

Rancangan Penilaian Proyek Konstruksi Berdasarkan Kriteria Sustainability Development Menggunakan Metode FAHP dan TOPSIS di PT SAM

Susatyo Nugroho Widyo Pramono, S.T., M.M. and Addana Zulfaan Dzakirizq

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Pengkajian dan evaluasi pada implementasi prinsip sustainable development memiliki urgensi dan dibutuhkan sebagai upaya untuk mengurangi dampak negatif proyek pada aspek lingkungan, lingkup sosial, dan ekonomi. PT SAM memiliki berbagai permasalahan terkait dampak kegiatan operasional proyek terhadap aspek lingkungan, lingkup sosial, dan ekonomi dikarenakan belum mengenal prinsip-prinsip yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak negatif pengerjaan proyek terhadap aspek tersebut. Pada penelitian ini akan kriteria-kriteria yang berkaitan dengan aspek sustainable construction untuk PT SAM. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh sekitar 8 kriteria dengan 48 sub-kriteria yang relevan terhadap isu sustainability developmet, kemudian dibobotkan terhadap 5 proyek yang saat ini dijalankan. Hasilnya, diperoleh 21 usulan rekomendasi untuk diimplemmentasikan pada 5 proyek yang saat ini dijalankan oleh PT SAM.

Kata kunci: *Sustainability Development, Fuzzy, AHP, TOPSIS*

Abstract

Assessment and evaluation of the implementation of the principles of sustainable development has urgency and is needed as an effort to reduce the negative impact of projects on environmental, social and economic aspects. PT SAM has various problems related to the impact of project operational activities on environmental, social, and economic aspects due to not knowing the principles that can be used to reduce the negative impact of project work on these aspects. In this study, the criteria relating to sustainable construction aspects for PT SAM will be examined. Based on the research results, around 8 criteria with 48 sub-criteria were obtained that were relevant to the issue of sustainability development, then they were weighted against the 5 projects that are currently being implemented. As a result, 21 recommendations were obtained to be implemented in 5 projects currently being carried out by PT SAM.

Keywords: *Sustainability Development, Fuzzy, AHP, TOPSIS*

1. Pendahuluan

Sustainability adalah keseimbangan antara pembangunan dan lingkungan mencakup aspek *nature, politics, society, dan economy* (Hatefi & Tamošaitiene, 2018). Pengkajian dan evaluasi pada implementasi prinsip *sustainable development* memiliki urgensi dan dibutuhkan sebagai upaya untuk mengurangi dampak negatif proyek pada aspek lingkungan, lingkup sosial, dan ekonomi. Pada sisi lainnya, proyek konstruksi memiliki permasalahan yang kompleks dan melibatkan berbagai ketidakpastian (Taylan, Bafail, Abdulaal, & Kabli, 2014). Implementasi prinsip *sustainability development* sudah menjadi perhatian internasional sejak 1980 dan telah diratifikasi oleh pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden No 59 pada tahun 2017.

PT Sendang Agung Mandiri (SAM) merupakan perusahaan bidang jasa konstruksi dengan area proyek hingga wilayah Jawa, Kalimantan, dan Sumatera. PT SAM memiliki 134 karyawan dan beroperasi lebih dari 20 tahun pada bidang konstruksi perumahan, jembatan, gedung, dan bidang proyek lainnya. Aspek lingkungan adalah bagian utama dampak negatif kegiatan proyek oleh PT SAM. PT SAM belum memiliki prinsip-prinsip yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak proyek terhadap kerusakan lingkungan. Dampak tersebut disebabkan oleh keseluruhan daur hidup proyek dari proses pemilihan material hingga pengolahan limbah sisa proyek. PT SAM juga belum memiliki program rehabilitasi lokasi proyek dan lokasi wilayah tambah yang terdampak aktivitas proyek yang dikerjakan. Berbagai permasalahan yang terjadi pada operasional PT SAM berdampak pada keseimbangan ekonomi perusahaan dan menyebabkan kerugian bagi masyarakat yang terdampak, sehingga diperlukan upaya penanganan.

Implementasi dan penilaian prinsip-prinsip *sustainability development* dinilai sesuai untuk mengurai permasalahan yang dihadapi oleh proyek di PT SAM. Penelitian ini akan menyediakan strategi *sustainability development* untuk perusahaan konstruksi PT SAM. Pada penelitian ini akan disampaikan kriteria-kriteria yang berkaitan dengan aspek *sustainable construction* pada bidang lingkungan, sosial, ekonomi, dan kolaborasi *stakeholder*. Pengembangan strategi dan penilaian proyek konstruksi dengan konsep *sustainability development* dapat dilakukan dengan pendekatan *top-down* yang melibatkan pendapat ahli dan peneliti untuk mendefinisikan keseluruhan struktur kriteria. Kriteria-kriteria akan diintegrasikan dengan menggunakan sistem pembobotan. Sistem penilaian bobot dengan menggunakan bilangan *fuzzy* dianggap mampu menjadi solusi dari masalah bias proses pembobotan. Metode *Analytical Hierarchy Process* merupakan salah satu metode pengolahan penilaian bobot yang dapat digunakan untuk menghasilkan hasil akhir yang objektif

dari lebih dari satu penilaian *ratio* (H. J. Mohammed, Al-Jubori, & Kasim, 2019). Kombinasi penggunaan penilaian *fuzzy* dan metode pengolahan bobot dengan AHP dianggap mampu menjadi solusi permasalahan bias penilaian dan subjektivitas.

