

Analisa Seleksi Subkontraktor Proyek Fabrikasi Bejana Tekan Menggunakan Pendekatan AHP–Topsis dan *Risk Assessment* pada Industri EPC

Fikri Auliya Pangestu¹, Melia Eka Lestiani², Agus Purnomo³

^{1,2,3}Universitas Logistik dan Bisnis Internasional Bandung

*fikripanges31@gmail.com*¹, *meliaeaka@ulbi.ac.id*², *aguspurnomo@ulbi.ac.id*³

ABSTRACT

PT X is an EPC company in Indonesia operating within a highly complex industry. This study aims to achieve the following primary objectives: to identify the significance level of the criteria used in selecting subcontractors for pressure vessel fabrication and to provide selection recommendations based on an MCDM. This research demonstrates an integrated assessment utilizing the AHP and TOPSIS methods. The AHP evaluation results indicate that quality (0.33) is the most critical criterion, followed by technical aspects (0.26), pricing (0.15), Health, Safety, and Environment / HSE (0.12), delivery (0.06), and inventory (0.06). Based on the TOPSIS evaluation, subcontractor ABC achieved the highest priority weight (0.54), followed by DEF (0.46) and GHJ (0.20). Furthermore, the risk assessment of the criteria shows that three main criteria are classified as high-risk, namely the technical and pricing criteria with a score of 14.60, and the quality criterion with a score of 12.68.

Keywords : *EPC Industry, Pressure Vessel Fabrication, Multi-Criteria Decision Making, Subcontractor Selection, AHP-TOPSIS.*

ABSTRAK

PT X, sebuah perusahaan EPC terintegrasi di Indonesia, industri ini memiliki karakteristik kompleks yang tinggi. Penulisan ini menetapkan target untuk mencapai tujuan-tujuan utama berikut: mengidentifikasi tingkat signifikansi kriteria yang digunakan dalam pemilihan subkontraktor untuk fabrikasi bejana tekan, serta memberikan saran pemilihan yang didasarkan pada strategi pengambilan keputusan yang mempertimbangkan berbagai kriteria. Penelitian ini menunjukkan penilaian terpadu metode AHP dan TOPSIS. Hasil kalkulasi AHP menunjukkan bahwa kriteria kualitas (0.33) merupakan kriteria terpenting, diikuti oleh Aspek Teknis (0.26), Harga (0.15), HSE (0.12), Pengiriman (0.06), dan Persediaan (0.06). Berdasarkan evaluasi TOPSIS, subkontraktor ABC memperoleh bobot prioritas tertinggi (0,54), diikuti oleh DEF (0.46) dan GHJ (0.20). Penilaian risiko atas kriteria utama mendapatkan hasil berupa terdapat tiga kriteria utama yang termasuk kedalam risiko tinggi yaitu *technical* dan *pricing* senilai 14.60 dan *quality* senilai 12,68.

Kata kunci : *EPC Industry, Pressure Vessel Fabrication, MCDM, Subcontractor Selection, AHP-TOPSIS.*

PENDAHULUAN

Perusahaan EPC (*Engineer, Procurement, and Construction*) memiliki karakteristik dengan skala kompleksitas yang tinggi dibandingkan dengan perusahaan konstruksi lainnya (Wibisana et al., 2020). Lingkup pekerjaan dari

