

Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Timbunan Random Batu pada Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu

Erwin Batista*, Anjas Handayani

Universitas Mercubuana, Indonesia

Email: erwinsmbln@gmail.com*

Abstrak

Bendungan merupakan bangunan berupa urugan tanah, batu, dan beton yang dibangun untuk menahan dan menampung air. Pekerjaan timbunan bendungan umumnya dilaksanakan dengan jadwal paling panjang pada setiap musim kering. Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu mengalami kejadian banjir akibat meluapnya sungai Way Teba melampaui cofferdam pada tanggal 5 Juli 2024, yang berpotensi menurunkan mutu pekerjaan timbunan random batu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi pengendalian mutu pekerjaan timbunan random batu menggunakan metode deskriptif kuantitatif melalui analisis statistik dengan software SPSS. Data dikumpulkan melalui kuesioner kepada 44 responden yang terlibat dalam proyek. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengendalian mutu ditentukan dengan uji regresi linear berganda metode stepwise. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 4 variabel yang berpengaruh signifikan: "Kesadaran Pekerja Dalam Penjaminan Dan Pengendalian Mutu", "Dokumentasi Hasil Pemantauan Dan Pengukuran Pada Setiap Tahapan Pekerjaan", "Dokumentasi Loading Material Diperiksa Oleh Direksi Lapangan/Konsultan", "Laporan Penetapan Identifikasi Bahaya, Penilaian Resiko, Pengendalian Dan Peluang Terhadap Keselamatan Konstruksi" dengan nilai $F_{hitung} = 34,334$. Variabel paling dominan adalah "Kesadaran Pekerja dalam Penjaminan dan Pengendalian Mutu" berdasarkan nilai $T_{hitung} = 8,929$. Implikasi temuan penelitian ini adalah diperlukannya program peningkatan kesadaran pekerja melalui pelatihan intensif, penyederhanaan sistem pelaporan keselamatan yang efektif tanpa mengurangi kelengkapan dokumen, serta implementasi sistem dokumentasi dan pemantauan material yang terintegrasi dan terdigitalisasi. Rekomendasi ini diharapkan dapat menjadi panduan dalam meningkatkan efektivitas pengendalian mutu dan mitigasi risiko pada proyek infrastruktur sejenis, khususnya yang rentan terhadap gangguan alam.

Kata Kunci: timbunan random batu, pengendalian mutu, uji regresi linear berganda, metode stepwise

Abstract

Dam is a structure consisting of earth, rock, and concrete embankments built to retain and contain water. Dam embankment work is generally carried out with the longest schedule during each dry season. The Way Apu Dam Construction Project experienced flooding due to the overflow of the Way Teba river exceeding the cofferdam on July 5, 2024, which could potentially reduce the quality of random rock embankment work. This study aims to analyze the factors that influence quality control of random rock embankment work using quantitative descriptive methods through statistical analysis with SPSS software. Data was collected through questionnaires to 44 respondents involved in the project. Factors influencing quality control were determined by multiple linear regression tests using the stepwise method. The results showed that there are 4 significant variables: "Worker Awareness in Quality Assurance and Control", "Documentation of Monitoring and Measurement Results at Each Stage of Work", "Documentation of Material Loading Checked by Field Director/Consultant", "Report on Hazard Identification, Risk Assessment, Control and Opportunities for Construction Safety" with $F_{count} \text{ value} = 34.334$. The most dominant variable is "Worker Awareness in Quality Assurance and Control" based on $T_{count} \text{ value} = 8.929$. The implications of the findings of this study are the need for a program to increase worker awareness through intensive training, simplification of an effective safety reporting system without reducing the completeness of documents, and the implementation of an integrated and digitized documentation and material monitoring system. This recommendation is expected to serve as a guide in improving the effectiveness of quality control and risk mitigation in similar infrastructure projects, especially those that are vulnerable to natural disturbances.

Keywords: random rock embankment, quality control, multiple linear regression test, stepwise method

PENDAHULUAN

Bendungan merupakan konstruksi bangunan air yang terbuat dari urugan tanah, batu, dan beton yang berfungsi untuk menahan dan menampung air, lumpur, atau limbah tambang (Simamora et al., 2024). Sepanjang tahun 2014-2024, pemerintah sedang melaksanakan pembangunan 61 bendungan baru untuk meningkatkan ketersediaan air di Indonesia. Salah satu

bendungan baru yang dibangun adalah Bendungan Way Apu di Kabupaten Pulau Buru Provinsi Maluku dengan total volume tampungan sebesar 50,05 juta m³ (Rakyat, 2015).

