

Analisis Kriteria Pemilihan Pemenang Tender Kontaktor Konstruksi di DKI Jakarta

Ricky Rinaldi*¹, Mardiaman²

Universitas Tama Jagakarsa, Jl. TB Simatupang No. 152 Tanjung Barat, Jakarta

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik

e-mail: *)riririnaldi@gmail.com, ²mardi240967@gmail.com

Abstract

In Indonesia, the process of selecting public service sector contractors is regulated in Presidential Decree No. 16 of 2018. It seems fairly complete selection methods, but the application still has several weak points. Due to the ability of evaluations which are very limited and based on the lowest bid evaluation system only, it doesn't get optimum results in terms of time, quality, and cost in the construction phase. Inexperienced and poor performance contractors undertake most of the projects established by this selection method. As an alternative, the application of value-based evaluation methods (scoring) is a challenge in public service sector projects in DKI Jakarta. To overcome this problem, the research uses Analytical Hierarchy Process and sensitivity analysis tools to determine criteria, sub-criteria, and weights as input for refining the selection of tender winners. The results of data processing showed that the criteria for the financial capability that had the most impact, 44.9% small scale companies, 39.3% medium scale companies, and 45.4% large scale companies. The lowest weight in large scale companies is in the HSE policy criteria at 10.2%, meanwhile, the lowest weight in small and medium scale companies is company experiences criteria with 12.0% and 13.1% respectively. Some differences found that the dominant criteria and the most sensitive criteria, it is the implication of this study for tender criteria selection. Furthermore, the composition of criteria and sub-criteria based on each company's scale would have to re-evaluate by the government as the policymaker on public service construction projects. Therefore, companies will also make some adjustments to the policies.

Keywords- *Analysis of selection criteria for construction contractor, Tender, Analytical hierarchy process (AHP), Sensitivity analysis*

1. PENDAHULUAN

Jasa konstruksi sektor layanan publik yang dikelola oleh pemerintah memiliki peranan penting dalam rangka pembangunan untuk meningkatkan pelayanan publik dan mengembangkan ekonomi nasional. Hal tersebut harus dilaksanakan dengan upaya pengaturan pengadaan jasa konstruksi yang berdampak pada nilai manfaat yang maksimal. Hal ini juga diharapkan dapat mengembangkan aplikasi produk dalam negeri seperti bahan-bahan bangunan serta membuka lapangan pekerjaan.

Merujuk pada Undang-undang No. 2 Tahun 2017 mengenai Jasa Konstruksi menjelaskan bahwa pekerjaan konstruksi adalah sebagian atau keseluruhan kegiatan yang meliputi pembangunan, pembongkaran, pembangunan kembali, pengoperasian, dan pemeliharaan suatu bangunan yang merupakan bagian dari siklus hidup proyek (*project life*

cycle). Salah satu fase dalam siklus hidup proyek adalah fase konstruksi yang dikerjakan oleh penyedia jasa (kontraktor).

Proses pemilihan kontraktor yang dilakukan pemberi kerja memiliki implikasi langsung terhadap fase konstruksi. Hasil dari fase konstruksi yang tidak optimal ataupun gagal, tidak terlepas dari proses seleksi yang tidak maksimal. Hasil pemilihan yang tidak maksimal adalah kontraktor yang tidak memiliki kinerja yang baik terpilih sebagai pemenang. Kegagalan pada fase konstruksi sering terjadi akibat penyedia jasa yang tidak memiliki kompetensi teknis, kemampuan keuangan dan kompetensi manajerial yang baik. Hal ini berpotensi menurunkan kualitas pekerjaan bahkan terjadi pemutusan kontrak karena penyedia tidak sanggup menyelesaikan pekerjaan (*Fauzie, 2019*).

Di Indonesia, klasifikasi usaha penyedia jasa konstruksi diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.7/PRT/M/2019 dibagi menjadi tiga, yaitu Usaha Kecil (nilai HPS sampai dengan Rp 10 Milyar), Usaha Menengah (nilai HPS dari Rp 10 s/d Rp 100 Milyar), dan Besar (nilai HPS diatas Rp 100 Milyar).

Berdasarkan Peraturan Presiden No.16 Tahun 2018 mengenai Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah bahwa pengadaan konstruksi yang dibiayai Negara dilaksanakan melalui proses tender elektronik (*e-tendering*). Secara umum tender pekerjaan konstruksi menggunakan metode pasca kualifikasi dengan sistem gugur. Selanjutnya penawaran dari peserta tender dilakukan melalui tahap evaluasi menggunakan metode penilaian harga terendah. Metode tersebut dinilai sebagai metode paling objektif dan akuntabel. Umumnya hasil pekerjaan kontraktor yang berkualitas rendah akibat dari penawaran harga yang rendah. Sebagai contoh, kontraktor pelaksana menurunkan spesifikasi pekerjaan sehingga tidak sesuai dengan dokumen kontrak. Hal ini menyebabkan realisasi pekerjaan tidak sesuai dengan komitmen yang disepakati di dalam kontrak.

Proses evaluasi penawaran menjadi salah satu unsur penting dalam pemilihan penyedia jasa konstruksi. Disamping terbatasnya sumber daya dan sistem untuk melakukan evaluasi, terdapat cukup banyak kriteria-kriteria yang harus dipertimbangkan oleh pengguna jasa. Ada tiga penyebab utama yang sering terjadi dalam pemilihan penyedia yang kurang baik, yaitu 1) Kriteria yang digunakan dalam pemilihan ketika mengevaluasi penyedia tidak tepat 2) Sub kriteria yang digunakan dalam pemilihan ketika mengevaluasi penyedia tidak tepat 3) Metodologi yang digunakan dalam mengevaluasi kontraktor dan proses pelaksanaan tidak tepat.

Dengan mengevaluasi penyebab-penyebab di atas, maka pemilihan penyedia diharapkan menjadi lebih objektif dan menguntungkan bagi pemerintah tanpa mengabaikan kepentingan penyedia (*Bhatt & Zala, 2011*). Penelitian ini menggunakan *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dalam menyusun hierarki untuk kriteria yang paling memiliki peranan pada indeks kinerja kontraktor, dimana indeks tersebut adalah dasar penentuan kriteria pemilihan pemenang tender konstruksi. Metode AHP dikembangkan oleh Thomas. L. Saaty dan sudah banyak diteliti dan dikembangkan oleh para peneliti semenjak itu. Fasilitas uji konsistensi pada hierarki dan kemudahan aplikasi dalam menentukan keputusan dari kriteria-kriteria yang kompleks menjadi keunggulan dari metode ini. AHP digunakan untuk membantu pembuat keputusan mendapatkan pilihan terbaik dari sekumpulan kriteria dalam suatu hierarki. Penyusunan hierarki dibuat sedemikian rupa sertamembandingkan sejumlah kriteria tersebut satu sama lain secara kuantitatif (*pairwise comparison*). Uji konsistensi yang dimaksud adalah untuk mengetahui nilai konsistensi dari hierarki yang telah disusun, sehingga diperoleh nilai indeks kinerja dari pada

setiap peserta. Keputusan pemenang pada proses pemilihan ini diambil dengan cara membandingkan indeks kinerja tersebut terhadap masing-masing kontraktor calon penyedia.