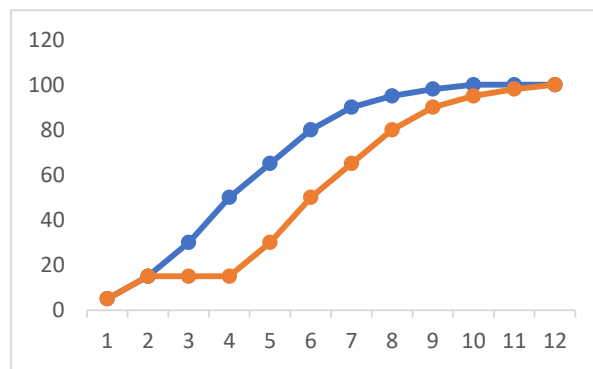
perusahaan EPC ialah fase rekayasa, pengadaan, dan konstruksi yang mana tidak dapat dipisahkan (Jufri et al., 2023). Kompleksitas yang terjadi di perusahaan berbasis EPC menghadapi beberapa tantangan dengan adanya keterbatasan pada sumber daya manusia, bahan baku, biaya, dan peralatan (Jufri et al., 2023). Ketidakpastian dan kompleksitas erat kaitannya dengan dunia proyek, perusahaan berfokus kepada inisiasi proses dari awal hingga akhir dalam fase rekayasa sampai kepada fase konstruksi (Nurprihatin et al., 2022). Sebuah ketidakpastian dan kompleksitas yang ada dalam sebuah project mengharuskan kontraktor melakukan antisipasi terhadap tantangan yang ada dan melakukan perpaduan kontrak, dan mengambil tanggung jawab dari keseluruhan fase selama masa proyek (Pan et al., 2024).

Pertimbangan atas adanya limitas dan risiko (Huang et al., 2024), kontraktor utama memecah proyek skala besar menjadi skala kecil sesuai dengan karakteristik dan ketentuan (Pan et al., 2024). Beberapa pihak terlibat dalam proyek konstruksi skala besar, akan tetapi subkontraktor merupakan hal penting dalam mengerjakan banyak pekerjaan (Demirkesen & Bayhan, 2019). Pada kenyataannya subkontrak digunakan oleh kontraktor utama dalam pekerjaan konstruksi (Tantarto & Hermawan, 2023). Sebuah subkontraktor dapat menyebabkan kegagalan dalam suatu siklus pekerjaan proyek (Adinyira et al., 2020). Keterlambatan yang terjadi dalam penyelesaian pekerjaan proyek memiliki efek terhadap entitas suatu bisnis (Baihaqi & Utomo, 2024). Keluhan yang sifatnya datang dari pihak *owner* memiliki dampak negatif dan mengurangi tingkat kepuasan. Disisi lain, tingkat kepercayaan turun untuk proyek yang akan datang baik dari pemasok, konsultan, dan pihak terlibat (Muhadi & Yudoko, 2021).

Penelitian dari Alekander & Wirjodirdjo (2022) mengindikasikan, dalam proses seleksi subkontraktor, harga merupakan faktor terpenting. Penelitian lainnya menurut Amrullah et al. (2023) menjelaskan bahwasannya dalam menentukan subkontraktor dalam industri galangan kapal, yang mana karakter dari industri tersebut ialah rumit, dimana terdapat banyak subkontraktor yang terlibat. Proses pengambilan keputusan dibuat dengan mengimplementasikan metode Fuzzy AHP, yang berfokus kepada kualitas kerja dan jadwal kerja. Penelitian selanjutnya dari (Putri & Nusraningrum, 2022) menjelaskan bahwa metode AHP dan TOPSIS dapat digunakan dalam menentukan subkontraktor di pekerjaan pembangunan bangunan. Penelitian tersebut melibatkan 22 (dua puluh dua) kriteria, dengan melibatkan manajer proyek dan manajer komersil sebagai pengambil keputusan, dan kualitas merupakan faktor utama dalam menilai subkontraktor. Metode AHP dan manajemen risiko pada penelitian Tantarto & Hermawan (2023) mengemukakan bahwasannya kapabilitas dari sisi teknis merupakan kriteria terpenting dalam melakukan seleksi subkontraktor.

Selama project berlangsung, keterlambatan cukup sering terjadi yang diakibatkan oleh subkontraktor. Keterlambatan terjadi dikarenakan material yang digunakan tidak diterima oleh pihak *owner*. Kondisi ini memaksa adanya

keterlambatan waktu dikarenakan tidak dapat melanjutkan pekerjaan, tambahan biaya karena pembelian ulang material, dan terbuangnya waktu dalam pelaksanaan proyek. Seleksi subkontraktor merupakan proses yang krusial)(Fridkin & Kordova, 2022). Proses seleksi sub-kontraktor yang terstruktur dapat menimalisir adanya keterlambatan dan memastikan pekerjaan berjalan sesuai dengan standar teknis berlaku.