Pembangunan bendungan di daerah hulu dengan curah hujan tinggi dan kondisi tanah lembap menghadirkan tantangan khusus, terutama risiko longsor yang meningkat selama pelaksanaan konstruksi (Chen, 2024). Curah hujan intensif dapat secara signifikan meningkatkan beban hidrologis dan potensi kerusakan pada lereng yang lembap jika tidak ditangani secara tepat (Hou et al., 2024). Oleh karena itu, penerapan manajemen mutu konstruksi (Quality Management System)—termasuk quality assurance dan quality control yang ketat—sangat penting untuk memastikan bahwa pelaksanaan konstruksi berjalan sesuai dengan spesifikasi dan parameter desain teknik (Federal guidelines for dam safety, 2023). Selain itu, penggunaan teknik mitigasi stabilisasi lereng, seperti drainase dalam maupun shallow drainage, serta metode penguatan lereng, sangat efektif dalam menurunkan risiko longsor (IntechOpen, 2025). Dengan demikian, pengendalian manajemen mutu yang terstruktur bukan sekadar menjaga kualitas konstruksi, tetapi juga menjadi alat strategis untuk memastikan keamanan dan keberlanjutan pembangunan bendungan di lingkungan rentan (Nurul, 2017).

Manajemen mutu merupakan pengelolaan pelaksanaan industri konstruksi yang memadukan setiap tahapan proses pembangunan menjadi keterpaduan secara sistematis (Rompas et al., 2021; Arjula et al., 2023). Penerapan sistem manajemen mutu proyek yang baik berfungsi untuk meningkatkan efektivitas manajemen proyek dan pengawasan sumber daya manusia (Muka, 2024). Aspek mutu terdiri atas tiga tahapan yaitu perencanaan, pengendalian dan penjaminan mutu (Adityansyah et al., 2022).

Pekerjaan timbunan bendungan pada umumnya biasanya dilaksanakan cukup lama dan mengalami berbagai musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Bila memungkinkan program pelaksanaan harus membuat kegiatan yang paling besar pada setiap musim kering (Al Afifah & Sucita, 2024). Dampak negatif dari pengerjaan timbunan bendungan pada saat musim hujan adalah air hujan yang dapat mempengaruhi mutu material dan riskan terkena luapan sungai.

Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu pernah mengalami kejadian banjir akibat meluapnya sungai Way Teba melampaui cofferdam pada tanggal 5 Juli 2024. Kejadian ini tidak hanya mengganggu proses konstruksi, tetapi juga berpotensi menyebabkan keterlambatan proyek, pembengkakan biaya perbaikan, dan yang paling kritis, menimbulkan risiko terhadap keamanan struktur bendungan akibat penurunan kualitas kepadatan timbunan. Salah satu pekerjaan di bendungan utama yang sedang berjalan saat itu adalah timbunan random batu (zona 4), yang tentu mempengaruhi mutu tingkat kepadatan relatif pada pekerjaan tersebut. Berdasarkan kejadian tersebut, urgensi penelitian ini semakin tinggi mengingat potensi kerugian ekonomi yang signifikan, dampak sosial akibat keterlambatan penyediaan air, dan risiko teknis kegagalan struktur jika mutu pekerjaan tidak terkendali dengan baik.

Penelitian terdahulu telah banyak mengkaji faktor-faktor pengendalian mutu konstruksi secara umum. Malasyi et al. (2021) mengidentifikasi bahwa faktor risiko yang mempengaruhi kinerja mutu berasal dari aspek sumber daya manusia, material, peralatan, dan manajemen. Pokharel et al. (2023) menekankan bahwa faktor manusia merupakan kunci utama dalam praktik manajemen mutu. Sementara itu, Afrida dan Priyanto (2023) dan Arjula et al. (2023) fokus pada pengendalian mutu material tanah dan timbunan secara teknis. Namun, penelitian yang secara spesifik menguji dan mengukur pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap pengendalian mutu pekerjaan timbunan random batu pada bendungan, terutama pascakejadian gangguan alam seperti banjir, masih terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan mengidentifikasi faktor-faktor spesifik yang paling dominan mempengaruhi pengendalian mutu pekerjaan timbunan random batu pada Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu menggunakan pendekatan

Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Timbunan Random Batu pada Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu

kuantitatif, sehingga dapat menghasilkan rekomendasi yang tepat sasaran untuk mitigasi risiko dan peningkatan mutu. Penelitian ini bermanfaat dengan menyediakan landasan teknis bagi manajer proyek untuk memprioritaskan intervensi pada faktor kunci pengendalian mutu timbunan random batu, menyajikan rekomendasi operasional untuk penyempurnaan SOP dokumentasi, pemantauan--pengukuran, serta keselamatan kerja pada kondisi ekstrem/pasca-banjir, sekaligus memberi kontribusi akademik melalui model analitis yang dapat direplikasi pada proyek bendungan sejenis.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Deskriptif kuantitatif dipilih untuk mendapatkan gambaran akurat terhadap faktor-faktor yang berpengaruh dalam penerapan pengendalian mutu timbunan random batu menggunakan analisis data numerik dengan pendekatan statistika.