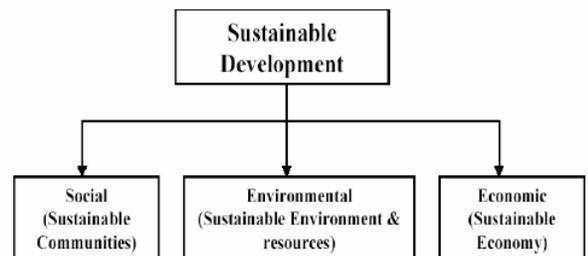
Selain merumuskan strategi dengan konsep *sustainable development* untuk PT SAM, peneliti juga akan melakukan *assessment* untuk menentukan performa dari beberapa proyek konstruksi yang relevan dan tengah berlangsung. Metode TOPSIS mampu menyediakan cara penilaian terhadap subjek yang dinilai dengan cara membandingkan antar subjek untuk mencapai solusi atau nilai performa ideal (Panda & Jagadev, 2018). Metode TOPSIS juga mampu menyedaiakan informasi jarak tingkat performa alternatif yang dinilai terhadap rerata performa dari seluruh alternatif. Hal tersebut akan menjadi informasi yang penting untuk mengetahui posisi satu alternatif terhadap alternatif lainnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kriteria-kriteria *sustainability development* yang relevan dengan permasalahan proyek konstruksi, mengetahui tingkat kepentingan masing-masing kriteria untuk menyelesaikan permasalahan proyek konstruksi, serta mengetahui posisi implementasi *sustainability development* pada proyek konstruksi di PT SAM sebagai upaya untuk merumuskan strategi perbaikan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Sustainability Development

Sustainability development atau pembangunan berkelanjutan merupakan konsep pembangunan yang bertujuan untuk menyediakan kualitas kehidupan yang lebih baik untuk semua orang tanpa mengorbankan kebutuhan generasi mendatang. Pembangunan berkelanjutan berkaitan erat dengan pembangunan sosial, lingkungan, dan sosial. Tantangan yang dihadapi setiap negara untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan akan berbeda bergantung sejauh mana negara tersebut sudah berkembang (Tunggal, 2019). Pengembangan yang berkelanjutan melingkupi tiga tema penting, yaitu sosial, lingkungan dan ekonomi (Khalfan 2002) seperti terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Lingkup *Sustainable Development* (Khalfan, 2002)

2.2. Konstruksi Berkelanjutan

Konstruksi berkelanjutan adalah pembangunan dan pemeliharaan yang memperhatikan dan bertanggung jawab pada kesehatan lingkungan berdasarkan penggunaan daya yang efisien dan prinsip ekologi. Konsep konstruksi berkelanjutan diterapkan pada proyek konstruksi untuk mendukung terciptanya pembangunan yang berkelanjutan. Penerapan konstruksi berkelanjutan dimulai dari tahap perencanaan sampai tahap penutupan proyek. (Willar, Waney, Pangemanan, & Mait, 2019). *Sustainable construction* memiliki tujuan untuk menciptakan bangunan berdasarkan desain yang memperhatikan ekologi, menggunakan sumberdaya alam secara efisien dan ramah lingkungan selama operasional bangunan (du Plessis, 2002). Menurut (Kibert, 2003) menyatakan bahwa tujuan sustainable construction adalah menciptakan bangunan berdasarkan desain yang memperhatikan ekologi, menggunakan sumberdaya alam secara efisien, dan ramah lingkungan selama operasional bangunan.

2.3. Critical Success Factor

Dalam praktik manajemen proyek, masalah sustainability perlu dipertimbangkan dalam identifikasi faktor penentu keberhasilan (*Critical Success Factor*) yang dapat memengaruhi kemampuan sistem konstruksi untuk berkembang dengan mempertahankan kelayakan ekonomi juga memenuhi kebutuhan pemangku kepentingan dengan menggunakan sumber daya minimal (Kiani Mavi & Standing, 2018). Terdapat faktor dan tujuan untuk mendukung konsep konstruksi berkelanjutan yang dibuat oleh *The International Council for Research and Innovation Buildings and Construction* (CIB) dan *The confideration of international contractor's association* (CICA) yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor dan Tujuan Sustainability

Faktor	Goal
Material konstruksi yang ramah lingkungan	Pengurangan penggunaan sumber daya (50%)
Efisiensi energi pada bangunan	Penerapan penggunaan insulasi dengan baik (energi dan gas rumah kaca dapat berkurang)
Manajemen sampah konstruksi dan demolisi	Pengurangan komponen-komponen sampah lewat sistem daur ulang
Konservasi air	Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap penggunaan air
Bangunan yang sehat	Pengurangan penggunaan debu, zat kimia dan sumber penyakit lainnya
Orientasi transportasi umum	Pengurangan ketergantungan pada mobil

	pribadi, pencemaran lingkungan dan penggunaan energi.
Operabilitas	Kepastian umur pakai untuk akses universal dan jangka panjang
Proses arsitektur berkelanjutan	Kepastian desain berdasarkan kerja sama dan diskusi terkait dengan "green" dan berkualitas
Bangunan berdasarkan komunitas dan sosial	Mendukung Ketersediaan lapangan kerja dan kedekatan sosial.

2.4. Metode Delphi

Delphi adalah metode konsensus kelompok untuk membantu penilaian dibawah ketidakpastian dan memanfaatkan informasi yang tersedia (Bolger & Wright, 2011). Metode Delphi diartikan sebagai *tools* atau alat yang digunakan dalam penelitian terapan untuk mengembangkan, mengidentifikasi, meramalkan dan memvalidasi. Penggunaan metode delphi yaitu ketika waktu dan/atau jarak menjadi penghalang bagi para ahli duduk bersama secara panel untuk menyampaikan pendapat dan penilaian dalam sebuah topik. Terdapat empat fase dalam proses Delphi menurut (Steurer, 2011) yaitu sebagai berikut.

- a. Penyelidikan subjek yang menjadi bahasan topik. Pada tahap ini setiap individu memberikan informasi tambahan berdasarkan masalah tersebut.
- b. Kedua merupakan proses untuk mencapai pemahaman tentang bagaimana kelompok memandang suatu masalah. Anggota diminta untuk menyampaikan pendapatnya apakah setuju atau tidak setuju dan apa yang mereka fokuskan dengan istilah relatif seperti kepentingan, keinginan atau kelayakan.
- c. Eksplorasi ketidaksepakatan yang signifikan, dengan syarat mengeluarkan alasan yang mendasari perbedaan dan mengevaluasi alasan tersebut.
- d. Evaluasi akhir yang didapatkan ketika semua informasi sebelumnya telah dikumpulkan dianalisis dan kembali dievaluasi balik untuk memperoleh pertimbangan.

2.5. Fuzzy AHP

Fuzzy AHP berdasarkan aritmatika interval fuzzy dengan bilangan fuzzy segitiga dan indeks kepercayaan dengan pendekatan interval mean untuk menentukan bobot elemen evaluatif. Dalam menentukan derajat keanggotaan fuzzy AHP, aturan fungsi bilangan fuzzy segitiga atau Triangular Fuzzy Number (TFN) disusun berdasarkan himpunan linguisti. Jadi, bilangan tingkat

intensitas kepentingan pada AHP ditransformasikan ke dalam himpunan skala TFN. Representasi Segitiga (Triangular) mempunyai tiga buah parameter, yaitu a , b , c dengan $a < b < c$, dinyatakan dengan segitiga $(x; a, b, c)$.