Gambar 1 Progress Fabrikasi V-AAP-003

Berdasarkan gambar menjelaskan bahwasannya terdapat perbedaan tingkatan pencapaian antara nilai rencana dan nilai aktual. Deviasi pada proses fabrikasi ini sangatlah memakan waktu dikarenakan apabila proses sebelumnya belum mendapatkan persetujuan maka tidak dapat dilanjutkan kepada proses selanjutnya. Maka disinilah peran menentukan subkontraktor yang memiliki kapabilitas serta keandalan agar dapat sesuai dengan nilai rencana daripada jadwal proyek.

Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan seleksi subkontraktor menggunakan metode (AHP) dan (TOPSIS), atau menggabungkan keduanya. Walaupun, banyak studi didominasi pada industri proyek bangunan umum, seperti bangunan dan pekerjaan pengembangan sipil. Studi yang ada tersebut memiliki limitas pada karakteristik pada industri EPC (*Engineering, Procurement and Construction*) di sektor minyak gas yang mana memiliki karakteristik kompleksitas dari segi regulasi, teknis, dan risiko.

Penelitian ini kian terasa bahwasannya dalam industri EPC maupun konstruksi menghadapi persoalan yang sama ketika menentukan subkontraktor. Persoalan yang dihadapi boleh tentu sama akan tetapi kriteria penilaian yang digunakan oleh berbagai perusahaan tentu berbeda dengan adanya perbedaan tersebut dari beberapa penulis amat terdapat. Berdasarkan penelitian sebelumnya banyak menggunakan kriteria yang umum seperti harga, kualitas, waktu, dan sebagainya. Pada industri EPC yang lekat akan kompleksitas perlu dipadukan dengan indikator teknis yang dapat memenuhi persyaratan seperti ASME (*American Society of Mechanical Engineering*), API (*American Petroleum Institute*), dan standar

lainnya pada industri teknis, serta performansi dari lingkungan internal perusahaan sebagai basis penilaian.

Lekatnya kompleksitas pada industri konstruksi membuatnya dibayangi dengan risiko (Ashrafi et al., 2025). Risiko memiliki peranan signifikan dalam sebuah fase konstruksi proyek. Risiko memiliki dampak negatif dikarenakan akan mempengaruhi tingkat penyelesaian proyek, biaya berlebih dan keselamatan (El-Sayegh et al., 2021). Identifikasi risiko dan pengelolaan risiko merupakan dua komponen yang saling mengikat dalam sebuah proyek konstruksi (El-Sayegh et al., 2021). Berdasarkan buletin dari lembaga hukum Amerika yang ditulis oleh (Hakim et al., 2026) bahwasannya ketidakpastian atas kondisi geo-politik dunia mempengaruhi hal tersebut, hal ini di konfirmasi langsung bahwasannya rate pengiriman mengalami kenaikan dan keterlambatan yang terjadi. Riset yang dilakukan oleh lembaga tersebut berbicara bahwasannya para pengembang proyek di GCC (*Gulf Cooperation Council*) akan terus melanjutkan operasional dengan bayangan ketidakpastian. Kontraktor utama telah menetapkan beberapa risiko untuk memudahkan memetakan setiap risiko dalam sebuah fase konstruksi.

Berdasarkan uraian fenomena, data pendukung, dan kajian penelitian terdahulu di atas, penelitian ini dapat diposisikan ke dalam *population gap*, yakni kesenjangan yang timbul dikarenakan pada penelitian sebelumnya tidak menambahkan basis kriteria teknis sebagai landasan pada proses seleksi subkontraktor dan disisi lain, penelitian terdahulu belum ada yang membahas terkait dengan seleksi subkontraktor dalam proses pembuatan bejana tekan dalam industri EPC. Kondisi inilah yang menjadi *population gap* utama yang berupaya dijawab oleh penelitian ini, yaitu dengan menambahkan faktor teknis sebagai kriteria pendukung proses pengambilan keputusan subkontraktor. Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada upaya mengonfirmasi bahwasannya kriteria teknis merupakan suatu hal yang krusial dalam proses penentuan subkontraktor.