Adapun analisis AHP dalam penelitian ini termasuk dalam kategori post audit, di mana kebutuhan terhadap data kontraktor yang menjadi objek penelitian merupakan hal yang penting sebagai salah satu dasar dilakukannya pemilihan kontraktor untuk tender berikutnya.

2. METODE PENELITIAN

Kajian ini dilakukan untuk proyek konstruksi sektor layanan publik di wilayah DKI Jakarta yang di danai dari Anggaran Belanja Negara/Daerah. Jenis penelitian digunakan adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan gabungan kuantitatif dan kualitatif. Jenis penelitian ini dipilih untuk mendeskripsikan secara teratur suatu kondisi atau sekumpulan data yang faktual dan merinci situasi secara menyeluruh, karena terdapat variabel-variabel lain yang saling berhubungan dengan suatu situasi.

Pendekatan gabungan yaitu dengan menggabungkan pendekatan secara kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif yang dimaksud yaitu bersifat subjektif, akan tetapi tetap melalui proses kuantifikasi sebelum dimuat ke dalam. Pendekatan subjektif adalah pendekatan soal pilihan paradigma terhadap objek penelitian yang bersifat asertif berdasarkan dari pengamatan, pengalaman atau pengetahuan yang dimiliki informan, dalam hal ini yaitu responden (Budiastuti & Bandur, 2018). Adapun pendekatan objektif yang diperoleh dalam bentuk kuisioner dan dokumentasi, seperti 1) Neraca keuangan perusahaan terkait kekayaan atau omzet perusahaan, 2) Alat-alat konstruksi milik perusahaan, 3) Tenaga ahli manajerial perusahaan, 4) Anggaran pengembangan sumberdaya, 5) Pengalaman perusahaan, 6) Jumlah pekerja yang telah mendapatkan pelatihan dan sertifikasi K3.

Adanya pendekatan yang dilakukan untuk menjawab penelitian ini dengan menggunakan metode AHP maka para responden yang dipilih adalah para *stakeholders* industri konstruksi yang terdiri dari 1. Pemberi kerja (4 orang), 2. Kontraktor (19 orang), 3. Konsultan (7 orang), 4. Akademisi (1 orang) dan 5. Asosiasi (1 orang). Responden ini adalah pakar yang memiliki pengalaman dan pengetahuan untuk menjawab perbandingan tingkat atau derajat kepentingan pada masing-masing kriteria terhadap kriteria lainnya.

2.1 *Multi Criteria Decision Making*

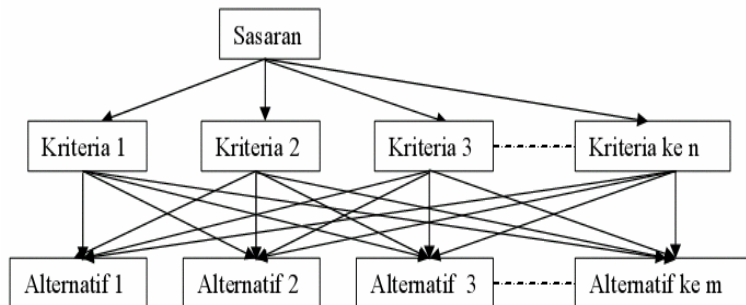
Triantaphylloul (2000) Multi Criteria Decision Making (MCDM) merupakan metode yang bertujuan untuk mengambil keputusan diantara alternatif terbaik dari berbagai alternatif terhadap sekumpulan kriteria tertentu.

2.2 *Analysis Hierarchy Process*

Penelitian ini menggunakan metode AHP karena mempunyai akurasi yang cukup baik apabila diterapkan pada data yang tidak cukup besar dan memiliki keunggulan kompetitif berupa kemudahan aplikasi serta adanya uji konsistensi.

Metode tersebut adalah model pendukung pengambilan keputusan (*decision making*) yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Metode ini menjelaskan bagaimana acara menyusun alternatif multi kriteria atau multi faktor ke dalam hierarki atau kesatuan. Lebih lanjut, metode ini merupakan teknik yang kemudian dikembangkan untuk kondisi yang mempunyai beragam

tingkatan analisis. Sebagai teknik perbandingan antar kriteria, langkah selanjutnya adalah membuat perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*), menyusun faktor/indeks bobot dan tahap analisis untuk mendapatkan prioritas relatif terhadap alternatif-alternatif yang tersedia. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan metode yang cukup sederhana serta dapat secara fleksibel memuat kreativitas dalam pemecahan pemilihan keputusan (Santosa, Santoso, & Wijoyo, 2018).



Gambar 1 Hierarki Kriteria Perbandingan Berpasangan

Terkait dengan kriteria dan alternatif pada struktur hierarki pada *Analytical Hierarchy Process* (AHP), pada dasarnya kedua hal tersebut tidak ditentukan oleh faktor-faktor tertentu melainkan keduanya dinilai melalui perbandingan berpasangan. Perbandingan berpasangan tersebut dilakukan dengan bantuan skala 1 sampai 9, yaitu skala terbaik yang dapat mengekspresikan pendapat sehingga apabila terdapat salah satu kriteria atau alternatif yang kurang sesuai maka akan digantikan dengan kriteria atau alternatif lain. Berikut skala perbandingan pada kriteria dan alternatif (Marimin, 2004):

Tabel 1 Skala Perbandingan pada Kriteria dan Alternatif

Nilai	Keterangan
1	Kriteria atau alternatif A sama penting kriteia atau alternatif B
3	Kriteria atau alternatif A sedikit lebih penting dari kriteia atau alternatif B
5	Kriteria atau alternatif A lebih penting daripada kriteia atau alternatif B
7	Kriteria atau alternatif A sangat lebih penting daripada kriteia atau alternatif B
9	Kriteria atau alternatif A Mutlak lebih penting daripada kriteia atau alternatif B
2,4,6,8	Apabila ada keraguan diantara dua nilai yang berdekatan

