mengestimasi besaran nilai proyek hingga 80% sehingga dianggap lebih dapat mencerminkan pelaksanaan lapangan dan dapat dijadikan sebagai pertimbangan pada proyek lainnya dikarenakan untuk proyek yang memiliki karakteristik serupa, item mahal yang digunakan diperkirakan akan sama.

Berdasarkan penjabaran latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah yang ditawarkan peneliti dalam penelitian ini adalah: 1). Item konstruksi manakah yang mempengaruhi secara signifikan model biaya dalam memperkirakan biaya proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta? 2). Bagaimana model estimasi biaya konstruksi yang dihasilkan metode *Cost Significant Model* pada proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta? 3). Seberapa akuratkah realisasi biaya proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta yang dihasilkan metode *Cost Significant Model*?

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah: 1) Proyek pembangunan jalan baru yang dilaksanakan di wilayah provinsi D.I. Yogyakarta selama periode Tahun Anggaran 2017 sampai dengan Tahun Anggaran 2023 dengan luasan proyek sebesar 10.273 KM². 2). Fokus pada proyek pembangunan jalan baru dan tidak dikaitkan dengan proyek pembangunan jalan lain seperti perkerasan jalan, penambalan jalan, dan pembangunan jalan tol. 3). Fokus pada proyek pembangunan jalan dengan lapisan perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dan bukan lapisan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*).

Tujuan penelitian ini adalah: 1). Menganalisis item konstruksi yang mempengaruhi secara signifikan model biaya dalam memperkirakan biaya proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta. 2). Mengevaluasi model estimasi biaya konstruksi yang dihasilkan metode *Cost Significant Model* pada proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta. 3) Menghitung nilai akurasi realisasi biaya proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta yang dihasilkan metode *Cost Significant Model*.

STUDI PUSTAKA

Estimasi Biaya Proyek

Estimasi biaya merupakan tahap awal yang penting dalam suatu proyek konstruksi. Fungsinya adalah untuk memprediksi total realisasi biaya proyek konstruksi, dan hasil model estimasi tersebut berdasarkan data historis serta pengalaman seorang estimator saat melakukan estimasi proyek/pekerjaan sebelumnya. Estimasi biaya adalah kegiatan penting dalam proses konstruksi, karena memberikan jawaban atas pertanyaan seberapa besar dana yang dibutuhkan untuk menjamin keberhasilan suatu proyek konstruksi (Ervianto, 2002).

Estimasi biaya adalah proses untuk menentukan kemungkinan biaya konstruksi untuk setiap proyek yang diberikan. Biaya total proyek konstruksi mencakup beberapa komponen, termasuk tenaga kerja, pasokan, mesin, asuransi, overhead, keuntungan, dan lain-lain. Analisis, kuantifikasi, dan penentuan harga setiap hal (Degostino dan Feigenbaum, 2003).

Oleh karena itu, surveyor yang berkualitas dengan keahlian dalam proses dan metode untuk menentukan biaya proyek diperlukan untuk membuat perkiraan biaya proyek yang akurat (Bari, 2002). Suharto (1995) menyatakan bahwa perkiraan biaya proyek memiliki peran penting dalam implementasi proyek karena digunakan sejak tahap awal untuk menentukan jumlah dana yang diperlukan guna membangun proyek sesuai perencanaan.

Jenis Estimasi Biaya Proyek

Agar estimasi biaya dapat diandalkan dan akurat, perlu dipertahankan sepanjang siklus hidup proyek, sesuai dengan Yu (2006). Phaobunjong (2002) dan Dagostino & Feigenbaum (2003) membagi jenis estimasi biaya menjadi tiga kelompok, yakni *Conceptual Cost Estimation (CCE)*, *Detailed Cost Estimation*, dan *Definitive Estimation*.

Conceptual Cost Estimation (CCE)

CCE memainkan peran strategis dalam perencanaan proyek karena memberikan estimasi biaya konseptual yang diperlukan untuk perencanaan anggaran. Namun, dalam fase awal proyek, informasi rinci tentang proyek masih terbatas, sehingga menyebabkan ketidakpastian dan membuat perkiraan kebutuhan harus dilakukan dalam periode waktu yang singkat. Ketidakterdediaan gambar dapat menjadi masalah saat memperkirakan biaya konseptual karena meninggalkan pemilik proyek dengan pengetahuan yang tidak memadai tentang bagaimana deskripsi proyek akan disusun. Selain itu, sulit untuk mendapatkan akurasi dalam estimasi tahap awal karena kurangnya desain yang presisi dan kenyataan bahwa data biaya tenaga kerja, material, dan peralatan seringkali tidak mencerminkan harga pasar yang paling baru. Akhirnya, biaya tak terduga dapat muncul karena ketidakpastian dalam proses konstruksi. Menurut Akintoye dan Fitzgerald (2000), estimasi biaya konseptual menjadi sulit karena faktor-faktor tersebut.

Detailed Cost Estimation

Sebagai aspek penting dari perencanaan proyek, estimasi biaya rinci menentukan jumlah dan biaya material yang diperlukan untuk menjalankan usaha tersebut. Koleksi dokumen kontrak yang komprehensif sangat penting bagi seorang *Quantity Surveyor (QS)* untuk melakukan jenis estimasi rinci ini. QS bertanggung jawab untuk menghitung tenaga kerja, material, peralatan, asuransi, *overhead*, dan keuntungan untuk menyediakan estimasi rinci. Hal ini mengharuskan QS memperhitungkan semua faktor yang memengaruhi nilai proyek, termasuk modifikasi yang mungkin terjadi sepanjang fase konstruksi, saat melakukan estimasi rinci. Oleh karena itu, ketepatan dalam melakukan estimasi rinci sangat penting untuk menentukan kelayakan implementasi proyek.

Definitive Estimation

Tahap-tahap estimasi ini, yang juga disebut sebagai anggaran, alokasi, kontrol, estimasi semi-rinci, desain, dan rekayasa, bermanfaat untuk menentukan biaya proyek dengan tingkat presisi tertinggi pada saat estimasi dilakukan. Tujuan dari tahapan estimasi ini adalah untuk menentukan anggaran proyek dan mengawasi biaya proyek agar tetap terkendali. Estimasi definitif mengacu pada tahap estimasi biaya di mana biaya konstruksi aktual diprioritaskan daripada yang diproyeksikan. Estimasi definitif dalam hal ini adalah revisi dari estimasi rinci sebelumnya, yang memiliki beberapa tujuan, termasuk penganggaran untuk proyek dan pemantauan dan pengendalian biaya.