Tahap 1 : Menentukan nilai dari masing-masing alternative terhadap masing-masing kriteria. Pada tahap ini, *decision maker* diminta memberikan serangkaian penilaian terhadap alternatif x yang ada dalam bentuk bilangan TFN (*fuzzy triangular number*), yang selanjutnya nilai fuzzy tersebut diartikan bagi setiap alternatif pada setiap kriteria. Hasil dari tahap ini adalah penilaian alternatif dari pengambil keputusan yang berupa penilaian dalam bentuk variable linguistik fuzzy. Kemudian output dari penilaian fuzzy terhadap alternatif pada kriteria maupun subkriteria ini digunakan sebagai input dalam melakukan matriks perbandingan berpasangan antara alternatif kriteria dan subkriteria serta mencari bobot informasional.

Tahap 2 : Menentukan bobot kriteria dan sub kriteria. Dalam menentukan bobot kriteria dan sub kriteria, dapat digunakan dua metode pendekatan, bobot apriori (w_i) dan bobot informasional (λ_i).

Tahap 3 : Menentukan nilai akhir suatu alternatif pada level atau sublevel tertentu. Berdasarkan *non-additive measure*, *believe*, dan *possibility measure*, dengan data input dari tahap kedua, yaitu bobot total normalisasi masing-masing kriteria.

Tahap 4 : Perangkingan atau pemilihan keputusan.

2. TOPSIS

TOPSIS adalah metode yang dikembangkan oleh Hwang dan Yoon, merupakan metode MCDM kedua yang paling banyak digunakan dan populer setelah *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Zyoud & Fuchs-Hanusch, 2017). Langkah-langkah perhitungan TOPSIS dapat diringkas sebagai normalisasi matriks keputusan dengan menerapkan normalisasi vektor, menghitung matriks keputusan ternormalisasi berbobot, menentukan solusi ideal positif (PIS) dan solusi ideal negatif (NIS), menghitung pemisahan atau jarak setiap alternatif dari PIS dan NIS, menentukan kedekatan relatif setiap alternatif dengan PIS dengan menghitung indeks peringkat dan akhirnya memberi peringkat pada urutan preferensi (Kuo, 2017).

3. Metode Penelitian

Penelitian akan dilakukan pada PT Sendang Agung Mandiri (SAM) yang berlokasi di Jawa Tengah sebagai pusat perusahaan. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dan menggunakan metode penelitian *case study*. Pengumpulan data dilakukan dengan penyebaran kuisioner, wawancara dan observasi. Penyebaran kuisioner pada penelitian ini terdiri dari 3 bagian yaitu kuisioner untuk validasi faktor dan indikator

penelitian, kuisioner perbandingan pasangan untuk pengolahan data *fuzzy* AHP, dan kuisioner penilaian performa sustainability performa manajemen proyek yang akan diolah dengan metode TOPSIS. Responden yang terlibat adalah pihak manajer PT SAM pada bagian yang relevan dengan pengelolaan proyek, pihak dinas pemerintah Jawa Tengah yang relevan dengan bidang proyek dan pembangunan wilayah, akademisi yang menjadi ahli pada bidang pengelolaan proyek dan pembangunan wilayah, dan pihak komunitas atau perkumpulan pelaku bisnis bidang konstruksi.

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan identifikasi kriteria dan subkriteria sustainability untuk industri konstruksi, sehingga dapat dilakukan penyusunan kuisioner untuk validasi faktor. Selanjutnya dilakukan pengumpulan dan pengolahan data validasi kriteria dan subkriteria dengan penyusunan kuisioner FAHP. Hasil dari penilaian kuisioner FAHP yang telah dikumpulkan lalu di fuzifikasi dan agregasi nilai perbandingan berpasangan, yang kemudian diolah dan dinormalisasi dengan matriks perbandingan berpasangan. Apabila nilai $CR \leq 0,1$ maka dilanjutkan dengan perhitungan bobot kriteria dan subkriteria. Berikutnya dilakukan penyusunan kuisioner assesment sebagai data input TOPSIS yang akan dinilai oleh direksi PT SAM. Sehingga dapat dilanjutkan dengan membuat matriks keputusan TOPSIS, yang kemudian dilanjutkan dengan membuat matriks keputusan ternormalisasi dan terbobot TOPSIS. Selanjutnya dilakukan perhitungan solusi ideal positif dan ideal negatif, perhitungan nilai jarak alternatif, dan menentukan nilai assesment proyek startegis. Sehingga dapat dilakukan evaluasi untuk menentukan rekomendasi kepada manajemen.

4. Pembahasan

4.1. Penyusunan dan Validasi Kriteria dan subkriteria.

Data validasi kriteria penelitian diperoleh melalui penilaian expert menggunakan skala likert 1 hingga 5. Expert memberikan penilaian 1 jika menyatakan bahwa kriteria penelitian sangat tidak relevan dengan konsep *sustainability development* dan 5 jika menyatakan bahwa kriteria penelitian sangat relevan dengan *sustainability development*. Kelompok expert yang memberikan penilaian terdiri dari 4 kelompok yaitu Akademisi, Bisnis, Komunitas, dan Pemerintah. Uji Validasi Kriteria dilakukan dengan menggunakan Uji Kendal-tau b. Uji Kendal tau b menguji kesesuaian pendapat dari berbagai expert terhadap berbagai kriteria yang digunakan pada suatu permasalahan atau penelitian. Terdapat 57 subkriteria dari 8 kriteria yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria dan Subkriteria

Faktor	Simbol	Definisi Operasional	Subfaktor	Simbol
Project	PR	Faktor project adalah faktor yang berorientasi pada transformasi yang mencakup tahap sebelum pelaksanaan proyek untuk memastikan perencanaan yang efektif dan tahap setelah proyek untuk mengkonfirmasi kesuksesan integrasi terhadap operasional bisnis utama. (Kiani Mavi & Standing, 2018).	Clear Realistic Objectives	PR1
			Project Size and level of complexity	PR2
			Agile Project Processes	PR3
			Project Alignment with corporate Strategy	PR4
			Urgency	PR5
			Cost Effectiveness of Work	PR6
			Met Planned Quality Standard	PR7
Project Team	PT	Faktor project team adalah faktor yang mencakup kualitas dan kompetensi oleh project manager dan project team	Competent Project Manger	PT1
			Project Risk and Liability Management	PT2
			Good Planning and Scheduling Method	PT3
			Motivated and well-integrated team	PT4
			Global commitment of project team	PT5