Penilaian dilakukan dengan memakai bentuk seperti tabel 2 Berikut :

Tabel 2 Skala Perbandingan pada Kriteria dan Alternatif

Kriteria A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria B
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------

2.3 Uji Konsistensi

Pengambilan keputusan, penting dalam mengetahui konsistensi responden. Oleh karena itu, konsistensi sampai dengan tingkatan tertentu untuk menetapkan prioritas unsur-unsur berkenaan dengan sekumpulan kriteria perlu diperoleh hasil yang bisa dianggap *valid*. Untuk mengukur konsistensi tersebut secara menyeluruh, AHP akan melalui pengukuran dengan menggunakan rasio konsistensi. Nilai dari rasio konsistensi ini tidak boleh melebihi 10%. Apabila tanggapan terjadi rasio diatas 10% maka pertimbangan terkait bisa jadi diambil sembarang dan perlu diperbaiki. Nilai rasio konsistensi dapat menggunakan persamaan berikut :

Persamaan 2.1 Rasio konsistensi

$$CI = (\gamma_{maks}-n)/(n-1) \quad 2.1a$$

$$CR = CI/I \quad 2.1b$$

Keterangan :

- CI = Konsistensi indeks
- CR = Rasio konsistensi
- Γ_{maks} = E-Value
- n = Jumlah matriks
- I = Indeks konsistensi acak (dari Tabel 3)

Tabel 3 Skala Perbandingan pada Kriteria dan Alternatif

Ukuran matriks	Indeks konsistensi acak
1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

2.4 Sensitivity Analysis

Analisis sensitifitas merupakan elemen dinamis dari suatu hierarki. Analisis sensitifitas berarti mempertahankan penilaian pertama pada suatu penelitian dalam suatu periode tertentu, sehingga dapat membuat prediksi akibat dari pergantian kebijakan atau tindakan (*Mora, 2009*). Berdasarkan kapasitasnya, analisis sensitifitas sangat cocok untuk digunakan dalam memperkirakan situasi yang akan terjadi akibat perubahan yang signifikan.

Analisis sensitifitas pada dilakukan apabila terjadi perubahan atau pergantian keputusan oleh pembuat keputusan. Dengan berubahnya kriteria keputusan ini, maka urutan prioritas jadi berubah juga. Sebagai contoh, pada suatu penelitian terjadiflukuasi bobot prioritas akibat perubahan kebijakan. Akibatnya, urutan prioritas berubah hingga perlu diambil tindakan terhadap urutan yang baru. Perhitungan analisis sensitivitas ini dapat dituliskan dalam langkah sebagai berikut :

1. Penentuan prioritas global

Prioritas global dapat ditentukan dengan membuat perkalian matriks masing-masing kriteria dengan bobot keputusan alternatif yang tersedia.

Tabel 4 Matriks Prioritas Global AHP

Kriteria	K1	K2	K3	K4	Prioritas
Bobot	x1	x2	x3	x4	Global
A	a1	a2	a3	a4	X
B	b1	b2	b3	b4	Y
C	c1	c2	c3	c4	Z

Keterangan :

A, B dan C = Alternatif keputusan

K1, K2, K3 dan K4 = Kriteria keputusan

X1, x2, x3 dan x4 = Bobot kriteria

X = Prioritas global keputusan A

Y = Prioritas alternatif keputusan B

Z = Prioritas alternatif keputusan C

Berdasarkan tabel di atas, maka prioritas global dapat dihitung dengan Persamaan 2.2.

Perhitungan Prioritas Global :

$$X = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4$$

$$Y = b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4$$

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_4 x_4$$

2. Perubahan bobot kriteria

Simulasi perubahan dilakukan dengan merubah nilai bobot kriteria dapat diubah lebih kecil atau lebih besar dari sebelumnya. Perubahan bobot kriteria apabila disimulasikan pada x1, maka urutan prioritas kriteria pada hierarki akan berubah (prioritas global X, Y, dan Z). Langkah serupa juga dilakukan pada kriteria x2, x3 dan x4 untuk dapat diketahui tingkat sensitifitas dari masing-masing kriteria terhadap perubahan nilai bobot kriteria yang mengalami perubahan.

2.5 Penentuan Kriteria dan Sub Kriteria

Penelitian ini dilakukan serangkaian upaya dalam menjelaskan perspektif suatu situasi atau masalah sebagai keterkaitan antara kriteria-kriteria indeks penilaian pengambilan keputusan. Hsieh, dkk (2004) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa terdapat 6 kriteria dan 20 sub kriteria yang digunakan sebagai kerangka kerjadasar penelitian, namun peneliti perlu melakukan pemilihan yang relevan terhadap kriteria dan sub kriteria tersebut.

Tabel 5 Penentuan Hierarki Kriteria dan Sub Kriteria

Kriteria	Kode	Sub Kriteria	Kode		
Kemampuan Keuangan	C1	Stabilitas Finansial	C1-1		
		Modal Kerja	C1-2		
		Dukungan Keuangan dari Bank dan Jaminan	C1-3		
		Total Nilai Hutang Tahun Terakhir	C1-4		
		Biaya Operasional	C1-5		
Kemampuan Teknis	C2	Jumlah Pekerja Tetap	C2-1		
		Kepemilikan Bengkel Kerja	C2-2		
		Kemampuan Mendefinisikan Acuan Kerja	C2-3		
		Kompetensi Tenaga Kerja	C2-4		
		Pengalaman Tenaga Kerja	C2-5		
		Ketersediaan Peralatan	C2-6		
		Kemampuan Komunikasi/ koordinasi	C2-7		
		Jaminan Mutu	C2-8		
Kebijakan K3	C3	Jumlah Tenaga Ahli Tetap K3	C3-1		
		Jaminan Asuransi Pekerja	C3-2		
		Realisasi <i>Zero Accident</i> dalam Pelaksanaan Proyek	C3-3		
		Tingkat Kepatuhan Terhadap Kebijakan K3 di Lapangan	C3-4		
		Jumlah Pekerja Yang Telah Mendapatkan Pelatihan K3	C3-5		
		Kelengkapan Peralatan Teknis & K3	C3-6		
		Rasio Kecelakaan Kerja	C3-7		
		Pengalaman Perusahaan	C4	Pengalaman Kontraktor Dalam Bidang Konstruksi Secara Umum	C4-1
				Jumlah Kontrak yang Didapatkan	C4-2
Nilai Kontrak Tertinggi	C4-3				
Penyelesaian Pekerjaan Sesuai Schedule dalam Kontrak	C4-4				
Penyelesaian Pekerjaan Sesuai Cost dalam Kontrak	C4-5				
Realisasi Pekerjaan Sesuai Spesifikasi dalam Kontrak	C4-6				
Kualitas Proyek yang Telah Selesai	C4-7				
Pengalaman Sejenis	C4-8				
Pengalaman Tidak Sejenis	C4-9				