Cost Significant Model

Menurut Firmansyah dkk (2018) *Cost Significant Model* merupakan metode untuk memperkirakan biaya konstruksi. Metode ini menggunakan beberapa komponen konstruksi bangunan atau konstruksi lainnya sebagai indikator. Komponen tersebut diperlukan untuk memperkirakan biaya yang diperlukan dalam proyek.

Selain itu, Poh & Horner (1995) juga menyatakan bahwa *Cost Significant Model* efektif digunakan dalam estimasi biaya konstruksi karena *Cost Significant Model* dapat mengestimasi 80% dari total nilai proyek dengan tepat sehingga dianggap lebih dapat mencerminkan pelaksanaan lapangan dan dapat dijadikan sebagai pertimbangan pada proyek lainnya dikarenakan untuk proyek yang memiliki karakteristik serupa, item mahal yang digunakan diperkirakan akan sama. Poh dan Horner (1995), *Cost Significant Model* didasarkan pada fakta yang telah tercatat dengan baik, yang menyatakan bahwa delapan puluh persen dari total biaya proyek terkandung dalam dua puluh persen item pekerjaan termahal.

Dalam penjelasannya tentang Prinsip Pareto, Victor G. Hajek (1994) menyatakan bahwa prinsip tersebut menyatakan bahwa untuk banyak kejadian, sekitar dua puluh persen dari penyebabnya bertanggung jawab atas delapan puluh persen dari hasilnya.

Tahapan penggunaan metode *Cost Significant Model* adalah sebagai berikut:

1. Mengecualikan dari pertimbangan setiap bagian pekerjaan yang kadang-kadang memiliki jumlah yang besar tetapi tidak mencakup seluruh pekerjaan.
2. Mengklasifikasikan item pekerjaan yang termasuk dalam unit pengukuran yang sama, memiliki biaya unit yang tidak jauh berbeda satu sama lain, atau dapat digunakan untuk menggambarkan aktivitas pekerjaan lapangan.
3. Menentukan pengaruh dari nilai waktu uang terhadap penetapan harga item pekerjaan dengan memperhitungkan persentase inflasi. Perhitungan menggunakan *Future Value Factor* (FVF) dapat ditunjukkan dengan rumus berikut:

$$F = P(1 + i)^n \quad \dots(1)$$

Dimana :

F = Nilai harga pada tahun proyeksi yang ditentukan

P = Harga sebelum proyeksi

i = Faktor inflasi di area penelitian

n = Tahun proyeksi

(Sumber : Ostwald, 2001)

4. Item-item dengan biaya paling tinggi yang menyumbang 80% dari total biaya proyek.
5. Menentukan rata-rata faktor model biaya (*Cost Model Factor/ CMF*). Koefisien model biaya dihasilkan dengan membandingkan perbedaan antara estimasi biaya yang dibuat oleh model regresi dan biaya sebenarnya dari proyek.

$$CMF = M'xCSI/Y \quad \dots(2)$$

Dimana :

- CMF = Nilai *Cost Model Factor*
- M' = Nilai pemodelan yang didapatkan dari analisis regresi linier
- CSI = Nilai *Cost Significant Item* yang berpengaruh secara signifikan dalam suatu proyek konstruksi
- Y = Biaya total proyek konstruksi

(Sumber : Yuliana, C., Ulimaz, A. Z., & Kertadipura, R. H., 2020)

6. Estimasi melalui penggunaan CSM, pertama-tama memasukkan nilai CSI ke dalam model regresi kemudian membagi nilai tersebut dengan CMF rata-rata yang berasal dari sejumlah set data yang berbeda.

$$CSM = M'xCSI/CMF \quad \dots(3)$$

Dimana :

- CSM = Nilai *Cost Significant Model*
- M' = Nilai pemodelan yang didapatkan dari analisis regresi linier
- CSI = Nilai *Cost Significant Item* yang berpengaruh secara signifikan dalam suatu proyek konstruksi
- CMF = Nilai rerata *Cost Model Factor*

(Sumber : Yuliana, C., Ulimaz, A. Z., & Kertadipura, R. H., 2020)

7. Membuat model biaya dari *Cost Significant Items* dengan mengalikan hasil model regresi linear berganda dengan batu bata dan kemudian membaginya dengan CMF rata-rata.

$$Ev = \frac{(Mb \times V_{pb})}{CMF} \quad \dots(4)$$

Dimana :

- Ev = Nilai estimasi biaya proyek Model Biaya Signifikan
- Mb = Produk model biaya dari model regresi linear berganda
- Vpb = Volume parameter yang ditinjau
- CMF = Nilai CMF rata-rata

(Sumber : Yuliana, C., Ulimaz, A. Z., & Kertadipura, R. H., 2020)

8. Akurasi model ditentukan dengan membagi selisih antara harga yang diproyeksikan dan harga yang sebenarnya dengan harga yang sebenarnya.

$$Akurasi = \left(\frac{Ev - Av}{Av} \right) \times 100\% \quad \dots(5)$$

Dimana :

- Ev = Harga prediksi (*Estimated bill value*)
- Av = Harga sebenarnya (*Actual bill value*)

(Sumber : Poh & Horner, 1995)

Berdasarkan penelusuran literatur, tidak ada penelitian yang telah melihat bagaimana Model Signifikan Biaya diterapkan pada proyek konstruksi jalan baru di Daerah Istimewa Yogyakarta. Namun, model ini telah secara eksplisit dibahas dalam beberapa penelitian sebelumnya. Perbedaan utama antara studi ini dan studi sebelumnya adalah objek penelitian; studi sebelumnya terutama berkonsentrasi pada proyek peningkatan jalan secara umum, sementara studi ini memeriksa konstruksi jalan yang baru selesai di Daerah Istimewa Yogyakarta.

METODA PENELITIAN

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang bersifat *time series* berdasarkan nilai kontrak terkait sedangkan untuk data proyek jalan diperoleh dari DPUP-ESDM Bidang Bina Marga Provinsi D.I. Yogyakarta maupun Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat selama tahun anggaran 2017 sampai dengan 2023 tidak termasuk Pajak Pertambahan Nilai (PPN) dan sekunder data inflasi diperoleh dari data yang dipublikasikan secara online oleh Bank Indonesia (<https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/data-inflasi.aspx>).