Organiz ation	OR	terkait dengan pengelolaan organisasi tim yang berpengaruh terhadap performa proyek. (Kiani Mavi & Standing, 2018).	Effective consultation with key stakeholders and beneficiaries (trust)	PT6
			Project Lifecycle management processes	PT7
			Project organizational Structure	OR 1
			Adequate resource availability (Finance, Labor, Plant, Material)	OR 2
			Full top management and sponsor support	OR 3
			Continuous performance measurement	OR 4
			Maintenance of skill over time (Staff Retention)	OR 5
			Good relationship with stakeholder	OR 6
			Thorough technical understanding/ capability of project	OR 7
			Lessons learnt from previous projects and applied to future projects	OR 8
Organizational maturity level	OR 9			
Accurate time control and feedback system	OR 10			

Stakeholder Environment	SE	Faktor External environment adalah faktor yang mencakup integrasi stakeholder yang menjadi elemen penting terhadap seluruh dimensi pada organisasi bisnis yang berpengaruh operasional lingkungan proyek (Kiani Mavi & Standing, 2018).	End-user imposed restrictions	SE1	Mavi & Standing, 2018).	Faktor Economy adalah faktor yang mencakup efektivitas pengalokasian dan pengorganisasian finansial suatu proyek untuk mencapai kesuksesan proyek berkelanjutan. (Dobrovolskienė & Tamošiūnienė, 2016).	Construction Time	EC1
		Political Stability	SE2	Reduction of Direct Cost				EC2
		Awareness of environmental issues and related legislation	SE3	Reduction of indirect Cost				EC3
		Achieving national profile	SE4	Maintenance Cost				EC4
		Stakeholder expectation	SE5	Having profits for the society				EC5
		Number and financial conditions in sub-contract	SE6	Cost effectiveness/Economic profit				EC6
Sustainability	SS	Faktor sustainability adalah faktor yang mencakup efisiensi dan dampak organisasi konstruksi dalam merencanakan strategi pengembangan berkelanjutan yang praktiknya berpengaruh terhadap lingkungan. (Kiani	Energy Consumption	SS1	Faktor social adalah faktor yang mencakup pengaruh pengelolaan proyek terhadap kestabilan lingkungan sosial yang terpengaruh oleh pelaksanaan operasional proyek. (Hatefi & Tamošaitienė, 2018)	Safety and health of workers	SC1	
		Water Conservation	SS2	Local workers during construction, operation and maintenance			SC2	
		Recycling and Waste Management	SS3	Society development and renovation			SC3	
		Recycled/Reused Material	SS4	No risk to people in the region			SC4	
		Cost of Construction	SS5	Increasing social justice			SC5	
		Public Comfort and Health Safety	SS6	Public participation and project control			SC6	
		User Security	SS7					
		Public Utility	SS8					
		Noise Pollution during Construction	SS9					
Nature Environment	NE	Faktor Nature Environment	Preventing nature destruction	NE1				

ment adalah kriteria kemampuan pengelolaan proyek untuk mengukur dampak pengerjaan proyek terhadap kerusakan lingkungan Kwatra et al., 2020).	Adherence to environmental policies	NE 2
	Project contribution to environmental sustainability	NE 3
	Misplaced Waste	NE 4
	Green Area Impact	NE 5

4.1.1 Validasi kriteria penelitian. Validasi dilakukan terhadap 8 kriteria yang digunakan terhadap *sustainability development* proyek. Data yang diperoleh dari 10 expert sebagai input pengolahan proses validasi kriteria ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Validasi Kriteria Penelitian

Index	Expert										Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Project	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4.80
Project Team	3	4	5	4	4	4	5	4	4	3	4.00
Organization	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	4.40
Stakeholder Environment	4	5	5	4	4	5	5	4	5	4	4.50
Sustainability	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4.90
Economy	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4.70
Social	3	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4.20
Nature Environment	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00
Jumlah Standar Deviasi kriteria relevan (S)											23

Berdasarkan perhitungan mean menunjukkan seluruh kriteria mendapat nilai diatas 3 sehingga dinyatakan bahwa seluruh kriteria relevan dengan konsep *sustainability development* proyek. Oleh karena itu, perhitungan koefisien konkordansi Kendal W akan melibatkan penilaian dari 8 kriteria diatas. Berikut merupakan perhitungan *coefficient of concordance Kendal W* :

$$W = \frac{12S}{mn(n+1)} = \frac{12 \times 23}{10 \times 8(8+1)} = 0.383$$

Berdasarkan perhitungan diatas, nilai *coefficient of concordance Kendal W* dari data validasi kriteria adalah 0.383 yang mengindikasikan bahwa penilaian para expert sudah serupa (Pesetujuan Moderat).

4.1.2 Validasi sub-kriteria.. Validasi subkriteria dilakukan terhadap pernyataan subkriteria yang diajukan relevansinya oleh peneliti terhadap expert. Berikut merupakan data yang diperoleh dari 10 expert sebagai input pengolahan proses validasi sub-kriteria dari kriteria project yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Validasi Sub-Kriteria Project

Index	Expert										Mean	Relevansi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
PR1	4	2	2	4	4	5	3	5	3	5	3.70	Relevan
PR2	2	4	1	3	5	3	2	2	1	3	2.60	Tidak Relevan
PR3	4	5	2	4	4	5	3	3	4	3	3.70	Relevan
PR4	3	4	3	5	3	5	2	3	5	4	3.70	Relevan
PR5	4	3	5	4	2	4	2	5	2	2	3.30	Relevan
PR6	2	3	2	4	4	4	5	2	3	4	3.30	Relevan
PR7	1	2	2	3	3	2	4	4	5	5	3.10	Relevan
Jumlah Standar Deviasi kriteria relevan (S)											14	

Hasil penilaian expert terhadap 7 subkriteria dari kriteria project menunjukkan 6 subkriteria mendapatkan nilai mean diatas 3 dan 1 subkriteria mendapatkan nilai mean dibawah 3. Berdasarkan hal tersebut expert menyatakan 6 sub-kriteria relevan terhadap konteks kriteria project dan 1 lainnya tidak relevan. Oleh karena itu, perhitungan koefisien konkordansi Kendal W akan melibatkan penilaian dari 6 sub-kriteria diatas yang relevan. Berikut merupakan perhitungan *coefficient of concordance Kendal W* :

$$W = \frac{12S}{mn(n+1)} = \frac{12 \times 14}{10 \times 6(6+1)} = 0.400$$

Berdasarkan perhitungan diatas, nilai *coefficient of concordance Kendal W* dari data validasi sub-kriteria dari kriteria *project* adalah 0.400 yang mengindikasikan bahwa penilaian para expert sudah serupa (Pesetujuan Moderat).