2.6 Penentuan Model Kuesioner

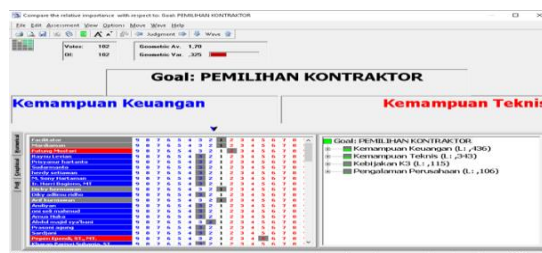
Kuesioner digunakan sebagai salah satu langkah untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam suatu penelitian. Kuesioner pada penelitian ini sebagai sarana untuk mendapatkan nilai bobot kriteria serta sub kriteria berdasarkan pengukuran oleh para ahli di bidang konstruksi dengan model kuesioner tertutup. Kuesioner ini berisi beberapa bagian, yaitu ; 1) Data profil responden, 2) Petunjuk pengisian kuesioner, 3) Penilaian bobot kriteria, 4) Penilaian bobot sub kriteria.

2.7 Pengolahan Data

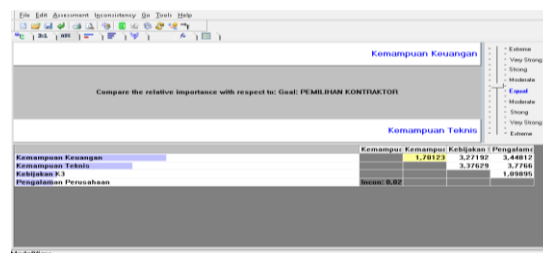
Kuesioner yang telah dihimpun kemudian diolah menggunakan Aplikasi AHP dengan perangkat lunak *Expert Choice* 11. Menurut Chang langkah-langkah dalam menganalisis kerangka kerja AHP terdiri dari 1) Menyusun nilai perbandingan berpasangan; 2) Menyusun matriks perbandingan berpasangan, 3) Menyusun prioritas pilihan (*synthesis of priority*), 4) Menentukan indeks konsistensi dan konsistensi rasio, 5) Membuat analisis sensitifitas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

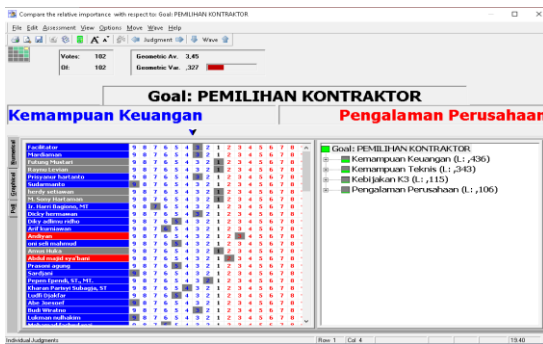
Berdasarkan masukan data hasil kuesioner ke dalam aplikasi, data diolah dengan mendapatkan hasil nilai dari perbandingan berpasangan (*Pairwise Comparison*) dalam bentuk matriks. Gambar di bawah ini menjelaskan perbandingan berpasangan antar kriteria beserta rata-rata geometriks.



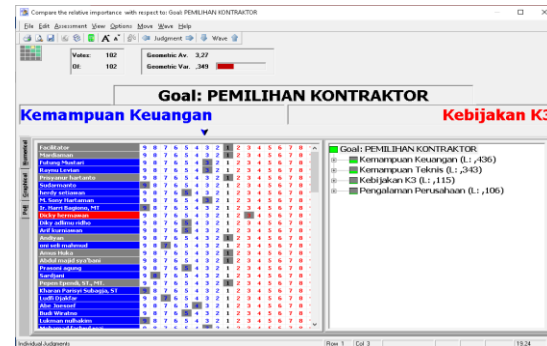
Gambar 2 Perbandingan Berpasangan Antara C1 Dengan C2 Oleh Masing-masing Responden Geometric Average 1,70



Gambar 3 Perbandingan Berpasangan Antara C1 Dengan C3 Oleh Masing-masing Responden Dengan Geometric Average 3,27



Gambar 4 Perbandingan Berpasangan Antara C1 Dengan C4 Oleh Masing-masing Responden *Geometric Average* 3,45



Gambar 5 Perbandingan Relatif Antar Kriteria yang Ditampilkan Dalam Matriks

3.1 Menyusun Prioritas Pilihan (*Synthesis of Priority*)

Menyusun prioritas antar alternatif yang telah dibandingkan pada perbandingan berpasangan dengan langkah awal menghitung bobot evaluasi prioritas. Pembobotan dilakukan secara parsial meliputi :

1. Menghitung nilai faktor pada tabel, yaitu nilai faktor dalam tabel digunakan skala 1 s/d 9 yang diperoleh dari kuesioner;
2. Membagi masing-masing nilai faktor pada kolom dengan jumlah nilai kalkulasi pada tiap kolom;
3. Mencari nilai rata-rata baris dengan menghitung nilai faktor pada tiap baris.

Setelah melalui tahapan perhitungan, maka diperoleh hasil seperti pada tabel 6. :

Tabel 6 Bobot Kriteria dan Sub Kriteria Dalam Matriks

Kriteria	C1	C2	C3	C4	Rata - rata
Bobot	x1	x2	x3	x4	y
C1	0,46	0,52	0,38	0,37	0,43
C2	0,27	0,31	0,39	0,41	0,34
C3	0,14	0,09	0,12	0,12	0,12
C4	0,13	0,08	0,11	0,11	0,11
Jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Berdasarkan nilai rata-rata baris pada tabel 6 dapat dinyatakan bahwa kriteria keuangan mempunyai nilai paling tinggi dengan C1= 0,39, namun belum dapat ditetapkan sebagai nilai kriteria yang dipilih sebelum melalui perhitungan tingkat rasio konsistensi.