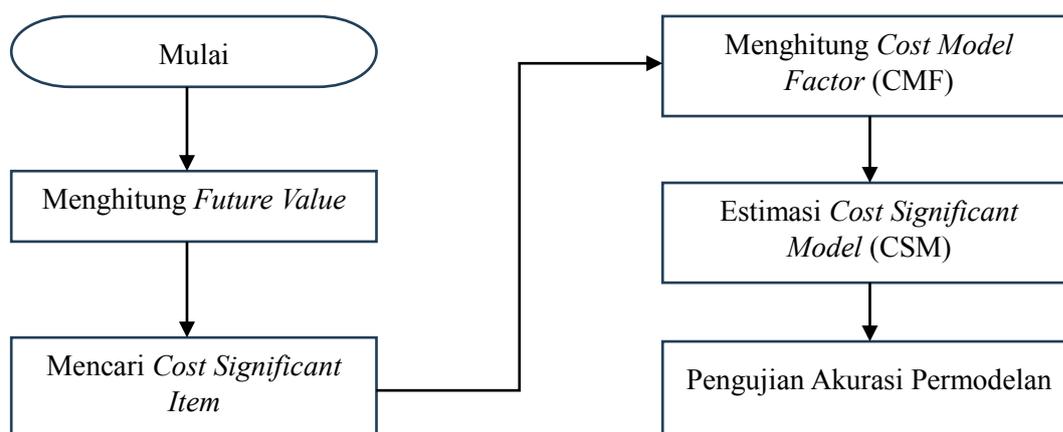
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah biaya total pekerjaan / *real cost* yang disimbolkan dalam simbol (Y), sedangkan variabel bebas terdiri dari Pekerjaan Umum (X1), Pekerjaan Drainase (X2), Pekerjaan Tanah (X3), Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan (X4), Perkerasan Berbutir (X5), Perkerasan Aspal (X6), Pekerjaan Struktur (X7), Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor (X8), Pekerjaan Harian (X9), Pekerjaan Pemeliharaan Rutin (X10).

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif untuk menjelaskan data mengenai variabel penelitian secara deskriptif berupa regresi berganda yang digunakan untuk mengukur model estimasi biaya proyek.

Selanjutnya dilakukan uji asumsi klasik yang terdiri dari uji normalitas menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* dengan syarat data terdistribusi normal jika nilai p (*Asymp. Sig*) > 0,05, uji multikolinearitas menggunakan metode *Variance Inflation Factor* (VIF) dan analisis toleransi yang mana jika nilai VIF yang lebih dari 10 dan nilai toleransi yang lebih rendah dari 0,01 menunjukkan adanya multikolinearitas, dan uji heteroskedastisitas menggunakan uji *Glejser*, jika probabilitas signifikansi lebih besar dari tingkat kepercayaan yang dinyatakan sebagai 5%.

Setelah uji statistik sudah terpenuhi dan dilakukan, maka akan dilanjutkan dengan pemodelan dengan analisis *Cost Significant Model* yangmana langkah-langkah analisis telah dijelaskan diatas. Adapun tahapan dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagaimana berikut:



Gambar 1. Langkah-langkah Analisis *Cost Significant Model* (Sumber: Penelitian, 2024)

HASIL ANALISIS

Berdasarkan pengumpulan data yang dilakukan proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta selama periode 2017-2023 meniadakan proyek pada tahun 2020

disebabkan anggaran yang dimiliki dialihkan (*refocusing*) untuk penanganan *Covid 19*. Adapun data penelitian dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 1. Data Proyek Pembangunan Jalan Baru di Provinsi D.I. Yogyakarta selama periode 2017-2023

Tahun	Paket	Luasan	Divisi (dalam ribuan)										Total
			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	
2017	Lemah Abang	28,099.68	214,100	6,347,478	18,251,293	595,139	5,160,985	7,207,839	14,552,060	714,522	0	0	53,043,416
2017	Bugel - Girijati	61,410.00	88,790	410,977	14,886,298	995,412	4,002,686	14,485,323	203,281	984,651	945	20,000	36,078,362
2017	Jerukwudel - Baran	18,676.80	68,655	270,810	4,405,674	0	902,256	2,725,620	249,685	260,192	0	0	8,882,892
2018	Nguwot	68,635.15	277,720	9,836,861	9,433,544	1,024,207	7,710,685	10,705,277	9,036,015	1,217,266	0	0	49,241,575
2019	Lot 5	410,597.18	1,939,052	12,920,233	78,720,835	3,842,883	17,575,428	48,663,719	10,924,868	4,782,501	276,636	0	179,646,155
2021	Tawang-Ngalang I	248,310.75	329,077	4,259,767	8,183,378	0	4,688,907	11,407,769	9,822,915	0	1,988,879	1,381	40,682,073
2021	Jerukwudel	29,555.00	1,890,309	6,777,170	148,342,246	0	23,949,510	46,142,580	6,503,243	0	6,434,748	0	240,039,807
2022	Tawang-Ngalang IV	53,342.70	521,661	9,165,190	11,890,861	0	7,109,077	12,658,655	23,104,087	0	5,851,983	1,370	70,302,884
2023	Tawang-Ngalang II & III	48,902.66	926,732	6,547,432	15,194,901	0	3,790,691	10,103,760	49,622,999	0	3,149,237	33,617	89,369,370

Sumber : Data Diolah, 2024

Identifikasi variabel pada analisis CSM dilakukan dengan melakukan transformasi biaya menjadi satuan biaya per meter persegi (Rp /M²).

Tabel 2. Biaya Per M² Luas Pekerjaan Jalan Baru di Provinsi D.I. Yogyakarta selama periode 2017-2023

Tahun	Paket	Luasan	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	Total
2017	Lemah Abang	28,099.68	7,619.30	225,891.47	649,519.61	21,179.56	183,667.05	256,509.63	517,872.82	25,428.11	-	-	1,887,687.56
2017	Bugel - Girijati	61,410.00	1,445.86	6,692.34	242,408.37	16,209.28	65,179.72	235,878.89	3,310.22	16,034.05	15.39	325.68	587,499.78
2017	Jerukwudel - Baran	18,676.80	3,675.95	14,499.80	235,890.18	-	48,308.90	145,936.15	13,368.75	13,931.28	-	-	475,611.01
2018	Nguwot	68,635.15	4,046.32	143,321.04	137,444.80	14,922.48	112,343.10	155,973.69	131,652.88	17,735.31	-	-	717,439.63
2019	Lot 5	410,597.18	4,722.52	31,466.93	191,722.78	9,359.25	42,804.55	118,519.37	26,607.27	11,647.67	673.74	-	437,524.08
2021	Tawang-Ngalang I	248,310.75	1,325.26	17,154.98	32,956.20	-	18,883.22	45,941.50	39,558.96	-	8,009.64	5.56	163,835.33
2021	Jerukwudel	29,555.00	63,959.02	229,307.06	5,019,192.88	-	810,337.01	1,561,244.46	220,038.69	-	217,721.14	-	8,121,800.26
2022	Tawang-Ngalang IV	53,342.70	9,779.43	171,817.13	222,914.49	-	133,271.78	237,308.11	433,125.57	-	109,705.40	25.68	1,317,947.60
2023	Tawang-Ngalang II & III	48,902.66	18,950.55	133,887.04	310,717.26	-	77,515.02	206,609.63	1,014,730.06	-	64,398.08	687.42	1,827,495.07