Metodologi penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk memperoleh gambaran akurat mengenai faktor-faktor yang berpengaruh dalam penerapan pengendalian mutu timbunan random batu melalui analisis data numerik dengan pendekatan statistika. Penelitian ini dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu di Kabupaten Pulau Buru, Provinsi Maluku, yang memiliki tinggi 72 meter, volume timbunan random batu sebesar 2,61 juta m³, dan kemiringan 1:2,8. Populasi dalam penelitian mencakup seluruh pihak yang terlibat dalam proyek, yaitu kontraktor pelaksana, konsultan supervisi, dan owner, dengan total 45 orang. Penentuan jumlah sampel menggunakan rumus Slovin ($n = N/(1 + N.e^2)$), yang menghasilkan sampel minimum 40 orang dari populasi 45 dengan toleransi kesalahan 0,05; namun, dalam pelaksanaannya, penelitian ini melibatkan 44 responden.

Instrumen penelitian berupa kriteria-kriteria dalam Penjaminan Mutu dan Pengendalian Mutu (PMPM) konstruksi yang mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Konstruksi. Terdapat 10 faktor dengan 44 kriteria yang telah divalidasi oleh tiga pakar yang memiliki pengalaman minimal 10 tahun. Pengumpulan data dilakukan melalui dua sumber, yaitu data primer yang diperoleh dari kuesioner yang disebarkan kepada responden yang terlibat dalam pekerjaan timbunan random batu, dan data sekunder yang berasal dari data rencana mutu kontrak (RMK) proyek, metode kerja, hasil pengujian material, serta laporan hasil inspeksi. Kuesioner tersebut menggunakan skala Likert 1-5, di mana 1 berarti Tidak Ada Pengaruh, 2 Kurang Memiliki Pengaruh, 3 Cukup Memiliki Pengaruh, 4 Berpengaruh, dan 5 Sangat Berpengaruh.

Analisis data dilakukan dengan bantuan software SPSS melalui beberapa tahapan. Pertama, uji validitas menggunakan teknik Bivariate Pearson dengan nilai r tabel sebesar 0,297 untuk 44 sampel. Kedua, uji reliabilitas menggunakan metode Cronbach's Alpha dengan kriteria $\alpha > 0,6$. Ketiga, uji regresi linear berganda dengan metode stepwise untuk menentukan variabel yang berpengaruh signifikan. Keempat, uji koefisien determinasi (R^2) untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Kelima, uji T untuk menguji pengaruh masing-masing variabel secara parsial. Terakhir, uji F dilakukan untuk menguji pengaruh variabel secara simultan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Faktor Pengaruh Pengendalian Mutu Pekerjaan Timbunan Random Batu Kuesioner Awal Pakar

Kuesioner awal dilakukan untuk memastikan bahwa kriteria yang akan disebarkan kepada responden sudah dapat mewakili untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi pengendalian mutu pekerjaan. Sebanyak 10 faktor dan 45 kriteria telah ditentukan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi yang selanjutnya dinilai oleh pakar-pakar terpilih.

Tabel 1. Profil Pakar Penelitian

No.	Uraian	Pakar 1	Pakar 2	Pakar 3
1	Jabatan	Team Leader	Project Manager	PPK Bendungan
2	Instansi/Perusahaan	PT. Indra Karya	PT. Wijaya Karya	Kementerian PU
3	Lama Pengalaman Kerja	10 Tahun	10 Tahun	10 Tahun
4	Pendidikan	S2	S1	S2

Sumber: Data Primer diolah

Terdapat 3 pakar yang menilai faktor dan kriteria tersebut dimana setiap pakar memiliki latar belakang pendidikan S1 dan pengalaman ≥ 10 tahun di bidang pembangunan bendungan atau sejenisnya. Berdasarkan jawaban kuesioner awal pakar terdapat 1 kriteria yang tidak disetujui, sehingga untuk penyebaran kuesioner berkurang menjadi 44 kriteria.