Novelty penelitian ini terletak pada upaya menghubungkan *population gap* tersebut melalui proses pengambilan keputusan untuk mengetahui faktor apa saja yang menjadi bobot dalam seleksi subkontraktor. Kebaruan ini semakin relevan karena penelitian dilakukan langsung pada konteks industri EPC di Indonesia, sebuah setting yang selama ini jarang menjadi fokus dalam pembahasan sebuah karya ilmiah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini memadukan antara aspek jenis penelitian model kuantitatif dengan memberikan pemahaman lebih lanjut mengenai industri dan serta secara keseluruhan rantai pasokan dalam industri EPC. Selanjutnya, dari sisi kualitatif memberikan sebuah pandangan interaksi dalam dinamika rantai pasok industri EPC, *stake holder* yang memiliki kaitan, dan faktor lainnya yang dapat memberikan dampak bagi sebuah proyek. Hal ini berkesinambungan dengan penelitian dari

Huang et al. (2024) yang menyatakan bahwasannya memadukan ke-dua (2) skema antara metode kualitatif dan metode kuantitatif, hal ini memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap integrasi dari rantai pasok, memberikan metode relevant, dan ruang untuk melakukan perbaikan berkelanjutan.

Penulisan penelitian ini ialah melengkapi metode yang digunakan yaitu, perhitungan AHP digunakan sebagaimana untuk menentukan kriteria utama dalam proses seleksi subkontraktor. Selanjutnya, perhitungan TOPSIS digunakan untuk dapat menentukan alternatif dari subkontraktor yang akan mendapatkan pekerjaan tersebut. *Risk assessment* digunakan sebagai metode penutup guna memberikan perspektif atas Risiko dari kriteria dalam seleksi subkontraktor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan dari penelitian dan diskusi sebelumnya bahwasannya PT. X mengutilisasi metode untuk seleksi subkontraktor. Ketiga kriteria yang keluar sebagai nilai tertinggi dari kriteria dalam proses seleksi subkontraktor ialah *quality* dengan nilai 0.33, aspek *technical* dengan nilai 0.26, dan harga meraih peringkat ke-tiga dengan nilai 0.15. Final kalkulasi tersebut merupakan hasil pengukuran dari nilai AHP. Kesimpulan akhir perhitungan AHP menyatakan bahwasannya faktor *quality* masih menjadi peringkat pertama dalam proses seleksi subkontraktor. Hal tersebut sejalan dengan penelitian dari (Amrullah et al., 2023), (Putri & Nusraningrum, 2022). *Quality* dan faktor *Technical* menjadi faktor penting dalam proses fabrikasi bejana tekan, karena *equipment* tersebut bekerja di industri yang memiliki tingkat risiko tinggi dan hal tersebut diatur dalam buku ASME (*American Society of Mechanical Engineering*) bab VIII bagian div.1. Hal tersebut merupakan bagian dari standar regulasi yang tidak dapat di negosiasi kembali mengingat dengan integritas dari *equipment* tersebut.

Hasil kalulasi yang telah dilakukan untuk alternatif dari subkontraktor yang ada dengan menggunakan metode TOPSIS dan metode AHP. Metode AHP digunakan untuk melakukan pembobotan pada kriteria utama dalam melakukan seleksi dengan hasil sebagaimana berikut, kriteria *delivery* menghasilkan nilai 0,065, kriteria *stock* menghasilkan nilai 0,060, kriteria *pricing* 0,159, kriteria *HSE* bernilai 0,121, kriteria *technical* 0,263, dan terakhir ialah kriteria *quality* dengan nilai 0,332. Selanjutnya, menentukan hasil perhitungan alternatif dengan menggunakan metode TOPSIS didapatkan hasil berikut subkontraktor ABC mendapat nilai 0,54, lalu pada posisi kedua subkontraktor DEF mendapat nilai 0,46, dan untuk posisi ketiga ditempat oleh GHJ dengan skor 0,20. Perhitungan *Risk Assesment* digunakan untuk menilai risiko atas dari seleksi kriteria subkontraktor dengan hasil terdapat tiga (3) kriteria yang bernilai tinggi yaitu kriteria *technical* dan *pricing* bernilai 14.60 dan *quality* memiliki nilai 12,68. Ketiga kriteria lainnya yaitu bernilai risiko *medium* rincian sebagaimana berikut *delivery* 8.49, *stock* 7.08, dan *HSE* 6.75.