Sumber : Data Diolah, 2024

Perhitungan Pengaruh *Time Value*

Data inflasi diperoleh dari inflasi tahunan oleh Bank Indonesia sebagaimana berikut:

Tabel 3. Laju Inflasi Tahunan Tahun 2017-2023

No	Tahun	Laju Inflasi
1	2017	3.81%
2	2018	3.20%
3	2019	3.03%
4	2020	2.04%
5	2021	1.56%
6	2022	4.21%
7	2023	5.47%

Sumber: Bank Indonesia (<https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/data-inflasi.aspx>), 2023

Dari Tabel Laju Inflasi Tahunan Tahun 2017-2023, maka hasil perhitungan *Time Value* pada seluruh variabel dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Proyeksi Biaya Tahun 2023 Berdasarkan Perhitungan *Time Value*

Tahun	Paket	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	Total
2017	Lemah Abang	9,535.19	282,692.36	812,842.68	26,505.21	229,850.51	321,009.52	648,093.02	31,822.06	0.00	0.00	2,362,350.54
2017	Bugel - Girijati	1,809.42	8,375.14	303,362.46	20,285.13	81,569.29	295,191.13	4,142.58	20,065.84	19.26	407.57	735,227.83
2017	Jerukwudel - Baran	4,600.28	18,145.80	295,205.26	0.00	60,456.27	182,632.10	16,730.35	17,434.33	0.00	0.00	595,204.39
2018	Nguwot	4,735.94	167,747.41	160,869.68	17,465.74	131,489.86	182,556.47	154,090.64	20,757.96	0.00	0.00	839,713.71
2019	Lot 5	5,321.26	35,456.44	216,030.20	10,545.86	48,231.49	133,545.75	29,980.65	13,124.41	759.16	0.00	492,995.22
2021	Tawang-Ngalang I	1,366.93	17,694.39	33,992.45	0.00	19,476.97	47,386.06	40,802.83	0.00	8,261.49	5.74	168,986.86
2021	Jerukwudel	65,970.11	236,517.25	5,177,013.17	0.00	835,816.72	1,610,335.23	226,957.44	0.00	224,567.03	0.00	8,377,176.95
2022	Tawang-Ngalang IV	10,190.74	179,043.47	232,289.90	0.00	138,876.97	247,288.90	451,342.11	0.00	114,319.43	26.76	1,373,378.28
2023	Tawang-Ngalang II & III	18,950.55	133,887.04	310,717.26	0.00	77,515.02	206,609.63	1,014,730.06	0.00	64,398.08	687.42	1,827,495.07
	Rata-Rata	13,608.94	119,951.03	838,035.90	8,311.33	180,364.79	358,506.09	287,429.96	11,467.18	45,813.83	125.28	1,863,614.32

Sumber : Data Diolah, 2024

Proporsi Komponen Biaya

Setelah data diproyeksikan ke tahun yang telah ditentukan yaitu tahun 2023, maka dilanjutkan dengan mencari nilai rata-rata dari masing-masing variabel dan hasil perhitungan proporsi komponen biaya dapat dilihat selengkapnya pada tabel dibawah ini:

Tabel 5. Proporsi Komponen Biaya Per Variabel untuk 9 Proyek

Variabel	Jumlah Per Variabel (Rp/M2)	Rata-Rata Per Variabel (Rp/M2)	Presentase X terhadap Y
Y	16,772,528.86	1,863,614.32	100.00%
X1	122,480.42	13,608.94	0.73%
X2	1,079,559.31	119,951.03	6.44%
X3	7,542,323.07	838,035.90	44.97%
X4	74,801.94	8,311.33	0.45%
X5	1,623,283.12	180,364.79	9.68%
X6	3,226,554.78	358,506.09	19.24%
X7	2,586,869.68	287,429.96	15.42%
X8	103,204.61	11,467.18	0.62%
X9	412,324.44	45,813.83	2.46%
X10	1,127.49	125.28	0.01%

Penentuan *Cost Significant Items* (CSI)

Hasil penentuan CSI pada penelitian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Penentuan *Cost Significant Items* (CSI)

Variabel	Rata-Rata Per Variabel	Presentase	Kumulatif
Y	Rp	1,863,614.32	100.00%
X3	Rp	838,035.90	44.97%
X6	Rp	358,506.09	19.24%
X7	Rp	287,429.96	15.42%
X5	Rp	180,364.79	9.68%
X2	Rp	119,951.03	6.44%
X9	Rp	45,813.83	2.46%
X1	Rp	13,608.94	0.73%
X8	Rp	11,467.18	0.62%
X4	Rp	8,311.33	0.45%
X10	Rp	125.28	0.01%

Sumber : Data Diolah, 2024

Dari hasil penentuan nilai *Cost Significant Items* (CSI) item yang dianggap paling signifikan dapat diketahui bahwa terdapat 4 item yang paling dominan mempengaruhi biaya proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta tahun 2017-2023 yaitu Pekerjaan Tanah (X3), Pekerjaan Aspal (X6), Pekerjaan Struktur (X7), dan Perkerasan Berbutir (X5).

Uji Asumsi Klasik

Uji Normalitas

Hasil uji normalitas dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov* variabel independen yaitu Pekerjaan Tanah (X3), Pekerjaan Aspal (X6), Pekerjaan Struktur (X7), dan Perkerasan Berbutir (X5) diperoleh residual data adalah 0,180, yang berarti nilai signifikansi lebih besar dari nilai alpha standar 5% ($0,180 > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa residual data didistribusikan secara normal.