3.2 Rasio Konsistensi (*CR/Consistency Ratio*)

Rasio konsistensi adalah tahap evaluasi tingkat konsistensi dari penilaian yang diperoleh dari para ahli pada saat dilakukan perbandingan berpasangan. Tahapan berikutnya yaitu melalui beberapa kalkulasi sebelum mendapatkan hasil, diantaranya :

1. Menetapkan vektor jumlah bobot, dengan cara mengalikan nilai rata-rata baris dengan masing-masing faktor pada tabel perbandingan berpasangan.
2. Menetapkan nilai vektor konsistensi, dengan cara membagi nilai vektor jumlah bobot dengan rata-rata hasil vektor konsistensi, sehingga didapat :

$$C1 = 1,59 / 0,39 = 4,0485$$

$$C2 = 1,46 / 0,36 = 4,0402$$

$$C3 = 0,53 / 0,13 = 4,0191$$

$$C4 = 0,47 / 0,12 = 4,0113$$

3. Mengkalkulasikan nilai Indeks Konsistensi (CI) dengan lamda pada rumus CI sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

Nilai λ adalah rata-rata dari *consistency vector*

λ = Jumlah nilai vektor konsistensi / n

sehingga :

$$CI = \frac{(4,0484 + 4,0402 + 4,0191 + 4,0113) - 4}{3}$$

$$CI = \frac{4,03 - 4}{3} = 0,01$$

3

4. Nilai Rasio Konsistensi (CR) diperoleh dari rumus berikut ini :
Indeks Acak (RI) yaitu sebuah fungsi dari jumlah alternatif faktor resiko yang dipertimbangkan.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Tabel 7 *Random Index*

OM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

OM = *Orde Matrik* RI = *Random Index*

Perkiraan RI dapat dilihat melalui tabel 7 yang menerangkan jika N = 4, maka RI = 0,9

Sehingga nilai Rasio Konsistensi(CR) adalah :

$$CR = 0,01 / 0,9$$

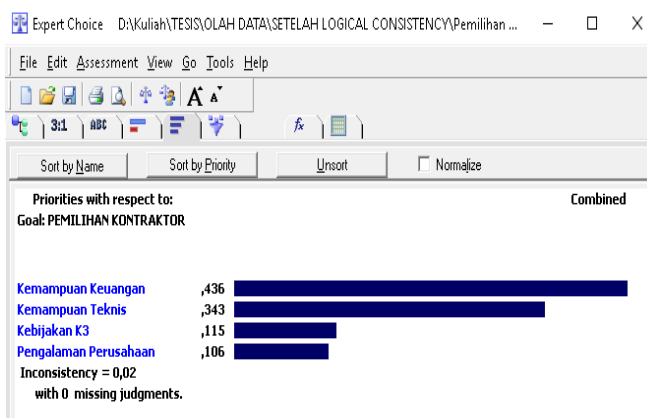
$$CR = 0,01$$

Untuk $CR \leq 0,10$ sebagai dasar pertimbangan keputusan, maka secara relatif disebut "Konsisten".

5. Hasil

Seluruh tahapan analisis dapat disimpulkan bahwa nilai C1 (Kemampuan Keuangan) terhadap tujuan Pemilihan Kontraktor memiliki bobot tertinggi yaitu 0,436; kemudian C2 (Kemampuan Teknis) dengan bobot 0,343; dan C3 (Kebijakan K3) dengan bobot 0,115; serta C4 (Pengalaman Perusahaan) dengan bobot 0,106; dengan *Inconsistency Ratio* 0,02 (Konsisten).

Bobot prioritas adalah kemampuan keuangan (0,436) sedangkan yang terendah adalah pengalaman (0,106). Ini menggambarkan bahwa Kemampuan Keuangan dari kontraktor peserta tender menjadi prioritas utama dalam pertimbangan pemilihan pemenang. Sedangkan Pengalaman Perusahaan adalah kriteria terendah, akan tetapi mempunyai peran yang harus tetap dipenuhi oleh peserta tender.



Gambar 6 Bobot Antar Kriteria

3.3 Analisis Sensitifitas (Sensitivity Analysis)

Tabel 8 Rekapitulasi Analisis Sensitivitas pada Model *Expert Choice* Untuk Nilai $C1 = x + 0,1$

Kriteria & Sub kriteria	BOBOT			
	Gabungan	Nilai Proyek		
		Kecil	Menengah	Besar
C1	0,5360	0,5490	0,4930	0,5540
SC11	0,3740	0,3460	0,3820	0,3860
SC12	0,2960	0,3200	0,3080	0,2810
SC13	0,1290	0,1250	0,1140	0,1430
SC14	0,0820	0,0740	0,0850	0,0760
SC15	0,1190	0,1350	0,1110	0,1140
C2	0,2820	0,275	0,302	0,279
SC21	0,1370	0,1250	0,1550	0,1460
SC22	0,1630	0,1820	0,1580	0,1630
SC23	0,1950	0,1860	0,1970	0,2000
SC24	0,1610	0,1710	0,1530	0,1470
SC25	0,1190	0,1160	0,1300	0,1160
SC26	0,0730	0,0740	0,0680	0,0740
SC27	0,0890	0,0820	0,0840	0,0920
SC28	0,0630	0,0640	0,0550	0,0620
C3	0,0950	0,098	0,109	0,083
SC31	0,2040	0,1890	0,2290	0,1990
SC32	0,1770	0,1930	0,1960	0,1510
SC33	0,1970	0,1990	0,1850	0,2020
SC34	0,1780	0,1650	0,1730	0,1910
SC35	0,0930	0,0970	0,0860	0,1060
SC36	0,0820	0,0830	0,0730	0,0820
SC37	0,0690	0,0740	0,0580	0,0690
C4	0,0870	0,078	0,096	0,084
SC41	0,2020	0,2220	0,2030	0,2070
SC42	0,1470	0,1470	0,1410	0,1670
SC43	0,1070	0,1160	0,1050	0,1070
SC44	0,1330	0,1330	0,1260	0,1300
SC45	0,1090	0,0990	0,1200	0,1010
SC46	0,0980	0,0890	0,1020	0,0980
SC47	0,0880	0,0850	0,0890	0,0860
SC48	0,0750	0,0690	0,0750	0,0660
SC49	0,0410	0,0400	0,0390	0,0380

3.4 Pembahasan

3.4.1 Bobot Perbandingan Antar Kriteria Gabungan Kelompok

Seluruh analisis dapat disimpulkan bahwa nilai C1 (Kemampuan Keuangan) memiliki bobot tertinggi yaitu 0,436; kemudian C2 (Kemampuan Teknis) dengan bobot 0,343; dan C3 (Kebijakan K3) dengan bobot 0,115; serta C4 (Pengalaman Perusahaan) dengan bobot 0,106; dengan *Pairwise Comparison Inconsistency Ratio* 0,02 (Konsisten) dari 101 responden.