Berdasarkan hasil proses validasi yang telah dilakukan dengan menggunakan metode Kendal W, berikut merupakan kriteria dan subkriteria yang valid untuk digunakan pada penelitian ini:

Tabel 5. Daftar Kriteria Penelitian Tervalidasi

Kelompok	Subjek Pernyataan	Index
Kriteria	Project	PR
	Project Team	PT
	Organization	OR
	Stakeholder Environment	SE
	Sustainability	SS
	Economy	EC
	Social	SC
	Nature Environment	NE

Tabel 6. Daftar Sub-kriteria penelitian tervalidasi

Kriteria	Subjek Pernyataan sub-kriteria	Index	
Project	Clear Realistic Objectives	PR 1	
	Agile Project Processes	PR 3	
	Project Alignment with corporate Strategy	PR 4	
	Urgency	PR 5	
	Cost Effectiveness of Work	PR 6	
	Met Planned Quality Standard	PR 7	
	Project Team	Competent Project Manger	PT 1
Project Risk and Liability Management		PT 2	
Good Planning and Scheduling Method		PT 3	
Motivated and well-integrated team		PT 4	
Global commitment of project team		PT 5	
Effective consultation with key stakeholders and beneficiaries		PT 6	
Project Lifecycle management processes		PT 7	
Organizational	Adequate resource availability (Finance, Labor, Plant, Material)	OR 2	
	Full top management and sponsor support	OR 3	
	Continuous performance measurement	OR 4	
	Maintenance of skill over time (Staff Retention)	OR 5	
	Good relationship with stakeholder	OR 6	
	Lessons learnt from previous projects and applied to future prjt	OR 8	
	Organizational maturity level	OR 9	
	Accurate time control and feedback system	OR 10	
	Stakeholder	Political Stability	SE 2
		Awareness of environmental issues and related legislation	SE 3
Stakeholder expectation		SE 5	
Sustainability	Energy Consumption	SS 1	

	Water Conservation	SS 2	
	Recycling and Waste Management	SS 3	
	Recycled/Reused Material	SS 4	
	Public Comfort and Health Safety	SS 6	
	User Security	SS 7	
	Public Utility	SS 8	
	Noise Pollution during Construction	SS 9	
	Economy	Construction Time	EC 1
		Reduction of Direct Cost	EC 2
Reduction of indirect Cost		EC 3	
Maintenance Cost		EC 4	
Having profits for the society		EC 5	
Cost effectiveness/Economic profit		EC 6	
Social	Safety and health of workers	SC 1	
	Local workers during construction, operation and maintenance	SC 2	
	Society development and renovation	SC 3	
	No risk to people in the region	SC 4	
	Public participation and project control	SC 6	
	Nature Environment	Preventing nature destruction	NE 1
Adherence to environmental policies		NE 2	
Project contribution to environmental sustainability		NE 3	
Misplaced Waste		NE 4	
Green Area Impact		NE 5	

4.2. Pengolahan Metode Fuzzy AHP

4.2.1 Perbandingan Nilai Consistency Ratio FAHP. Nilai Consistency Ratio (CR) merupakan nilai yang menyatakan bahwa data perbandingan berpasangan yang digunakan untuk membobotkan suatu pernyataan terhadap pernyataan lain telah memenuhi syarat konsistensi penilaian. Hasil rekapitulasi pengolahan data Consistency Ratio ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi perhitungan Consistency Ratio

Kelompok Data	Eigen Maks	CI	IR	CR	Justifikasi
Kriteria Penelitian	8.19	0.03	1.41	0.02	Konsisten
Subkriteria Project	6.09	0.02	1.24	0.02	Konsisten
Subkriteria Project Team	7.25	0.04	1.32	0.03	Konsisten

Subkriteria Organization	8.21	0.03	1.41	0.02	Konsisten
Subkriteria Stakeholder	3.02	0.01	0.58	0.02	Konsisten
Subkriteria Sustainability	8.18	0.03	1.41	0.02	Konsisten
Subkriteria Economy	6.16	0.03	1.24	0.03	Konsisten
Subkriteria Social	5.14	0.04	1.12	0.03	Konsisten
Subkriteria Nature	5.09	0.02	1.12	0.02	Konsisten

4.2.2 Perhitungan Bobot melalui metode FAHP. Perhitungan bobot kriteria dan sub-kriteria dilakukan setelah masing-masing data perbandingan berpasangan sudah memiliki nilai *Consistency Ratio* lebih kecil dari 0.1. seluruh data perbandingan berpasangan telah dinyatakan konsisten dan dapat digunakan untuk menghitung bobot tiap atribut yang dibandingkan. Berikut dibawah ini adalah rekapitulasi perhitungan bobot dengan metode fuzzy AHP untuk setiap atribut kriteria dan sub-kriteria.

Tabel 8. Bobot dari Kriteria Penelitian

Bobot Kriteria	PR
Project	PR 0.093
Project Team	PT 0.096
Organization	OR 0.111
Stakeholder	SE 0.084
Sustainability	SS 0.204
Economy	EC 0.114
Social	SC 0.133
Nature Envi	NE 0.165

Tabel 9. Bobot dari Sub-Kriteria

Sub-Kriteria Project	PR
Clear Realistic Objectives	PR1 0.139
Agile Project Processes	PR3 0.134
Project Alignment with corporate S	PR4 0.075
Urgency	PR5 0.176
Cost Effectiveness of Work	PR6 0.255
Met Planned Quality Standard	PR7 0.221
Sub-Kriteria Project Team	PR
Competent Project Manger	PT1 0.129
Project Risk and Liability Management	PT2 0.168
Good Planning and Scheduling Method	PT3 0.168
Motivated and well-integrated team	PT4 0.116
Global commitment of project team	PT5 0.104
Effective consultation with key stakeholders	PT6 0.108
Project Lifecycle management processes	PT7 0.207
Sub-kriteria Organization	OR
Adequate resource availability	OR2 0.154
Full top management and sponsor support	OR3 0.164
Continuous performance measurement	OR4 0.223
Maintenance of skill over time (Staff Retention)	OR5 0.082