Uji Multikolinearitas

Pengujian multikolinearitas variabel independen yaitu Pekerjaan Tanah (X3), Pekerjaan Aspal (X6), Pekerjaan Struktur (X7), dan Perkerasan Berbutir (X5) diperoleh nilai toleransi lebih besar dari 0,10 dan nilai VIF lebih kecil dari 10, dapat disimpulkan bahwa tidak ada multikolinearitas.

Uji Heteroskedastisitas

Pada penelitian ini, Uji Heteroskedastisitas menggunakan Uji *Glejser*. Hasil Uji *Glejser* menunjukkan variabel independen lebih besar dari 5%, maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada heteroskedastisitas dan asumsi terpenuhi.

Uji Cost Significant Model (CSM)

Variabel yang memenuhi syarat untuk dilakukan regresi linier berganda adalah Pekerjaan Tanah (X3), Pekerjaan Aspal (X6), Pekerjaan Struktur (X7), dan Perkerasan Berbutir (X5).

Tabel 7. Nilai Koefisien Regresi

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	541863.256	184341.331		2.939	0.026
	Pek. Struktur	1.721	0.402	0.868	4.277	0.005
2	(Constant)	107885.104	104306.044		1.034	0.348
	Pek. Struktur	1.232	0.180	0.621	6.861	0.001
	Per. Berbutir	5.873	1.013	0.525	5.799	0.002
3	(Constant)	87798.087	42547.631		2.064	0.108
	Pek. Struktur	1.156	0.074	0.583	15.543	0.000
	Per. Berbutir	3.520	0.616	0.315	5.713	0.005
	Pek. Tanah	0.927	0.181	0.285	5.129	0.007
4	(Constant)	3438.327	27768.257		0.124	0.909
	Pek. Struktur	1.160	0.033	0.585	35.040	0.000
	Per. Berbutir	3.021	0.299	0.270	10.097	0.002
	Pek. Tanah	0.785	0.087	0.241	8.993	0.003
	Pek. Aspal	0.863	0.208	0.102	4.151	0.025

Sumber : Data Diolah, 2024

Tabel 7 memberikan informasi untuk membangun persamaan regresi linear berganda dari variabel terikat (*dependent*) yang memenuhi kriteria dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

$$Y = 3.438,327 + 0,785X_3 + 0,863X_6 + 1,160X_7 + 3,021X_5 \quad \dots (6)$$

Dimana :

Y = Biaya Total Pekerjaan

X₃ = Pekerjaan Tanah

X₆ = Pekerjaan Aspal

X₇ = Pekerjaan Struktur

X₅ = Perkerasan Berbutir

(Sumber : Data Diolah, 2024)

Koefisien Determinasi (R²)

Hasil pengukuran Koefisien Determinasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8. Nilai Koefisien Regresi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.868 ^a	0.753	0.712	399005.95489
2	.984 ^b	0.968	0.955	157260.46051
3	.998 ^c	0.996	0.993	63876.01344
4	1.000 ^d	0.999	0.999	28405.03143

a. Predictors: (Constant), Struktur

b. Predictors: (Constant), Struktur, Berbutir

c. Predictors: (Constant), Struktur, Berbutir, Tanah

d. Predictors: (Constant), Struktur, Berbutir, Tanah, Aspal

Sumber : Data Diolah, 2024

Berdasarkan pada Tabel 8 (Nilai Koefisien Regresi) nilai *R Square* pada tabel tidak digunakan karena nilai *R Square* hanya untuk mengukur seberapa besar simpangan model pada data tersebut dan dalam penelitian ini digunakan nilai *Adjusted R Square* karena untuk mengukur variabel independen/bebas yang signifikan dan data variabel yang memiliki nilai lebih dari 80%. Adapun data tersebut adalah sebagai berikut :

1. Variabel Struktur (X7) dengan nilai *Adjusted R Square* sebesar 0.712 (71,2%).
2. Variabel Perkerasan Berbutir (X5) dengan nilai *Adjusted R Square* sebesar 0.955 (95,5%)
3. Variabel Tanah (X3) dengan nilai *Adjusted R Square* sebesar 0.993 (99,3%).
4. Variabel Aspal (X6) dengan nilai *Adjusted R Square* sebesar 0.999 (99,9%).

Sedangkan sisanya yaitu sebesar 0,1% dijelaskan oleh variabel-variabel diluar penelitian ini.

Pengujian Model *Cost Significant Model* (CSM)

Perhitungan biaya estimasi model dilakukan dengan memasukkan harga satuan divisi pekerjaan variabel independen per m² ke dalam persamaan regresi yang telah dibuat sebelumnya. Berdasarkan perhitungan tersebut, maka biaya estimasi model dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9. Hasil Perhitungan Biaya Estimasi Model

Tahun	Paket	Komponen Biaya (Rp. /M2)				Estimasi Biaya					
		X3	X6	X7	X5						
2017	Lemah Abang	Rp	509,886.88	Rp	221,432.89	Rp	600,547.22	Rp	554,911.46	Rp	1,890,216.78
2017	Bugel - Girijati	Rp	190,295.79	Rp	203,623.32	Rp	3,838.67	Rp	196,926.85	Rp	598,122.96
2017	Jerukwudel - Baran	Rp	185,178.87	Rp	125,979.92	Rp	15,502.97	Rp	145,955.21	Rp	476,055.30
2018	Nguwot	Rp	107,897.13	Rp	134,644.86	Rp	152,670.25	Rp	339,421.11	Rp	738,071.67
2019	Lot 5	Rp	150,506.52	Rp	102,312.28	Rp	30,854.91	Rp	129,324.98	Rp	416,437.01
2021	Tawang-Ngalang I	Rp	25,871.33	Rp	39,659.17	Rp	45,874.24	Rp	57,051.70	Rp	171,894.77
2021	Jerukwudel	Rp	3,940,174.52	Rp	1,347,750.04	Rp	255,166.17	Rp	2,448,263.34	Rp	7,994,792.40
2022	Tawang-Ngalang IV	Rp	174,992.67	Rp	204,857.10	Rp	502,270.73	Rp	402,652.75	Rp	1,288,211.59
2023	Tawang-Ngalang II & III	Rp	243,919.74	Rp	178,356.52	Rp	1,176,723.89	Rp	234,195.39	Rp	1,836,633.87

Sumber : Data Diolah, 2024

Setelah diperoleh biaya estimasi model, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Cost Model Factor* (CMF). Rangkuman hasil perhitungan *Cost Model Factor* (CMF) dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Perhitungan CMF