Temuan selanjutnya mengenai pengukuran *risk assesment matrix* didapatkan bahwasannya kriteria Pricing, Technical, dan Quality menjadi hal yang

dikategorikan sebagai sebuah risiko dengan tingkat tinggi dari ancaman maupun ketidakpastian. Kriteria teknis menjadi kriteria yang memiliki nilai risiko tinggi apabila alternatif subkontraktor kurang memahami atas interpretasi desain dalam sebuah fase rekayasa. Kegagalan dalam sebuah proyek rekayasa dan konstruksi, dapat memicu adanya pekerjaan ulang yang masif. Selanjutnya, kriteria pricing memiliki potensi risiko kedua setelah sisi teknis yang mana para expert tersebut memiliki pandangan terkait dengan fluktuasi yang terjadi di pasar global. Adanya disrupsi dari aspek ekonomi dapat mempengaruhi sebuah siklus dari rantai pasok (Acemoglu & Tahbaz-Salehi, 2025). Ketiga, faktor *quality* menjadi faktor yang dipertimbangkan dari sisi risiko dikarenakan dengan kualitas materia atau jasa dari fabrikasi yang tidak sesuai dengan standar maka akan mempengaruhi sebuah ketahanan dalam suatu equipment tertentu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil akhir pengolahan data dengan menggunakan AHP, faktor teknis terbukti menjadi salah satu dari tiga faktor kriteria utama dalam seleksi subkontraktor fabrikasi bejana tekan pada industry EPC. Kriteria *Quality* memiliki bobot tertinggi sebesar 0.331, diikuti technical sebesar 0.263, dan pricing sebesar 0.159. Hasil tersebut menunjukkan bahwasannya kemampuan memenuhi standar kualitas dan persyaratan teknis menjadi sebuah pertimbangan yang lebih dominan daripada delivery, stock, dan HSE dalam proses pemilihan subkontraktor.

Pemeringkatan dengan menggunakan metode TOPSIS dengan menggunakan bobot yang diperoleh dari AHP, subkontraktor ABC memperoleh nilai preferensi tertinggi pertama dengan nilai 0.542 dan meningkat peringkat pertama, diikuti DEF dengan nilai 0.468 dan GHJ dengan nilai 0.205. Maka dengan demikian, alternatif subkontraktor ABC direkomendasikan sebagai alternatif subkontraktor utama untuk pekerjaan fabrikasi bejana tekan berdasarkan kombinasi kinerja pada seluruh kriteria utama yang telah dievaluasi.

Selanjutnya, hasil pada perhitungan *risk assessment* menunjukkan bahwa kriteria *technical* dan *pricing* memiliki nilai Risiko yang imbang yaitu 14.60 serta *quality* sebesar 12.68, yang seluruhnya termasuk dalam risiko tingkat tinggi. Indikasi temuan atas hasil perhitungan menunjukkan bahwa walaupun kriteria *quality dan technical* menjadi kriteria prioritas dalam seleksi, akan tetapi perusahaan harus memberikan perhatian lainnya atas Risiko ketidaksesuaian teknis, kualitas, serta ketidakpastian harga dalam proses pengadaan dan fabrikasi bejana tekan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelalim, A. M., Salem, M., Salem, M., Al-Adwani, M., & Tantawy, M. (2025). An Analysis of Factors Contributing to Cost Overruns in the Global Construction Industry. *Buildings*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/buildings15010018>
- Acemoglu, D., & Tahbaz-Salehi, A. (2025). The Macroeconomics of Supply Chain Disruptions. *Review of Economic Studies*, 92(2), 656–695.