Good relationship with stakeholder	OR6 0.113
Lessons learnt from previous projects and future	OR8 0.082
Organizational maturity level	OR9 0.095
Accurate time control and feedback system	OR10 0.087
Sub-kriteria Stakeholder	SE
Political Stability	SE2 0.247
Awareness of environmental issues and legislation	SE3 0.457
Stakeholder expectation	SE5 0.296
Sub-kriteria Sustainability	OR
Energy Consumption	SS1 0.101
Water Conservation	SS2 0.108
Recycling and Waste Management	SS3 0.225
Recycled/Reused Material	SS4 0.174
Public Comfort and Health Safety	SS6 0.139
User Security	SS7 0.113
Public Utility	SS8 0.059
Noise Pollution during Construction	SS9 0.080
Sub-Kriteria Economy	PR
Construction Time	EC1 0.158
Reduction of Direct Cost	EC2 0.140
Reduction of indirect Cost	EC3 0.112
Maintenance Cost	EC4 0.137
Having profits for the society	EC5 0.195
Cost effectiveness/Economic profit	EC6 0.258
Sub-Kriteria Social	SC
Safety and health of workers	SC1 0.346
Local workers during cons, opr and mntc	SC2 0.275
Society development and renovation	SC3 0.087
No risk to people in the region	SC4 0.160
Public participation and project control	SC6 0.133
Sub-Kriteria Nature Environment	SC
Preventing nature destruction	NE1 0.235
Adherence to environmental policies	NE2 0.376
Project contribution to envi Sust	NE3 0.203
Misplaced Waste	NE4 0.136
Green Area Impact	NE5 0.051

4.3. Perhitungan Assessment Sustainability Proyek

Fungsi penilaian ini adalah untuk mengetahui skor masing-masing proyek pada setiap kriteria dan subkriteria. Hal tersebut diperlukan untuk mengetahui posisi kinerja masing-masing proyek terhadap masing-masing kriteria dan sub-kriteria. Hasil yang diperoleh ialah bobot akhir dari masing-masing proyek di tiap kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Bobot akhir masing-masing proyek tiap kriteria

Kriteria	PR	PT	OR	SE	SS	EC	SC	NE
Bobot Kriteria	0.09	0.09	0.11	0.08	0.20	0.11	0.13	0.16
Project 1	3	6	1	4	4	4	3	5
Project 2	2.75	1.98	3.45	0.57	3.49	1.23	2.32	3.59
Project 3	9	8	3	1	5	3	9	3
Project 4	3.34	4.66	4.59	2.43	2.13	1.74	2.72	2.89
Project 5	2	5	8	1	5	6	9	9
Project 1	4.17	2.41	4.53	2.00	3.02	2.52	2.84	1.23
Project 2	3	1	4	0	5	8	1	5
Project 3	2.99	3.80	2.18	0.19	4.03	4.72	3.26	4.30
Project 4	9	9	8	7	0	5	2	1
Project 5	2.13	4.11	4.90	1.14	4.40	3.99	2.40	0.61
Project 1	6	8	7	3	7	9	5	9

Nilai akhir masing-masing proyek dihitung dengan menjumlahkan setiap bobot global dari setiap kriteria. Nilai yang paling besar adalah proyek yang dinilai telah mampu mengimplementasikan konsep sustainability lebih baik dibandingkan proyek lainnya. Berikut adalah

nilai akhir dan urutan proyek terbaik yang dinilai yang ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Urutan Prioritas Proyek Terbaik

Penilaian Akhir	Nilai Akhir	Ranking
Project 1	2.6360	5
Project 2	2.9500	3
Project 3	2.7782	4
Project 4	3.4097	1
Project 5	3.0118	2

Secara runtut hasil penilaian menunjukkan proyek 1 hingga 5 mendapatkan nilai bobot 2.636, 2.95, 2.78, 3.40, dan 3.01. Nilai bobot global dari kelima proyek strategis menunjukkan kondisi implementasi sub-kriteria dan kriteria penelitian masih sangat kurang. Nilai tertinggi skor hanya mencapai nilai 3.4 dengan predikat cukup yang diperoleh pada proyek nomor 4. Proyek strategis lainnya yang mendapatkan kurang dari sama dengan 3.01. hasil tersebut menunjukkan perlunya eksplorasi pada kekurangan-kekurangan proyek yang dapat diidentifikasi dari nilai sub-kriteria dan kriteria yang rendah. Proyek 1 menjadi proyek dengan nilai paling rendah dibandingkan dengan proyek lainnya. Nilai skor terkecil terdapat pada total nilai di kriteria stakeholder yang hanya mendapatkan nilai 0.571. sedangkan terdapat 3 kriteria yang telah mendapatkan nilai total sub-kriteria mendekati 4 yaitu organization, sustainability, dan nature. Beberapa poin perbaikan diperlukan oleh pengelola yang bertanggung jawab pada proyek 1 untuk meningkatkan kinerja pada seluruh sub-kriteria yang menjadi bagian dari kriteria sustainability development pada penelitian ini.

Proyek 2 menempati posisi proyek dengan nilai paling rendah ketiga dibandingkan dengan proyek lainnya. Nilai skor terkecil terdapat pada total nilai di kriteria economy yang hanya mendapatkan nilai 1.233. kinerja yang sudah baik ditunjukkan pada sub-kriteria dari kriteria project team dan organization. akan tetapi, kinerja yang tidak baik pada economy, social, dan nature menyebabkan adanya ketidakseimbangan proyek. Pengelola proyek perlu menambah fokus pada sektor economy, social, dan nature.

Proyek 3 menempati posisi proyek dengan nilai paling rendah kedua dibandingkan dengan proyek lainnya. Nilai skor terkecil terdapat pada total nilai di kriteria nature yang hanya mendapatkan nilai 1.235. kinerja yang sudah baik ditunjukkan pada sub-kriteria dari kriteria project. akan tetapi, kinerja yang tidak baik pada kriteria lainnya menyebabkan nilai global dari proyek 3 menjadi sangat rendah. Pengelola proyek perlu menambah fokus pada perbaikan di kriteria lainnya untuk meningkatkan skor kesesuaian dengan sub-kriteria dan kriteria sustainability development.