Tahun	Paket	Estimasi Biaya	Biaya Aktual	CMF
2017	Lemah Abang	Rp 1,890,216.78	Rp 1,887,687.56	1.0013
2017	Bugel - Girijati	Rp 598,122.96	Rp 587,499.78	1.0181
2017	Jerukwudel - Baran	Rp 476,055.30	Rp 475,611.01	1.0009
2018	Nguwot	Rp 738,071.67	Rp 717,439.63	1.0288
2019	Lot 5	Rp 416,437.01	Rp 437,524.08	0.9518
2021	Tawang-Ngalang I	Rp 171,894.77	Rp 163,835.33	1.0492
2021	Jerukwudel	Rp 7,994,792.40	Rp 8,121,800.26	0.9844
2022	Tawang-Ngalang IV	Rp 1,288,211.59	Rp 1,317,947.60	0.9774
2023	Tawang-Ngalang II & III	Rp 1,836,633.87	Rp 1,827,495.07	1.0050
Rerata CMF				1.0019

Sumber : Data Diolah, 2024

Hasil estimasi dari *Cost Significant Model* di atas telah dibandingkan dengan biaya pelaksanaan (biaya aktual) proyek yang sedang diamati. Nilai rata-rata CMF adalah 1,0019, menunjukkan bahwa prediksi total biaya pembangunan jalan menggunakan *Cost Significant Model* telah sangat baik, sesuai dengan biaya pembangunan jalan yang sebenarnya.

Estimasi *Cost Significant Model* (CSM)

Setelah mengetahui nilai rata-rata *Cost Model Factor* (CMF), estimasi dapat dilakukan dengan membagi estimasi biaya model (Y' CSM) dengan rata-rata nilai CMF.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Estimasi *Cost Significant Model* (CSM)

Tahun	Paket	Luasan	Biaya Estimasi Model		CMF	Biaya Estimasi CSM			
			(Rp/m2)	(Rp)					
		a	b	c = a x b	d	e = c / d			
2017	Lemah Abang	28,099.68	Rp	1,890,216.78	Rp	53,114,486,764.93	1.0019	Rp	53,014,875,981.03
2017	Bugel - Girijati	61,410.00	Rp	598,122.96	Rp	36,730,730,821.58	1.0019	Rp	36,661,846,095.15
2017	Jerukwudel - Baran	18,676.80	Rp	476,055.30	Rp	8,891,189,557.66	1.0019	Rp	8,874,515,041.62
2018	Nguwot	68,635.15	Rp	738,071.67	Rp	50,657,658,552.90	1.0019	Rp	50,562,655,298.87
2019	Lot 5	410,597.18	Rp	416,437.01	Rp	170,987,863,169.34	1.0019	Rp	170,667,192,931.79
2021	Tawang-Ngalang I	248,310.75	Rp	171,894.77	Rp	42,683,318,365.53	1.0019	Rp	42,603,270,170.38
2021	Jerukwudel	29,555.00	Rp	7,994,792.40	Rp	236,286,089,512.75	1.0019	Rp	235,842,959,134.67
2022	Tawang-Ngalang IV	53,342.70	Rp	1,288,211.59	Rp	68,716,684,242.47	1.0019	Rp	68,587,813,134.01
2023	Tawang-Ngalang II & III	48,902.66	Rp	1,836,633.87	Rp	89,816,281,821.52	1.0019	Rp	89,647,840,577.25

Sumber : Data Diolah, 2024

Akurasi Model *Cost Significant Model* (CSM)

Untuk mengukur tingkat akurasi, dilakukan perhitungan selisih antara estimasi *Cost Significant Model* dengan biaya aktual, kemudian hasilnya dibagi dengan biaya aktual, dan dikalikan dengan 100%.

Hasil penilaian tingkat akurasi model menunjukkan nilai rata-rata akurasi model adalah sebesar 0,00% dengan nilai terendah -5,00% dan nilai tertinggi 4,72%. Nilai rata-rata akurasi model memiliki angka positif menunjukkan bahwa rata-rata estimasi biaya lebih besar dari biaya pelaksanaan (biaya aktual) pada proyek pembangunan jalan baru di provinsi D.I. Yogyakarta tahun 2017-2023.

Merujuk tabel klasifikasi estimasi biaya AACE, akurasi hasil pemodelan terendah -5,00% dan nilai akurasi terbesar 4,72% termasuk kedalam kelas 1 sehingga hasil pemodelan dapat digunakan.

Hasil Akurasi Model *Cost Significant Model* (CSM) pembangunan jalan disajikan seperti pada Tabel 12 berikut:

Tabel 12. Hasil Perhitungan Akurasi Model Penelitian

Tahun	Paket	Estimasi CSM	Biaya Aktual	Selisih	Akurasi
2017	Lemah Abang	Rp 53,014,875,981.03	Rp 53,043,416,356.63	-Rp 28,540,376	-0.05
2017	Bugel - Girijati	Rp 36,661,846,095.15	Rp 36,078,361,614.70	Rp 583,484,480	1.62
2017	Jerukwudel - Baran	Rp 8,874,515,041.62	Rp 8,882,891,702.16	-Rp 8,376,661	-0.09
2018	Nguwot	Rp 50,562,655,298.87	Rp 49,241,574,900.56	Rp1,321,080,398	2.68
2019	Lot 5	Rp 170,667,192,931.79	Rp 179,646,154,601.79	-Rp8,978,961,670	-5.00
2021	Tawang-Ngalang I	Rp 42,603,270,170.38	Rp 40,682,073,496.05	Rp1,921,196,674	4.72
2021	Jerukwudel	Rp 235,842,959,134.67	Rp 240,039,806,702.02	-Rp4,196,847,567	-1.75
2022	Tawang-Ngalang IV	Rp 68,587,813,134.01	Rp 70,302,883,554.36	-Rp1,715,070,420	-2.44
2023	Tawang-Ngalang II & III	Rp 89,647,840,577.25	Rp 89,369,370,091.93	Rp 278,470,485	0.31
Rerata					0.00
Min					-5.00
Max					4.72
AACE Class					1.00

Sumber : Data Diolah, 2024

Evaluasi Akurasi Model Penelitian pada Paket di Luar Model Penelitian

Proses validasi dalam penelitian ini dilaksanakan dalam dua model yaitu validasi dengan melakukan uji akurasi CSM pada paket dalam model penelitian dan validasi dengan mengevaluasi akurasi CSM pada model di luar model penelitian. Proses validasi pada model di luar penelitian, peneliti membandingkan estimasi model penelitian dengan paket Remedial Bendungan Sermo, Pembangunan Ruas Jalan dan Jembatan Tawang – Ngalang Segmen V, dan paket Pembangunan Jalan Baru Kretek – Girijati. Adapun hasil evaluasi akurasi model pada paket pengerjaan di luar penelitian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13. Evaluasi Akurasi Model Penelitian pada Paket di Luar Model Penelitian