<https://doi.org/10.1093/restud/rdae038>

- Adinyira, E., Agyekum, K., Danku, J. C., Addison, P., & Kukah, A. S. (2020). Influence of Subcontractor Risk Management on Quality Performance of Building Construction Projects in Ghana. *Journal of Construction in Developing Countries*, 25(2), 175–197. <https://doi.org/10.21315/jcdc2020.25.2.7>
- Aleksander, R., & Wirjodirdjo, B. (2022). *Evaluation Of Priority Criteria for Selecting Subcontractors in Highway Construction Projects in Nusantara Capital City (Ikn) Project*. 14. <https://doi.org/10.62870/fondasi>
- Alfarisy Totalia, S., Martono, T., Bayu Sangka, K., Swastike, W., & Wahyudi, S. (2021). *The Development of Analytical Hierarchy Process (AHP) Model for Optimization of School Operational Assistance (BOS)*. <https://doi.org/10.33258/birle.v4i4.3265>
- Alhammadi, Y., Al-Mohammad, M. S., & Rahman, R. A. (2024). Modeling the Causes and Mitigation Measures for Cost Overruns in Building Construction: The Case of Higher Education Projects. *Buildings*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/buildings14020487>
- Amrullah, H. N., Khairansyah, M. D., Mudjiono, U., Hamzah, F., & Shah, M. (2023). Sub-Contractor Selection in Shipyard Companies Using Fuzzy-AHP Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1265(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1265/1/012007>
- Anwulika Ogechukwu Scott, Prisca Amajuoyi, & Kudirat Bukola Adeusi. (2024). Advanced risk management models for supply chain finance. *Finance & Accounting Research Journal*, 6(6), 868–876. <https://doi.org/10.51594/farj.v6i6.1183>
- Ashrafi, S. M. Y., Alaloul, W. S., Farooqui, R. U. H., Saqib, M., Ahmed, R. R., & Khan, A. M. (2025). Evaluation and classification of risk from multi-party stakeholders of the construction industry. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. <https://doi.org/10.1080/13467581.2025.2507863>
- Avramova, T., Peneva, T., & Ivanov, A. (2025). Overview of Existing Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Methods Used in Industrial Environments. *Technologies*, 13(10), 444. <https://doi.org/10.3390/technologies13100444>
- Baghalzadeh Shishehgharkhaneh, M., Moehler, R. C., Fang, Y., Aboutorab, H., & Hijazi, A. A. (2024). Construction supply chain risk management. *Automation in Construction*, 162(September 2023), 105396. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105396>
- Baihaqi, I., & Utomo, C. (2024). *Causes of Delay in EPC Projects: The Case of Indonesia*. 14(2).
- Bajomo, M., Ogbeyemi, A., & Zhang, W. (2022). A systems dynamics approach to the management of material procurement for Engineering, Procurement and Construction industry. *International Journal of Production Economics*, 244, 108390. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2021.108390>
- Barros, J., Cortez, P., & Carvalho, M. S. (2021). A systematic literature review about