Data Responden

Responden yang diperlukan untuk pengumpulan data ditentukan berdasarkan jumlah populasi yang berpengaruh dalam penelitian ini. Populasi yang terdapat pada penelitian ini adalah 45 orang, sehingga jumlah sampel yang dapat digunakan dihitung menggunakan rumus Slovin:

$$n = N / (1 + N.e^2) \quad (3)$$

$$n = 45 / (1 + 45.(0,05)^2)$$

$$n = 40$$

Keseluruhan responden yang diambil adalah sebanyak 44 orang dengan rincian profil sebagai berikut:

Tabel 2. Distribusi Responden Berdasarkan Karakteristik

Karakteristik	Kategori	Jumlah	Persentase (%)
Jenis Kelamin	Pria	40	91
	Wanita	4	9
Usia	21-30 tahun	33	75
	31-40 tahun	8	18
	41-50 tahun	3	7
Instansi	Kontraktor Pelaksana	24	55
	Konsultan Supervisi	12	27
	Owner	8	18
Pengalaman Kerja	< 3 tahun	21	48
	3-10 tahun	17	39
	> 10 tahun	6	13

Sumber: Data Primer diolah

Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Timbunan Random Batu pada Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu

Data responden menunjukkan dominasi pekerja pria (91%) yang sesuai dengan karakteristik industri konstruksi. Mayoritas responden berusia produktif 21-30 tahun (75%) dengan pengalaman kerja yang bervariasi, dimana 48% memiliki pengalaman < 3 tahun dan 39% memiliki pengalaman 3-10 tahun. Distribusi responden berdasarkan instansi menunjukkan representasi yang baik dari semua pihak yang terlibat dalam proyek.

Analisis Validitas Instrumen Penelitian

Uji validitas dilakukan untuk menilai kebenaran atau tingkat validitas seluruh indikator kuesioner yang telah disebar. Pengujian menggunakan teknik Bivariate Pearson dengan membandingkan nilai Pearson Correlation terhadap r_{tabel} . Nilai r_{tabel} untuk 44 sampel dengan nilai signifikansi 5% adalah 0,297.

Tabel 3. Hasil Uji Validitas Variabel Penelitian

Variabel	Indikator	Corrected Item-Total Correlation	Keterangan
Kepemimpinan dan Partisipasi Pekerja (X1)	X1.1	0,576	Valid
	X1.2	0,589	Valid
	X1.3	0,550	Valid
	X1.4	0,591	Valid
	X1.5	0,632	Valid
Gambar Kerja (X2)	X2.1	0,511	Valid
	X2.2	0,093	Tidak Valid
	X2.3	0,504	Valid
	X2.4	0,570	Valid
	X2.5	0,680	Valid
Metode Kerja (X3)	X3.1	0,528	Valid
	X3.2	0,696	Valid
	X3.3	0,676	Valid
	X3.4	0,590	Valid
Peralatan (X4)	X4.1	0,742	Valid
	X4.2	0,800	Valid
	X4.3	0,685	Valid
	X4.4	0,540	Valid
	X4.5	0,618	Valid
Material (X5)	X5.1	0,725	Valid
	X5.2	0,649	Valid
	X5.3	0,678	Valid
	X5.4	0,646	Valid
	X5.5	0,623	Valid
Aspek Keselamatan Konstruksi (X6)	X6.1	0,635	Valid
	X6.2	0,737	Valid
	X6.3	0,685	Valid
	X6.4	0,595	Valid
Jadwal Mobilisasi (X7)	X7.1	0,628	Valid
	X7.2	0,687	Valid
	X7.3	0,546	Valid
	X7.4	0,610	Valid
Pemeriksaan dan Pengujian Material (X8)	X8.1	0,751	Valid

Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Timbunan Random Batu pada Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu

Variabel	Indikator	Corrected Item-Total Correlation	Keterangan
	X8.2	0,721	Valid
	X8.3	0,746	Valid
	X8.4	0,760	Valid
	X8.5	0,818	Valid
Dukungan Pengendalian Mutu (X9)	X9.1	0,768	Valid
	X9.2	0,731	Valid
	X9.3	0,624	Valid
	X9.4	0,733	Valid
Evaluasi (X10)	X10.1	0,634	Valid
	X10.2	0,771	Valid
	X10.3	0,705	Valid

Sumber: *Output SPSS*

Hasil uji validitas menunjukkan bahwa dari 44 variabel, terdapat satu variabel X2.2 (gambar kerja menampilkan notasi atau keterangan serta potongan yang detail) yang tidak valid dengan nilai $0,093 < 0,297$. Variabel ini dieliminasi dari analisis selanjutnya. Sebanyak 43 variabel lainnya dinyatakan valid dengan nilai korelasi $> 0,297$.

Analisis Reliabilitas Instrumen Penelitian

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui tingkat konsistensi hasil pengukuran apabila dilakukan pengukuran berulang dengan instrumen yang sama. Metode yang digunakan adalah Cronbach's Alpha dengan kriteria sebagai berikut:

Tabel 4. Tingkat Reliabilitas Berdasarkan Cronbach's Alpha

Cronbach's Alpha	Tingkat Reliabilitas
0,00 - 0,20	Kurang Reliabel
0,20 - 0,40	Agak Reliabel
0,40 - 0,60	Cukup Reliabel
0,60 - 0,80	Reliabel
0,80 - 1,00	Sangat Reliabel

Sumber: Klasifikasi tingkat reliabilitas Cronbach's Alpha

Tabel 5. Hasil Uji Reliabilitas

Cronbach's Alpha	N of Items	Keterangan
0,968	43	Sangat Reliabel

Sumber: *Output SPSS*

Nilai Cronbach's Alpha sebesar $0,968 > 0,80$ menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat reliabilitas yang sangat tinggi, sehingga dapat diandalkan untuk mengukur variabel-variabel penelitian.