Tahun	Paket	Luasan	Biaya Estimasi Model (Rp/m ²)	Biaya Estimasi Model (Rp)	CMF Rata-Rata	Biaya Estimasi CSM (Rp)	Biaya Aktual (Rp)	Akurasi (%)
		a	b	c= a*b	d	e=c/d	f	g=(e-f)/f
2021	Remedial Sermo	3,782.59	Rp 1,673,645.48	Rp 6,330,717,991.28	0.9999	Rp 6,331,284,801.87	Rp 6,336,325,690.23	-0.080
2021	Ngalang V	23,636.25	Rp 1,389,367.57	Rp 32,839,439,207.59	0.9999	Rp 32,842,379,433.62	Rp 32,665,024,197.38	0.543
2023	Kretek - Girijati	93,180.00	Rp 2,574,510.53	Rp 239,892,890,875.76	0.9999	Rp 239,914,369,297.42	Rp 241,031,298,950.80	-0.463
Rerata								0.000
Min								-0.463
Max								0.543
AAACE Class								1

Sumber : Data Diolah, 2024

Berdasarkan hasil evaluasi akurasi model penelitian pada paket di luar model penelitian maka diketahui bahwa hasil penilaian tingkat akurasi model menunjukkan nilai rata-rata akurasi model adalah sebesar -0,000% dengan nilai terendah -0,463% dan nilai tertinggi 0,543% termasuk kedalam kelas 1. Nilai rata-rata akurasi model memiliki angka positif menunjukkan bahwa rata-rata estimasi biaya lebih besar dari biaya pelaksanaan (biaya aktual) pada proyek pembangunan jalan baru di provinsi D.I. Yogyakarta tahun 2017-2023.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagaimana berikut:

1. Proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta tahun 2017-2023 memiliki empat komponen biaya yang berpengaruh signifikan, yaitu: Pekerjaan Tanah (X₃), Pekerjaan Aspal (X₆), Pekerjaan Struktur (X₇), dan Perkerasan Berbutir (X₅).
2. Model estimasi biaya pada proyek pembangunan jalan baru di Provinsi D.I. Yogyakarta tahun 2017-2023 berdasarkan persamaan regresi adalah:

$$Y = 3.438,327 + 0,785X_3 + 0,863X_6 + 1,160X_7 + 3,021X_5 \quad \dots(7)$$

Dimana :

- Y = Biaya Total Pekerjaan
- X₃ = Pekerjaan Tanah
- X₆ = Pekerjaan Aspal
- X₇ = Pekerjaan Struktur
- X₅ = Perkerasan Berbutir

(Sumber : Data Diolah, 2024)

3. Merujuk tabel klasifikasi estimasi biaya *American Association of Cost Engineer (AAACE)*, nilai akurasi terendah hasil pemodelan sebesar -5,00%, nilai akurasi tertinggi sebesar 4,72%, dan nilai akurasi terendah hasil pemodelan pada paket selain model pencarian sebesar -0,463%, nilai akurasi tertinggi sebesar 0,543% termasuk kelas 1, sehingga hasil model dapat digunakan.
4. Nilai rata-rata akurasi model memiliki angka positif menunjukkan bahwa rata-rata estimasi biaya lebih besar dari biaya pelaksanaan (biaya aktual) pada proyek pembangunan jalan baru di provinsi D.I. Yogyakarta tahun 2017-2023. Pelaksanaan paket pekerjaan pembangunan jalan baru di DIY dari tahun 2017 hingga 2023 telah berhasil mencapai sasaran yang ditentukan dalam pengelolaan pendanaan proyek dan memenuhi standar tertinggi yang ditetapkan oleh *American Association of Cost Engineer (AAACE)*, sehingga memberikan keyakinan tambahan terhadap integritas dan kehandalan proyek pembangunan jalan yang telah dilaksanakan selama periode 2017 – 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akintoye, A., & Fitzgerald, E. (2000). "A survey of current cost estimating practices in the UK". *Construction Management and Economics*, 18, 161-172.
- [2] Alamsyah, Alik. (2003). *Rekayasa Jalan Raya*, UMM Pres Malang.
- [3] Aljoufie, M., Brussel, M., Zuidgeest, M., & van Maarseveen, M. (2013). "Urban growth and transport infrastructure interaction in Jeddah between 1980 and 2007". *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21, 493–505.
- [4] Alkass and Jrade. (2000). *An integrated system for conceptual cost estimates. Construction information digital library*.
- [5] Alumbu, P. O., Ola-Awo, W., Saidu, I., Abdullahi, M., & Abdulmumin, A. (2014). "Assessment of the factors affecting the accuracy of pre-tender cost estimate in Kaduna state, Nigeria." *IOSR Journal of Environmental Science Toxicology and Food Technology* 8(5):19-27
- [6] Astana, I., & Yudha, N. (2017). "Estimasi biaya konstruksi gedung dengan cost significant model". *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 1(1), 7-15.
- [7] Bakar, A. (2014). "Estimasi Biaya Dengan Menggunakan Cost Significant Model Pada Pekerjaan Jembatan Rangka Baja Di Proyek Pembangunan Jalan Lintas Selatan Provinsi Jawa Timur". *EXTRAPOLASI: Jurnal Teknik Sipil*, 7, Hal. : 1-10.
- [8] Bley, A. F. S. (1990). *Improved Conceptual Estimating Performance Using A Knowledge-Based Approach. (Doctor of Philosophy)*. The University of Texas at Austin, Texas.
- [9] Carr, R. I. (1989). "Cost estimating principles". *Journal Construction Engineering Management*, 115(4), 545-551.
- [10] Curran, R., Raghunathan, S., & Price, M. (2004). "Review of aerospace engineering cost modeling: The genetic causal approach". *Progress in Aerospace Sciences*, 40(8), 487-534.
- [11] Dagostino, F. R., & Feigenbaum, L. (2003). *Estimating in building construction*. Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio: Prentice Hall
- [12] Donaubauer, J., Meyer, B. E., & Nunnenkamp, P. (2016). "A new global index of infrastructure: Construction, rankings and applications". *The World Economy*, 39(2), 236–259.
- [13] Enshassi, A., Mohamed, S., & Abdel-Hadi, M. (2013). "Factors affecting the accuracy of pre-tender cost estimates in the Gaza Strip". *Journal of Construction in Developing Countries*, 18(1), 73.
- [14] Firmansyah, D., Sholihah, S. M., Faisal, U., & Kadri, T. (2018). "Conceptual Estimation of Cost Significant Model on Shop-Houses Construction". *2018 International Conference on Computing, Engineering, and Design (ICCED)*, 187–192.
- [15] Flores, B. E., & Wichern, D. W. (2005). "Evaluating forecasts: a look at aggregate bias and accuracy measures". *Journal of Forecasting*, 24(6), 433–451.
- [16] Gibbons, S., Lyytikäinen, T., Overman, H. G., & Sanchis-Guarner, R. (2019). "New road infrastructure: the effects on firms." *Journal of Urban Economics*, 110, 35–50.
- [17] Hadi, P. L., Wasanta, T., & Santosa, W. (2021). "Pengaruh Indeks Infrastruktur Jalan Terhadap Indikator Ekonomi Di Indonesia". *Jurnal HPJI*, 7(2), 143–152. <https://doi.org/10.26593/jhpi.v7i2.5058.143-152>
- [18] Hatamleh, M. T., Hiyassat, M., Sweis, G. J., & Sweis, R. J. (2018). "Factors affecting the accuracy of cost estimate: case of Jordan". *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(1), 113–131.