Simulasi analisis sensitifitas nilai $C_n = n_x + 0,1$ dengan menambahkan bobot pada kriteria C1, C2, C3 dan C4 untuk n_x senilai 0,1. Kriteria Kemampuan Keuangan nilai tertinggi. Simulasi $n = 1, 3, 4 \dots$ nilai bobot Kemampuan Keuangan selalu menjadi urutan tertinggi, kecuali pada simulasi $n = 2$ dimana nilai Kemampuan Teknis menjadi yang tertinggi. Sedangkan untuk peringkat terendah yaitu Kriteria Pengalaman Perusahaan pada simulasi $n = 1, 2, 3$ dan pada $n = 4$ Kebijakan K3 menjadi peringkat terendah.

Secara keseluruhan analisis ini memperlihatkan bahwa Kemampuan Keuangan peserta tender adalah yang paling dominan dan paling mempengaruhi untuk pemilihan kontraktor. Adapun Kemampuan Teknis sebagai kriteria yang paling sensitif terhadap perubahan. Akan tetapi, kriteria dengan bobot terendah harus tetap dipenuhi karena untuk beberapa kasus kriteria tersebut tidak memiliki nilai terendah.

3.4.2 Bobot Perbandingan Antar Kriteria Perusahaan Kecil

Seluruh tahapan analisis dapat disimpulkan bahwa nilai C1 (Kemampuan Keuangan) memiliki bobot tertinggi yaitu 0,449; kemudian C2 (Kemampuan Teknis) dengan bobot 0,336; dan C3 (Kebijakan K3) dengan bobot 0,120; serta C4 (Pengalaman Perusahaan) dengan bobot 0,095; dengan *Pairwise Comparison Inconsistency Ratio* 0,02 (Konsisten) dari 29 responden.

Simulasi analisis sensitifitas nilai $C_n = n_x + 0,1$ dengan menambahkan bobot pada kriteria C1, C2, C3 dan C4 untuk n_x senilai 0,1. Kriteria Kemampuan Keuangan merupakan nilai tertinggi, kecuali pada simulasi $n = 2$ dan 3, dimana nilai Kemampuan Teknis menjadi yang tertinggi. Sedangkan untuk peringkat terendah yaitu Kriteria Pengalaman Perusahaan pada simulasi $n = 1, 2, 3$ dan pada $n = 4$ Kebijakan K3 menjadi peringkat terendah.

Perusahaan kecil menunjukkan Kemampuan Keuangan peserta tender merupakan nilai kriteria tertinggi. Adapun Kemampuan Keuangan dan Kemampuan Teknis merupakan kriteria yang paling sensitif terhadap perubahan.

Adapun penyebab kriteria Kemampuan Keuangan menjadi nilai tertinggi adalah akibat kondisi modal dan jaminan pada perusahaan kecil. Tingkat manajemen kemampuan keuangan perusahaan kecil sangatlah terbatas, sehingga perlu penilaian yang ketat dalam kriteria tersebut. Selain itu, proyek pada sektor layanan publik yang di kelola oleh perusahaan kecil cenderung memiliki risiko teknis dan K3 yang rendah. Serta dalam prakteknya, kriteria pengalaman perusahaan kecil cukup terbatas hanya pada nilai pengalaman atau pengalaman dari proyek sejenis yang nilainya tidak ada perbedaan signifikan.

3.4.3 Bobot Perbandingan Antar Kriteria Perusahaan Menengah

Berdasarkan analisis dapat disimpulkan bahwa nilai C1 (Kemampuan Keuangan) memiliki bobot tertinggi yaitu 0,393; kemudian C2 (Kemampuan Teknis) dengan bobot 0,361; dan C3 (Kebijakan K3) dengan bobot 0,131; serta C4 (Pengalaman Perusahaan) dengan bobot 0,115; dengan *Pairwise Comparison Inconsistency Ratio* 0,01 (Konsisten) dari 32 responden.

Simulasi analisis sensitifitas nilai $C_n = n_x + 0,1$ dengan menambahkan bobot pada kriteria C1, C2, C3 dan C4 untuk n_x senilai 0,1. Kriteria Kemampuan Teknis selalu menjadi peringkat tertinggi. Simulasi $n = 1$ menunjukkan Kemampuan Keuangan pada peringkat tertinggi. Namun pada simulasi $n = 1, 2$ dan 3 , dimana nilai Kemampuan Teknis selalu menjadi yang tertinggi. Sedangkan untuk peringkat terendah yaitu Kriteria Pengalaman Perusahaan pada simulasi $n = 1, 2, 3$ dan pada $n = 4$ Kebijakan K3 menjadi peringkat terendah.

Perusahaan Menengah menunjukkan Kemampuan Teknis peserta tender adalah yang paling dominan dan paling mempengaruhi untuk pemilihan kontraktor. Selain itu, Kemampuan Teknis juga merupakan kriteria yang paling sensitif terhadap perubahan.

Adapun penyebab kriteria Kemampuan Keuangan menjadi nilai tertinggi adalah akibat kondisi modal dan jaminan pada perusahaan menengah. Tidak sedikit perusahaan menengah namun mengandalkan modal pinjaman seperti pada perusahaan kecil, sehingga perlu penilaian yang ketat dalam kriteria tersebut. Selain itu, penilaian kemampuan teknis juga cukup berpengaruh karena risiko teknis untuk proyek menengah cukup tinggi. Perubahan metode dan teknis pelaksanaan tidak jarang terjadi sehingga perlu proses rekayasa yang melibatkan tim teknis.

3.4.4 Bobot Perbandingan Antar Kriteria Perusahaan Besar

Berdasarkan analisis dapat disimpulkan bahwa nilai C1 (Kemampuan Keuangan) memiliki bobot tertinggi yaitu 0,454; kemudian C2 (Kemampuan Teknis) dengan bobot 0,341; dan C3 (Kebijakan K3) dengan bobot 0,102; serta C4 (Pengalaman Perusahaan) dengan bobot 0,103; dengan *Pairwise Comparison Inconsistency Ratio* 0,01 (Konsisten) dari 40 responden.