Analisis Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linear berganda dilakukan dengan metode stepwise untuk mendapatkan model regresi yang optimal dengan variabel-variabel yang berpengaruh signifikan. Metode stepwise dipilih karena dapat mengidentifikasi variabel yang paling berpengaruh terhadap variabel dependen secara bertahap.

Tabel 6. Hasil Seleksi Variabel Metode Stepwise

Model	Variabel yang Masuk	Variabel yang Keluar	R	R Square	Adjusted R Square
1	X1.5	-	0,690	0,476	0,463
2	X6.1	-	0,752	0,565	0,544
3	X6.2	-	0,808	0,652	0,626
4	X3.3	-	0,883	0,779	0,756
5	X6.3	-	0,903	0,815	0,790

Sumber: *Output SPSS*

Proses stepwise menghasilkan 5 model, namun model yang dipilih adalah model 4 karena semua variabelnya memiliki nilai signifikansi yang baik dan interpretasi yang logis. Model 4 terdiri dari 4 variabel independen dengan nilai R Square = 0,779.

Persamaan Regresi Linear Berganda

Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda model 4, diperoleh persamaan:

$$Y = -7,182 + 1,751X_{1.5} + 1,999X_{6.1} - 2,442X_{6.2} + 1,095X_{3.3} \quad (4)$$

dimana:

- Y = Pengendalian Mutu Timbunan Random Batu
- X_{1.5} = Kesadaran pekerja dalam penjaminan dan pengendalian mutu
- X_{6.1} = Dokumentasi loading material diperiksa oleh direksi lapangan/konsultan
- X_{6.2} = Laporan penetapan identifikasi bahaya, penilaian resiko, pengendalian dan peluang terhadap keselamatan konstruksi
- X_{3.3} = Dokumentasi hasil pemantauan dan pengukuran pada setiap tahapan pekerjaan

Tabel 7. Koefisien Regresi dan Uji Signifikansi

Variabel	Koefisien (B)	Std. Error	Beta	t _{hitung}	Sig.	Keterangan
Konstanta	-7,182	1,037	-	-6,923	0,000	Signifikan
X1.5	1,751	0,196	0,884	8,929	0,000	Signifikan
X6.1	1,999	0,294	1,416	6,790	0,000	Signifikan
X6.2	-2,442	0,404	-1,663	-6,047	0,000	Signifikan
X3.3	1,095	0,232	0,566	4,721	0,000	Signifikan

Sumber: *Output SPSS*

Interpretasi Koefisien Regresi:

1. Konstanta (-7,182): Menunjukkan bahwa jika semua variabel independen bernilai 0, maka tingkat pengendalian mutu timbunan random batu akan menurun sebesar 7,182 unit.
2. X_{1.5} (1,751): Setiap peningkatan 1 unit pada kesadaran pekerja dalam penjaminan dan pengendalian mutu akan meningkatkan pengendalian mutu timbunan random batu sebesar 1,751 unit, dengan asumsi variabel lain konstan.
3. X_{6.1} (1,999): Setiap peningkatan 1 unit pada dokumentasi loading material yang diperiksa oleh direksi lapangan/konsultan akan meningkatkan pengendalian mutu timbunan random batu sebesar 1,999 unit.
4. X_{6.2} (-2,442): Setiap peningkatan 1 unit pada kompleksitas laporan penetapan identifikasi bahaya akan menurunkan efisiensi pengendalian mutu sebesar 2,442 unit. Koefisien negatif ini mengindikasikan bahwa semakin kompleks laporan dapat mengurangi efisiensi jika tidak dikelola dengan baik.
5. X_{3.3} (1,095): Setiap peningkatan 1 unit pada dokumentasi hasil pemantauan dan pengukuran pada setiap tahapan pekerjaan akan meningkatkan pengendalian mutu sebesar 1,095 unit.

Uji Koefisien Determinasi (R^2)

Tabel 8. Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
4	0,883	0,779	0,756	0,477

Sumber: *Output SPSS*

Nilai R Square sebesar 0,779 menunjukkan bahwa 77,9% variasi dalam pengendalian mutu timbunan random batu dapat dijelaskan oleh keempat variabel independen dalam model. Sisanya sebesar 22,1% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak diteliti dalam penelitian ini. Nilai Adjusted R Square sebesar 0,756 menunjukkan bahwa model memiliki kekuatan prediksi yang baik setelah disesuaikan dengan jumlah variabel dan sampel.