Proyek 4 menempati posisi proyek dengan nilai terbesar dibandingkan dengan proyek lainnya. Nilai skor

terkecil terdapat pada total nilai di kriteria stakeholder yang hanya mendapatkan nilai 0.197. pada kinerja proyek 4 telah menunjukkan adanya pemahaman pada kriteria economy, social, dan nature. Kondisi ini ditunjukkan sudah adanya program-program terkait dengan pemberdayaan sosial dan pencegahan perusakan lingkungan pada lingkungan proyek. Akan tetapi, proyek 4 masih memiliki masalah pada kriteria stakeholder. Berbagai permasalahan masih sering terjadi akibat adanya dinamika dengan stakeholder proyek. Peningkatan dan fokus diperlukan pada kriteria stakeholder, organisasi, dan proyek karena masih mendapatkan nilai dibawah 3.

Proyek 5 menempati posisi proyek dengan nilai terbesar kedua dibandingkan dengan proyek lainnya. Nilai skor terkecil terdapat pada total nilai di kriteria nature yang hanya mendapatkan nilai 0.619. kinerja yang baik pada kriteria project team, organisasi, dan sustainability cukup berpengaruh dalam memperbaiki nilai global dari proyek. Akan tetapi, permasalahan masih muncul pada kriteria nature. Permasalahan lingkungan akibatnya pengerjaan proyek telah mengakibatkan banjir di pintu masuk proyek yang berdampak pada terganggunya aktivitas umum. selain itu, sikap acuh pengelola dengan tidak memiliki program perbaikan juga menjadi indikasi belum adanya perhatian khusus pada kriteria ini.

4.4. Usulan Rekomendasi

Rekomendasi terhadap proyek-proyek strategis yang telah dinilai dilakukan berdasarkan hasil analisis penilaian skor masing-masing proyek dari setiap kriteria dan subkriteria penelitian. Berikut merupakan rekomendasi pada masing-masing proyek strategis PT SAM:

a. Proyek 1

Beberapa hal yang perlu diperbaiki oleh manajemen operasional proyek 1 adalah sebagai berikut:

- Tim operasional perlu memperbaiki efektivitas alokasi biaya proyek dengan melakukan efisiensi dan penyederhanaan pekerjaan.
- Proyek 1 harus lebih cakap dalam menghadapi dinamika tantangan proyek dan cekatan menyelesaikan masalah agar tidak membesar.
- Penanggung jawab proyek 1 perlu membentuk tim penanganan resiko, memperbaiki perencanaan secara akurat, dan meningkatkan komitmen setiap anggota proyek untuk menuntaskan pekerjaan.
- Untuk melakukan perbaikan di kriteria sustainability, proyek 2 perlu membentuk tim pengelola limbah konstruksi, memastikan tersediannya lahan konservasi

- air, dan menambah penyekat proyek untuk mereduksi gangguan kepada masyarakat.
- Tim HSE perlu memberpaiki rambu-rambu keselamatan proyek untuk mengurangi resiko kecelakaan di area proyek.
- b. **Proyek 2**
Beberapa hal yang perlu diperbaiki oleh manajemen operasional proyek 2 adalah sebagai berikut:
- Tim Proyek perlu melakukan efisiensi energi yang digunakan, menyediakan area konservasi air, melakukan penghematan penggunaan material, dan menambah penyekat proyek untuk mereduksi gangguan kepada masyarakat.
 - Pada kriteria ekonomi, penghematan perlu dilakukan dengan memastikan ketepatan waktu pengerjaan proyek dan mengurangi biaya tidak langsung yang membengkak dari terlambatnya pengerjaan proyek.
 - Tim HSE perlu melakukan apel keselamatan setiap pagi, menambah rambu bahaya dalam proyek, dan melakukan screening kesehatan tenaga kerja secara berkala.
 - Proyek perlu menyediakan usaha untuk mengurangi dampak pengerusakan lingkungan hijau di wilayah proyek. Upaya penanaman kembali dan pemulihan wilayah terdapat perlu dilakukan setelah proyek diselesaikan.
- c. **Proyek 3**
Beberapa hal yang perlu diperbaiki oleh manajemen operasional proyek 3 adalah sebagai berikut:
- Proyek 3 memiliki permasalahan dalam tahapan perencanaan. Pengelola perlu memastikan setiap rencana dapat tereksekusi sesuai dengan timeline proyek. Selain itu, untuk memastikan seluruh komponen proyek dapat terintegrasikan maka diperlukan kegiatan khusus untuk melakukan brainstorming proyek. Peran manajer proyek sangat diperlukan untuk memantau keseluruhan proses proyek.
 - Pihak manajemen PT SAM perlu mengawal hubungan yang harmonis dengan pihak owner proyek. Beberapa permasalahan muncul ketika terjadi konflik kepentingan yang menyebabkan kendala pengerjaan proyek.
 - Proyek 3 mengalami pemborosan penggunaan biaya langsung karena adanya pengulangan pengerjaan beberapa bagian proyek. Hal ini perlu diperbaiki dengan melakukan pengawasan terhadap material dan pengerjaan. Selain itu pihak pengelola juga perlu melakukan CSR kepada wilayah sekitar proyek. Saat ini proyek 3 belum pernah melakukan CSR tersebut.
- Berkaitan dengan penjagaan hubungan dengan masyarakat, proyek 3 belum melakukan pendekatan kepada pemangku kepentingan di wilayah proyek. Hal ini sangat beresiko jika terjadi masalah eksternal, pengelola perlu mulai membangun dan melibatkan kerjasama masyarakat di wilayah tersebut.
 - Pengelola proyek 3 belum mematuhi peraturan terkait dengan kelestarian lingkungan proyek. Tercatat beberapa pohon ditebang untuk kepentingan proyek namun tidak ada penanaman kembali. Pengelola perlu memeriksa kembali kesesuaian pengerjaan proyek terhadap aturan kelestarian lingkungan. Beberapa aktivitas pembuatan limbah konstruksi juga masih terjadi di proyek ini, beberapa saluran air terpenuhi oleh material konstruksi yang menyebabkan terhambatnya sirkulasi air.
- d. **Proyek 4**
Beberapa hal yang perlu diperbaiki oleh manajemen operasional proyek 4 adalah sebagai berikut:
- Manajer proyek 4 perlu memaksimalkan peran dalam melaksanakan tugas leadership, operasional, dan administrasi. Beberapa permasalahan administrasi terkait dengan pihak stakeholder beberapa terkendala karena tindakan indisiplin manajer.
 - Hubungan yang optimis kepada stakeholder perlu diperbaiki oleh manajemen proyek 4. Profesionalitas organisasi penanggung jawab proyek 4 perlu diperbaiki karena berdampak pada hubungan baik kepada stakeholder proyek.
 - Permasalahan yang muncul pada proyek 4 disebabkan kurangnya kepekaan manajer dalam menilai kondisi politik proyek sehingga menyebabkan hubungan yang kurang terjaga antara pemilik proyek dan pelaku proyek.
- e. **Proyek 5**
Beberapa hal yang perlu diperbaiki oleh manajemen operasional proyek 5 adalah sebagai berikut:
- Pada setiap perencanaan aktivitas proyek perlu disesuaikan dengan tujuan proyek yang telah ditetapkan agar tidak terjadi perbedaan dengan kontrak dan realistis untuk tercapai.