Simulasi analisis sensitifitas nilai $C_n = n_x + 0,1$ dengan menambahkan bobot pada kriteria C1, C2, C3 dan C4 untuk n_x senilai 0,1. Kriteria Kemampuan Teknis selalu menjadi peringkat tertinggi. Simulasi $n = 1$ menunjukkan Kemampuan Keuangan pada peringkat tertinggi. Namun pada simulasi $n = 1, 2$ dan 3 , dimana nilai Kemampuan Teknis selalu menjadi yang tertinggi. Sedangkan untuk peringkat terendah yaitu kriteria Kebijakan K3 perusahaan pada simulasi $n = 1, 2$, dan 4 dan pada $n = 3$ Pengalaman Perusahaan menjadi peringkat terendah.

Perusahaan Besar menunjukkan Kemampuan Teknis peserta tender adalah yang paling dominan dan paling mempengaruhi untuk pemilihan kontraktor. Kemampuan Teknis sebagai kriteria yang paling sensitif terhadap perubahan.

Adapun penyebab kriteria Kemampuan Keuangan menjadi nilai tertinggi adalah akibat kondisi modal dan jaminan pada perusahaan besar. Penilaian Kemampuan Keuangan untuk Perusahaan Besar cukup rumit. Selain itu, penilaian Kemampuan Teknis juga cukup berpengaruh karena risiko teknis untuk proyek menengah sangat tinggi. Perubahan metode dan teknis pelaksanaan kerap terjadi sehingga perlu proses rekayasa yang melibatkan tim teknis dengan lingkup yang lebih besar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh analisis dan pembahasan diperoleh kesimpulan berikut :

1. Setelah melalui tahapan-tahapan AHP menunjukkan bahwa pemilihan kontraktor pemenang tender berdasarkan performa kontraktor sangat *reliable* dan ideal untuk bisa diterapkan sebagai metode pemilihan kontraktor pada proyek sektor layanan publik. Penilaian pemilihan kontraktor pada proyek sektor layanan publik dapat dilakukan sesuai dengan hasil dari pembobotan kriteria dan sub kriteria yang telah didapatkan;

2. Kriteria pemilihan dengan nilai tertinggi baik pada kelompok perusahaan kecil, menengah ataupun besar yaitu ada pada kriteria Kemampuan Keuangan;
3. Terdapat perbedaan pada perusahaan menengah dan besar, dimana Kemampuan Teknis adalah kriteria yang paling sensitif terhadap perubahan, artinya Kemampuan Teknis merupakan kriteria yang bisa menjadi nilai yang tinggi dibanding Kemampuan Keuangan dalam beberapa kasus proyek.

5. SARAN

Hasil penelitian menggambarkan bahwa terdapat elemen-elemen yang perlu di evaluasi dalam hal pelaksanaan tender pemilihan kontraktor konstruksi. Dalam penelitian ini, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan penerapan dan pelaksanaan prinsip-prinsip dasar tender pemilihan penyedia jasa konstruksi yang efisien, efektif, terbuka, bersaing, transparan, adil/tidak diskriminatif dan akuntabel dinilai belum ideal, maka pelaksanaan dalam rangka evaluasi penawaran perlumelalui tahap pemeriksaan yang lebih aktual;
2. Proyek konstruksi dari anggaran belanja negara yang menggunkan evaluasi sistem gugur, pasca kualifikasi, dan metode harga terendah terdapat banyak temuan dokumen pemilihan seringkali tidak sesuai dengan keperluan dan tujuan utama pengadaan konstruksi tersebut. Dengan demikian, pelaksanaan evaluasi dokumen penawaran harus lebih transparan dan memiliki parameter-parameter yang jelas dan sesuai tujuan;
3. Peninjauan terhadap faktor paling menentukan dalam pemilihan penyedia pemenang tender juga harus dipertimbangkan untuk meninjau evaluasi sistem *scoring*, terutama Kemampuan Keuangan pada perusahaan konstruksi, bukan sekedar administratif belaka yang selama ini terjadi pada metode evaluasi penawaran terendah. Namun demikian, dalam pelaksanaannya perlu kajian khusus yang lebih mendalam terhadap keterbukaan informasi terutama mengenai keuangan yang sulit didapatkan;
4. Pemerintah sebagai pemangku kebijakan diharapkan untuk mengevaluasi kembali penilaian bobot kriteria dan sub kriteria sesuai dengan skala kualifikasi perusahaan;
5. Saran penulis dalam pengambilan tesis berikutnya untuk lebih mendalami dalam fokus membangun sistem aplikasi yang lebih praktis sehingga pada penerapannya bisa lebih efektif, efisien dan terbuka. Penelitian selanjutnya dapatjuga untuk mengembangkan pendalaman analisis sensitifitas pada pendapat ahli yang lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Dr. Mardiaman, S.T., M.T., selaku pembimbing yang telah banyak mencurahkan perhatiannya dalam membimbing sehingga jurnal ini dapat diselesaikan;
2. Dr. Pio Ranap Tua Naibaho, S.T., M.T., selaku Kaprodi Teknik Sipil Universitas Tama Jagaraksa sekaligus para dosen yang telah memberikan ilmunya;
3. Istri tercinta Putri Nur'aisyah yang sudah mendoakan, membantu, dan selalu mendukung agar jurnal ini dapat segera diselesaikan;
4. Untuk teman-teman konsentrasi Manajemen Konstruksi khususnya, dan teman-teman Magister Teknik Sipil yang sudah membantu dalam penyelesaian jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Akmaludin, 2015, *Multi Criteria Analysis Menentukan Point Weight*, Jurnal Pilar Nusa Mandiri Vol. XI, No.1 .
2. Alfian dan Gussyafri, H., 2015, *Penilaian Penawaran Terendah Yang Responsif*, Jurnal Teknik Sipil Volume 13, No. 3, 206-215.
3. Aminullah, E., 2003, *Berpikir Sistem dan Pemodelan Dinamika Sistem*, Makalah Kuliah Umum. Program Pascasarjana, Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.
4. Aminullah, E., dan Yuwono, Y., 2004, *Berpikir Sistemik: Untuk Pembuatan Kebijakan Publik, Bisnis dan Ekonomi*, 1-58.
5. Anagnostopoulos, K., dan Vavatsikos, A., 2006, *An AHP Model for Construction Contractor Prequalification*, Operational Research. 6. 333-346. 10.1007/BF02941261. Operational Research.
6. Bhatt, R. B., dan Zala, M., 2011, *An Approach of Contractor Selection by Analytical Hierarchy Process*. National Conference on Recent Trends in Engineering & Technology, India.
7. Budiastuti, D., dan Bandur, A., 2018, *Validitas dan Reabilitas Penelitian*, Mitra Wacana Media, Jakarta.
8. Chan, A., 2002, *Framework of Success Criteria for Design/Build Project*, Journal Managerial Engineering.
9. Ekabaram, P., Kumaraswamy, M., dan Ng, T., 2003, *Targeting Optimum Value in Public Sector Projects Through "Best Value" Focused Contractor Selection*, Engineering Construction & Architectural Management.
10. Eriyanto, 1998, *Ilmu Sistem: Meningkatkan Mutu dan Efektivitas Manajeme*, IPB, Bogor.
11. Fauzie, A., 2019, <https://radarbojonegoro.jawapos.com/read/2019/07/13/145829/nilai-proyek-turun-miliaran>, from radarbojonegoro.jawapos.com: <https://radarbojonegoro.jawapos.com/read/2019/07/13/145829/nilai-proyek-turun-miliaran>.
12. Gayatri V.S., dan Chetan M.S., 2013, *Comparative Study of Different Multi-Criteria Decision-Making Methods*, College of Engineering Pune, India .
13. Hatush, Z., dan Skitmore, M., 1997, *Criteria for Contractor Selection*, Construction Management and Economics .
14. Hatush, Z., dan Skitmore, M., 1997, *Criteria for Contractor Selection*, Construction Management and Economics .
15. Honggowibowo, A.S., 2010, *Implementasi Metode Analytical Hierarchy Process untuk Pengambilan Keputusan Pemilihan Foto Berdasarkan Tujuan Perolehan Foto*, Jurusan Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto .
16. Ishizaka, A., dan Labib, A., 2009, *Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations*, ORInsight .
17. Kashiwagi, D., Parmar, D., dan Savicky, J., 2004, *Traditional Low-Bid Procurement System Versus Performance Information Procurement System (PIPS) In Construction Industry*, Performance Based Studies Research Group (PBSRG), Arizona State University, PO Box 870204, 708.
18. Khan, T.H., dan Khan, A.Q., 2015, *Effects of Lowest Bidding Bid Awarding System in Public*, Global Journal of Management and Business Research: G Interdisciplinary .
19. Lindberg, N., dan Furusten, S., 2005, *Breaking Laws-Making Deals. Dealing with Confidence. The Construction of Need and Trust in Management Advisory Services*. Copenhagen Business School Press, Copenhagen .