Uji Signifikansi Individual (Uji T)

Uji T dilakukan untuk menguji pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen secara individual. Dengan $df = n - k = 44 - 5 = 39$ dan $\alpha = 0,05$, diperoleh $t_{\text{tabel}} = 1,685$.

Tabel 9. Hasil Uji T dan Ranking Pengaruh

Variabel	t_{hitung}	t_{tabel}	Sig.	Keterangan	Ranking
X1.5	8,929	1,685	0,000	Berpengaruh Signifikan	1
X6.1	6,790	1,685	0,000	Berpengaruh Signifikan	2
X6.2	-6,047	1,685	0,000	Berpengaruh Signifikan	3
X3.3	4,721	1,685	0,000	Berpengaruh Signifikan	4

Sumber: *Output SPSS*

Semua variabel memiliki $t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}}$ dan signifikansi $< 0,05$, menunjukkan bahwa keempat variabel berpengaruh signifikan secara individual terhadap pengendalian mutu timbunan random batu.

Uji Signifikansi Simultan (Uji F)

Uji F dilakukan untuk mengetahui pengaruh secara simultan seluruh variabel independen terhadap variabel dependen. Dengan $df_1 = k - 1 = 5 - 1 = 4$ dan $df_2 = n - k = 44 - 5 = 39$, serta $\alpha = 0,05$, diperoleh $F_{\text{tabel}} = 2,612$.

Tabel 10. Hasil Uji ANOVA

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F hitung	Sig.	Keterangan
Regression	31,295	4	7,824	34,334	0,000	Signifikan
Residual	8,887	39	0,228			
Total	40,182	43				

Sumber: *Output SPSS*

Nilai $F_{\text{hitung}} = 34,334 > F_{\text{tabel}} = 2,612$ dengan signifikansi $0,000 < 0,05$, menunjukkan bahwa keempat variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap pengendalian mutu timbunan random batu.

Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Timbunan Random Batu pada Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu

Analisis Faktor Dominan

Berdasarkan nilai t_{hitung} , dapat ditentukan ranking pengaruh variabel terhadap pengendalian mutu timbunan random batu:

1. Kesadaran Pekerja dalam Penjaminan dan Pengendalian Mutu (X1.5) - $t_{hitung} = 8,929$ Variabel ini memiliki pengaruh paling dominan. Kesadaran pekerja merupakan faktor fundamental dalam memastikan kualitas pekerjaan timbunan random batu. Pekerja yang memiliki kesadaran tinggi akan lebih teliti dalam melaksanakan pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknis dan standar mutu yang ditetapkan.
2. Dokumentasi Loading Material Diperiksa oleh Direksi Lapangan/Konsultan (X6.1) - $t_{hitung} = 6,790$ Dokumentasi pemeriksaan material loading sangat penting untuk memastikan kualitas material yang digunakan. Pemeriksaan oleh direksi lapangan/konsultan memberikan kontrol kualitas yang objektif dan profesional.
3. Laporan Penetapan Identifikasi Bahaya, Penilaian Resiko, Pengendalian dan Peluang terhadap Keselamatan Konstruksi (X6.2) - $t_{hitung} = -6,047$ Meskipun memiliki koefisien negatif, variabel ini tetap berpengaruh signifikan. Koefisien negatif menunjukkan bahwa kompleksitas berlebihan dalam pelaporan dapat mengurangi efisiensi pengendalian mutu.
4. Dokumentasi Hasil Pemantauan dan Pengukuran pada Setiap Tahapan Pekerjaan (X3.3) - $t_{hitung} = 4,721$ Dokumentasi sistematis pada setiap tahapan pekerjaan memungkinkan deteksi dini terhadap penyimpangan kualitas dan memberikan dasar untuk tindakan korektif.

Validasi Hasil dengan Pakar

Hasil analisis statistik telah divalidasi kembali oleh tiga pakar yang sama pada tahap awal penelitian. Validasi dilakukan untuk memastikan relevansi dan implementabilitas hasil penelitian di lapangan.

Tabel 11. Validasi Akhir Pakar

Kode	Faktor	Validasi Pakar	Tanggapan
X1.5	Kesadaran pekerja dalam penjaminan dan pengendalian mutu	✓ (3/3)	Meningkatkan kesadaran pekerja sangat penting terutama pada peak period proyek
X3.3	Dokumentasi hasil pemantauan dan pengukuran pada setiap tahapan pekerjaan	✓ (3/3)	Sebagai backup di setiap pekerjaan dan bukti untuk administrasi kontrak
X6.1	Dokumentasi loading material diperiksa oleh direksi lapangan/konsultan	✓ (3/3)	Dokumentasi penting untuk meningkatkan kewaspadaan dan sesuai SOP
X6.2	Laporan penetapan identifikasi bahaya, penilaian resiko, pengendalian dan peluang terhadap keselamatan konstruksi	✓ (3/3)	Sebagai acuan keselamatan seluruh metode pekerjaan

Sumber: Data Primer diolah

Semua pakar menyetujui hasil penelitian dan memberikan tanggapan positif terhadap keempat faktor yang teridentifikasi. Pakar menekankan pentingnya implementasi faktor-faktor tersebut dalam praktek pengendalian mutu di lapangan.