- Pengelola proyek perlu mempertimbangkan isu-isu lingkungan politik dari stakeholder yang terlibat untuk menjaga keharmonisan keberlangsungan proyek.
- Perlu dilakukan screening kesehatan dan ketaatan APD oleh manajemen untuk mengurangi kecelakaan kerja yang merugikan tenaga kerja. Selain itu, pihak pengelola juga perlu memberdayakan komunitas masyarakat sekitar untuk mengambil manfaat dengan cara yang sesuai aturan.
 - Pengelola perlu memastikan bahwa keseluruhan aktivitas yang terkait dengan pengerjaan proyek 5 tidak berpotensi melakukan pengrusakan. Pemilihan supplier perlu dikaji ulang karena adanya issue lingkungan dari tempat material didapatkan. Untuk menyeimbangkan dampak dan manfaat proyek terhadap lingkungan, pengelola perlu membuat event yang bertujuan untuk memperbaiki kerusakan lingkungan sekitar.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan 8 kriteria yang terbagi menjadi 48 sub-kriteria

terhadap isu *sustainability development* untuk PT SAM. Kriteria Sustainability menjadi kriteria paling prioritas dengan nilai bobot 0.204 diikuti kriteria Nature, Social, dan Economy berturut-turut dengan bobot 0.165, 0.133, dan 0.144. Sub-kriteria *Cost Effectiveness of Work* paling penting di kriteria project dengan nilai bobot 0,255. Sub-kriteria *Project Lifecycle management processes* paling penting di kriteria project team dengan nilai bobot 0,207. Sub-kriteria *Continuous performance measurement* paling penting di kriteria organization dengan nilai bobot 0,223. Sub-kriteria *Awareness of environmental issues and related legislation* paling penting di kriteria stakeholder dengan nilai bobot 0,457. Sub-kriteria *Recycling and Waste Management* paling penting di kriteria sustainability dengan nilai bobot 0,225. Sub-kriteria *Cost effectiveness/Economic profit* paling penting di kriteria Economy dengan nilai bobot 0,258. Sub-kriteria *Safety and health of workers* paling penting di kriteria social dengan nilai bobot 0,346. Sub-kriteria *Adherence to environmental policies* paling penting di kriteria Nature dengan nilai bobot 0,376.

Hasil penilaian 5 proyek strategis yang sedang dikerjakan oleh PT SAM terhadap kriteria dan subkriteria penelitian menunjukkan seluruh proyek masih mendapatkan nilai yang kurang memuaskan. Proyek 4 mendapatkan nilai tertinggi yaitu 3.4097 dari skala 5. Sedangkan terdapat 3 proyek yang masih mendapat nilai dibawah 3 yaitu project 1, project 2, dan project 3

Daftar Pustaka

- Abrahams, G. (2017). Constructing definitions of sustainable development. *Smart and Sustainable Built Environment*, 6(1), 34–47. <https://doi.org/10.1108/SASBE-03-2017-0009>
- Bolger, F., & Wright, G. (2011). Improving the Delphi process: Lessons from social psychological research. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(9), 1500–1513.
- du Plessis, C. (2002). Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries. *Advances in Neonatal Care*, 18(1), E12–E23.
- Hatefi, S. M., & Tamošaitiene, J. (2018). Construction projects assessment based on the sustainable development criteria by an integrated fuzzy AHP and improved GRA model. *Sustainability* (Switzerland), 10(4), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su10040991>
- Kiani Mavi, R., & Standing, C. (2018). Critical success factors of sustainable project management in construction: A fuzzy DEMATEL-ANP approach. *Journal of Cleaner Production*, 194, 751–765. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.120>
- Kibert, C. J. (2003). Sustainable Construction at the Start of the 21st Century. *The Future of Sustainable Construction*, 2003, 1–7.
- Mohammed, H. J., Al-Jubori, I. A. M., & Kasim, M. M. (2019). Evaluating project management criteria using fuzzy analytic hierarchy Process. *AIP Conference Proceedings*, 2138(August). <https://doi.org/10.1063/1.5121097>

- Newman, P., & Director, S. (2002). Sustainability and housing: More than a roof over head. *The Barnett Annual Lecture, Melbourne*, 1–29.
- Panda, M., & Jagadev, A. K. (2018). TOPSIS in Multi-Criteria Decision Making: A Survey. *Proceedings - 2nd International Conference on Data Science and Business Analytics, ICDSBA 2018*, 51–54. <https://doi.org/10.1109/ICDSBA.2018.00017>
- Pandremmenou, H., Sirakoulis, K., & Blanas, N. (2013). Success Factors in the Management of Investment Projects: A Case Study in the Region of Thessaly. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 74(May 1999), 438–447. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.032>
- Steurer, J. (2011). The Delphi method: An efficient procedure to generate knowledge. *Skeletal Radiology*, 40(8), 959–961. <https://doi.org/10.1007/s00256-011-1145-z>
- Taylan, O., Bafail, A. O., Abdulaal, R. M. S., & Kabli, M. R. (2014). Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. *Applied Soft Computing Journal*, 17, 105–116. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.01.003>
- Tunggal, A. (2019). *Seminar Nasional “Sustainability dalam Bidang Material, Rekayasa dan Konstruksi Beton.”*
- Willar, D., Waney, E. V. Y., Pangemanan, D., & Mait, R. (2019). Penerapan Konstruksi Berkelanjutan Pada Pembangunan Infrastruktur. *Polimdo Press*, 1–99.