20. Mangitung, D.M., dan Emsley, M., 2002, *Decision Criteria for Periodic Prequalification in the UK Construction Industry*. Construction Building Research Conference (COBRA) .
21. Mardiaman, 2010, *Faktor Penentu Pemilihan Kontraktor*, Teknik Utama .
22. Marimin, 2004, *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*, Grasindo, Bogor.
23. Marshall, R., 2007, *The Contribution of Earned Value Management to Project Success on Contracted Efforts*, Contract Management .
24. Mora, M., 2009, *Analisis Sensitivitas dan Pengaruhnya Terhadap Urutan Prioritas dalam Metode Analisis Hierarchy Process (AHP)*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
25. Morgeson, F., dan Humphrey, S., 2008, *Job and Team Design: Toward a More Integrative Conceptualization of Work Design*. In *Research in Personnel and Human Resources Management*, (pp. 39-91), Emerald Group Publishing Limited.
26. Oo, B., Abdul-Aziz, Abdul Rashid, dan Yoke, M., 2011, *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, Technology; Business; Building & construction; Production .
27. Park, K.S., dan Lim, C.H., 2012, *Whole Life Performance Bid Evaluation in the Korean Public Sector*, Journal of the Korea Institute of Building Construction, Vol. 12, No. 6 .
28. PMI, 2017, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*.
29. Pongpeng, J., dan Liston, J., 2003, *Constructor Ability Criteria: a View From the Thai Construction Industry*, Construction Management & Economics .
30. Rashvand, P., dan Abd Majid, M.Z., 2014, *Critical Criteria on Client and Customer Satisfaction for the Issue of Performance Measurement*. Journal of Management In Engineering © ASCE .
31. Rosnelly, R., dan Wardoyo, R., 2015, *Penerapan Fuzzy Multi Criteria Decision Making (FMCDM) Untuk Diagnosis Penyakit Tropis*, Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF).
32. Santosa, K.A., Santoso, E., dan Wijoyo, S.H., 2018, *Implementasi Metode Analytic Hierarchy Process untuk Penentuan Prioritas Kategori Berita (Studi Kasus: LYT Media)*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer .
33. Saragih, S.H., 2013, *Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) pada Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Laptop*, Pelita Informatika Budi Darma .
34. Singh, A., Joshi, D.K., dan Kumar, S., 2011, *A Novel Construction Method of Intuitionistic Fuzzy Set from Fuzzy Set and Its Application in Multi-Criteria Decision-Making Problem*. Department of Mathematics, Statistics and Computer Science G. B. Pant University of Agriculture and Technology .
35. Sporrang, J., 2011, *Criteria in Consultant Selection: Public Procurement of Architectural and Engineering Services*, Australasian Journal of Construction Economics and Building .
36. *The Effect of Information Feedback in Construction Bidding 2010*
37. Triantaphyllou, E., 2000, *Introduction to Multi-Criteria Decision Making*. In v. 4. *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Applied Optimization, *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Boston: Springer.
38. Trisnawati, L.D., Dharmayanti, A.P., dan Jaya, N.M., 2018, *Analisis Kinerja Proyek Terhadap Kepuasan Stakeholder*, Jurnal Spektran, Vol. 6, No. 2, Hal. 205 – 209 e-ISSN: 2302-2590 .
39. Undang-Undang, N. 2. 2017, Indonesia.
40. Warsame, A., 2013, *Framework for Quality Improvement of Infrastructure Projects*. Journal of Civil Engineering and Architecture. 7. 1529-1539. 10.17265/1934-7359/2013.12.008.
41. Wijaya, W.H., Indryani, R., dan Putri, Y.E., 2010, *Studi Penerapan E – Procurement pada*

Proses Pengadaan DI, ITS Master .

42. Yuwono, Y., dan Aminullah, E., 2004, *Berpikir Sistemik: Untuk Pembuatan Kebijakan Publik, Bisnis, dan Ekonomi, In Berpikir sistemik: untuk pembuatan kebijakan publik, bisnis, dan ekonomi (pp. 1-58)*. Jakarta: PPM.
43. Zimmer, S., Klumpp, M., dan Abidi, H., 2011, *Industry Project Evaluation With the Analytic Hierarchical Process*. Institute for Logistic and Services Management from University of Applied Science Assen .