Pembahasan

Faktor Kesadaran Pekerja dalam Penjaminan dan Pengendalian Mutu

Kesadaran pekerja merupakan faktor paling dominan dengan kontribusi terbesar terhadap pengendalian mutu timbunan random batu. Hal ini sejalan dengan penelitian Pokharel et al.

Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Timbunan Random Batu pada Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu

(2023) yang menunjukkan bahwa faktor manusia merupakan kunci utama dalam pengendalian mutu konstruksi. Dalam konteks pekerjaan timbunan random batu pada bendungan, kesadaran pekerja menjadi kritis karena:

1. Kompleksitas Teknis: Pekerjaan timbunan random batu memerlukan pemahaman yang baik tentang gradasi material, kepadatan, dan metode pemadatan yang tepat.
2. Dampak Kegagalan: Kegagalan dalam pekerjaan timbunan dapat berakibat pada kestabilan keseluruhan bendungan dengan konsekuensi yang sangat besar.
3. Kondisi Lapangan: Lokasi bendungan yang berada di daerah dengan curah hujan tinggi dan kondisi tanah lembab memerlukan perhatian ekstra dari pekerja.

Faktor Dokumentasi Loading Material

Dokumentasi pemeriksaan material loading menempati posisi kedua dalam tingkat pengaruh. Hal ini menunjukkan pentingnya kontrol kualitas material pada tahap awal sebelum material digunakan dalam pekerjaan. Dokumentasi yang baik memungkinkan:

1. Traceability: Kemampuan untuk melacak asal dan kualitas material yang digunakan.
2. Quality Assurance: Jaminan bahwa material yang digunakan telah memenuhi spesifikasi teknis.
3. Risk Mitigation: Pencegahan penggunaan material yang tidak sesuai standar.

Faktor Keselamatan Konstruksi

Koefisien negatif pada variabel laporan identifikasi bahaya menunjukkan fenomena yang menarik. Hal ini mengindikasikan bahwa:

1. Kompleksitas Berlebihan: Laporan yang terlalu kompleks dapat mengurangi efisiensi operasional tanpa memberikan nilai tambah yang signifikan.
2. Balance yang Diperlukan: Perlu keseimbangan antara kelengkapan dokumentasi keselamatan dengan efisiensi operasional.
3. Fokus pada Implementasi: Lebih penting mengimplementasikan praktik keselamatan yang efektif daripada membuat dokumentasi yang berlebihan.

Faktor Dokumentasi Pemantauan dan Pengukuran

Dokumentasi sistematis pada setiap tahapan pekerjaan memberikan kontribusi positif terhadap pengendalian mutu. Hal ini memungkinkan:

1. Early Warning System: Deteksi dini terhadap penyimpangan kualitas.
2. Continuous Improvement: Dasar untuk perbaikan berkelanjutan dalam proses konstruksi.
3. Legal Protection: Perlindungan hukum terhadap klaim atau sengketa yang mungkin timbul.

Implikasi Praktis Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa rekomendasi praktis dapat diberikan untuk meningkatkan pengendalian mutu pekerjaan timbunan random batu:

1. **Program Peningkatan Kesadaran Pekerja:**
 - a. Pelatihan berkala tentang pentingnya mutu dalam pekerjaan timbunan
 - b. Sistem reward dan punishment yang jelas
 - c. Komunikasi efektif tentang standar mutu yang harus dicapai
2. **Sistem Dokumentasi Material yang Robust:**
 - a. Implementasi sistem digital untuk tracking material
 - b. Pemeriksaan berlapis dari supplier hingga penggunaan di lapangan
 - c. Integrasi dengan sistem quality management proyek
3. **Optimalisasi Sistem Keselamatan:**

Analisis Pengendalian Mutu Pekerjaan Timbunan Random Batu pada Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu

- a. Penyederhanaan prosedur tanpa mengurangi efektivitas
- b. Fokus pada implementasi praktis di lapangan
- c. Regular review dan update prosedur keselamatan

4. Sistem Monitoring Terintegrasi:

- a. Penggunaan teknologi digital untuk dokumentasi real-time
- b. Dashboard monitoring yang mudah diakses oleh semua stakeholder
- c. Sistem peringatan dini untuk penyimpangan kualitas

Hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan strategi pengendalian mutu yang lebih efektif untuk proyek pembangunan bendungan, khususnya pada pekerjaan timbunan random batu. Model yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan untuk proyek-proyek sejenis di masa mendatang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa terdapat 4 variabel yang paling berpengaruh dalam pengendalian mutu pekerjaan timbunan random batu pada Proyek Pembangunan Bendungan Way Apu, yaitu: Kesadaran Pekerja Dalam Penjaminan Dan Pengendalian Mutu, Dokumentasi Hasil Pemantauan Dan Pengukuran Pada Setiap Tahapan Pekerjaan, Dokumentasi Loading Material Diperiksa Oleh Direksi Lapangan/Konsultan, dan Laporan Penetapan Identifikasi Bahaya, Penilaian Resiko, Pengendalian Dan Peluang Terhadap Keselamatan Konstruksi dengan nilai $F_{hitung} = 34,334$. Variabel yang memiliki pengaruh paling dominan adalah Kesadaran Pekerja Dalam Penjaminan Dan Pengendalian Mutu dengan nilai $T_{hitung} = 8,929$. Disarankan untuk meningkatkan kesadaran pekerja melalui pelatihan-pelatihan intensif, membuat SOP yang lebih detail untuk dokumentasi dan pelaporan, serta mengoptimalkan sistem manajemen keselamatan konstruksi untuk menjaga kualitas pekerjaan timbunan random batu. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi faktor-faktor lain yang berkontribusi terhadap 22,1% variasi yang belum dijelaskan dalam model ini.

REFERENSI

- Adityansyah, M. R., Khamim, M., & Lydianingtias, D. (2022). Project planning main dam pada proyek pembangunan bendungan Bagong Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Polinema*, 220–225.
- Afrida, M. F., & Priyanto, B. (2023). Pengendalian mutu tanah dasar dan lapis pondasi agregat pada pekerjaan akses jalan Bandara Internasional Dhoho Kediri. *Journal of Comprehensive Science*, 2(5), 1067–1076.
- Al Afifah, R. L., & Sucita, I. (2024). Analisis penerapan manajemen mutu berdasarkan standar PMBOK 2017 (studi kasus pekerjaan beton bertulang pada proyek apartemen X). *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, 512–518.
- Arjula, J., Silviana, & Susanty, A. (2023). Pelaksanaan pekerjaan timbunan inti (zona 1) pada Bendungan Tiu Suntuk di Kabupaten Sumbawa Barat. *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia UNDIP*, 1(7), 280–286.
- Chen, Y. (2024). Assessing the risk of check dam failure due to heavy-intensity rainfall. *Science of The Total Environment*, 758, 143817.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2023). *Federal guidelines for dam safety*. FEMA.
- Hou, W., et al. (2024). Research on challenges and strategies for reservoir flood control and dam safety under extreme climatic conditions. *Water*, 16(23), 3351.
- IntechOpen. (2025). *Landslide mitigation methods: Hydrogeological methods, reinforcement*,

and slope stabilization.

- Malasyi, S., Rauzana, A., & Afifuddin, M. (2021). Analisis faktor-faktor risiko yang mempengaruhi kinerja mutu pada proyek konstruksi di Aceh Utara. *Teras Journal*, 11(1), 223–232.
- Muka, I. (2024). Penerapan manajemen mutu sesuai ISO 9001:2015 pada kontraktor PT. Narendra Putra Dewata. *Teknika*, 17–25.
- Nurul, A. (2017). *Hubungan Mutu Pelayanan Terhadap Kepuasan Pasien Rawat Inap Kelas III di Rumah Sakit TK. IV Madiun Tahun 2017*.
- Ortiz Giraldo, L., Botero, B. A., & Vega, J. (2023). An integral assessment of landslide dams generated by rainfall-induced shallow landslides. *Frontiers in Earth Science*, 11, Article 1157881.
- Pokharel, A., Sharma, I., & Lamichhane, B. (2023). Quality management practices in Gondrang-Pulchowk six-lane road upgrading project at Chitwan District, Nepal. *International Journal of Research – GRANTHAALAYAH*, 11(5), 76–96.
- Rakyat, K. P. (2015). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015 Tahun 2015 tentang Bendungan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Rompas, A. N., Dundu, A. K., & Malingkas, G. Y. (2021). Evaluasi implementasi sistem manajemen mutu sesuai SNI pada proyek pembangunan jalan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 11(2), 103–112.
- Simamora, W. V., Naufal, A., Herwindo, W., & Riyanto, D. P. (2024). Studi Evaluasi Manajemen Konstruksi Pekerjaan Galian Batu Dengan Peledakan Pada Bangunan Pelimpah Proyek Pembangunan Bendungan Budongbudong. *Jurnal Inovasi Konstruksi*, 3(1), 1–14. <https://doi.org/10.56911/jik.v3i1.59>