- [19] Indrawan, G. S. (2011). Estimasi Biaya Pemeliharaan Jalan Dengan *Cost Significant Model* Studi Kasus Pemeliharaan Jalan Kabupaten di Kabupaten Jembrana. *Tesis Pascasarjana*. Universitas Udayana. Denpasar.
- [20] Jumas, Dwifitra., Rahim Faizul A.M and Zainon, Nurshuhada (2018). “Improving Accuracy of Conceptual Cost Estimation by Integrating of MRA and ANFIS”. *Built Environment Project and Asset Management*, 8(4), 348-357
- [21] Jumas, Dwifitra., Rahim Faizul A.M., Zainon, Nurshuhada, and Utama, P.W (2018). “Review of the technique application in conceptual cost Estimation for building Projects: a bibliometric analysis”. *Malaysian Construction Research Journal*,26(3) 53-56.
- [22] Kementrian PUPR. (2021). *Informasi Statistik Infrastruktur Pupr 2021*. <https://data.pu.go.id/buku-informasi-statistik-infrastruktur-pupr-tahun-2021>
- [23] Khamistan, K. (2019). “Analisis estimasi biaya dengan metode cost significant model sebagai dasar perhitungan konstruksi jembatan beton bertulang di Kabupaten Aceh Tamiang”. *Teras Jurnal*, 8(2), 444-454.
- [24] Kim, H.-J., Seo, Y.-C., & Hyun, C.-T. (2012). “A hybrid conceptual cost estimating model for large building projects”. *Automation in Construction*, 25, 72-81.
- [25] Kushartini, M G Wara (2002). Pengembangan Cost Significant Modelling untuk Estimasi Biaya Proyek Pengairan. *Tesis Pascasarjana*. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- [26] Meyer, M. D., & Miller, E. J. (1984). *Urban transportation planning: A decision-oriented approach*, McGraw-Hil.
- [27] Motamed, M. J., Florax, R. J. G. M., & Masters, W. A. (2014). “Agriculture, transportation and the timing of urbanization: Global analysis at the grid cell level”. *Journal of Economic Growth*, 19, 339–368.
- [28] Ng, C. P., Law, T. H., Jakarni, F. M., & Kulanthayan, S. (2019). “Road infrastructure development and economic growth”. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 512(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/512/1/012045>
- [29] Nurpa'i, I., Susanto, D. A., & Nugroho, N. S. (2020). “Estimasi biaya menggunakan metode cost significant model pada pembangunan peningkatan jalan”. *Jurnal Teslink, Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(2), 38–50.
- [30] Nurpa'i, I., Susanto, D. A., & Nugroho, N. S. (2020). “Estimasi biaya menggunakan metode cost significant model pada pembangunan peningkatan jalan”. *Jurnal Teslink, Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(2), 38-50.
- [31] Poh, P. S. H., & MALCOLM W. HORNER, R. (1995). “Cost significant modeling its potential for use in south east Asia”. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2(2), 121–139.
- [32] Saunders, S. C., Mislivets, M. R., Chen, J., & Cleland, D. T. (2002). “Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region, USA”. *Biological Conservation*, 103(2), 209–225.
- [33] Sayed, M., Abdel-Hamid, M., & El-Dash, K. (2023). “Improving cost estimation in construction projects”. *International Journal of Construction Management*, 23(1), 135–143. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1853657>
- [34] Soekanto, S. (2013). *Sosiologi suatu Pengantar*. Jakarta: Rajawali Persada.
- [35] Tahapari, Y., Nugroho, A. S. B., & Suparma, L. B. (2021). “Model Estimasi Biaya Dengan Cost Significant Model Dan Artificial Neural Network Proyek Peningkatan Jalan Aspal Di Yogyakarta”. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(2), 122-133.
- [36] Wang, C., Lim, M. K., Zhang, X., Zhao, L., & Lee, P. T. W. (2020). “Railway and road infrastructure in the Belt and Road Initiative countries: Estimating the impact of transport infrastructure on economic growth”. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 134, 288–307. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.02.009>

- [37] Wibowo, & Wuryanti. (2007). “Capacity factor-based cost models for buildings of various functions”. *Civil Engineering Dimension*, 9(2), 70-76.
- [38] Wulandari, E., Witjaksana, B., Oetomo, W., & Pramoedjo, H. (2019). “The Cost Estimation Using “cost Significant Model” on the Structure of Beam Girder Development of DPU Bina Marga Bridge Province in East Java”. *Journal of Physics: Conference Series*, 1364(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1364/1/012076>
- [39] Yadav, A. R., & Swamy, R. M. (2018). “Factors affecting cost and inflation in a project”. *International Research Journal in Engineering and Technology*, 5(2), 1713–1717.
- [40] Yu, W. D. (2006). “PIREM: a new model for conceptual cost estimation”. *Construction Management and Economics*, 24(3), 259-270.
- [41] Yuliana, C., Ulimaz, A. Z., & Kertadipura, R. H. (2020). “Estimasi Biaya Dengan Menggunakan Cost Significant Model Pada Pekerjaan Pemeliharaan Jalan Di Kota Banjarbaru”. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, 9(01), 24-30.