- dimensioning safety stock under uncertainties and risks in the procurement process. In *Operations Research Perspectives* (Vol. 8). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2021.100192>
- Burkhardt, D., & Bode, C. (2024). On supplier resilience: How supplier performance, disruption frequency, and disruption duration are interrelated. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 30(3). <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2024.100921>
- Çelikkilek, Y., & Tüysüz, F. (2020). An in-depth review of theory of the TOPSIS method: An experimental analysis. *Journal of Management Analytics*, 7(2), 281–300. <https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1748528>
- Chaeron, M., Madyono, G. P., & Soepardi, A. (2023). *Application of AHP and TOPSIS Method: A Case Study in the Indonesian Leather Industry*.
- Chavan, G., Chaudhuri, R., Johnston, W. J., & Garner, B. (2020). Purchasing performance of engineering procurement and construction companies using a fuzzy quality function deployment approach. *Journal of Business and Industrial Marketing*, 36(5), 849–866. <https://doi.org/10.1108/JBIM-04-2019-0166>
- Choudhary, N., Singh, S., Schoenherr, T., & Snsn, Z. (2022). Risk assessment in supply chains: a state-of-the-art review of methodologies and their applications. *Annals of Operations Research*, 322, 565–607. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04700-9>
- Dei, K. A., Candra Dharmayanti, G. A. P., & Jaya, N. M. (2017). *ANALISIS RISIKO DALAM ALIRAN SUPPLY CHAIN PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG DI BALI* (Vol. 5, Number 1). <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jsn/>
- Demirkesen, S., & Bayhan, H. G. (2019). Subcontractor Selection with Choosing-By-Advantages (CBA) Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/2/022020>
- Elmontsri, M. (2014). *Review of the strengths and weaknesses of risk matrices*. www.imperial.ac.uk
- El-Sayegh, S. M., Manjikian, S., Ibrahim, A., Abouelyousr, A., & Jabbour, R. (2021). Risk identification and assessment in sustainable construction projects in the UAE. *International Journal of Construction Management*, 21(4), 327–336. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1536963>
- Fatai, O. B., Ohis, A. C., Liphadzi, M., Stephen, R. M., & Bola, O. S. (2023). ASSESSMENT OF LEAN GUIDED CONSTRUCTION PROJECT MONITORING AND EVALUATION PRACTICES: ISSUES AND CHALLENGES. *Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC*, 31, 1127–1137. <https://doi.org/10.24928/2023/0110>
- Finck, D., & Tillmann, P. (2023). The Macroeconomic Effects of Global Supply Chain Disruptions. In *SSRN Electronic Journal* (Number 14). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4349825>
- Fridkin, S., & Kordova, S. (2022). Examining Criteria for Choosing Subcontractors for

- Complex and Multi-Systems Projects. *Sustainability (Switzerland)*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/su142214988>
- GÜR, B., YAVUZ, Ş., ÇAKIR, A. D., & KÖSE, D. A. (2021). Determination Of Hazards And Risks In A Solar Power Plant Using The Matrix Risk Analysis. *European Journal of Science and Technology*. <https://doi.org/10.31590/ejosat.881614>
- Habibi, M., Kermanshachi, S., & Rouhanizadeh, B. (2019). Identifying and measuring Engineering, Procurement, and Construction (EPC) key performance indicators and management strategies. *Infrastructures*, 4(2). <https://doi.org/10.3390/infrastructures4020014>
- Hakim, I., Rahman, H., & Hunt, E. (2026). *Rising Uncertainty and Shifting Risks: How Market Conditions Are Forcing EPC Reform in the GCC*.
- Hanea, A., Nane, G., Bedford, T., & French, S. (2021). *Expert Judgement in Risk and Decision Analysis*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-46474-5>
- Hariharan, G., & Balamurugan, T. (2024). Supply chain risk identification and assessment by probability and impact matrix. In *Int. J. Services and Operations Management* (Vol. 47, Number 1).
- Haryadi, F. (2021). *FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH DALAM PEMILIHAN SUBKONTRAKTOR DAN PENGARUHNYA TERHADAP WAKTU PELAKSANAAN*. 3. <https://doi.org/10.36418/syntax>
- Hsiao, L. S., Huang, C. J., Liu, H. Te, & Lin, I. L. (2025). An AHP-Based Assessment of the Relative Importance of Risk Factors in Project Management: Designing a Bid Preparation Checklist. *Systems*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/systems13050328>
- Hu, J., Yao, Y., & Gao, Y. (2024). Stability Analysis of EPC Consortium Cooperation Based on Evolutionary Game. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 20(1). <https://doi.org/10.4018/IJSWIS.339001>
- Huang, J., Fu, X., Chen, X., & Wen, X. (2024). Supply Chain Management for the Engineering Procurement and Construction (EPC) Model: A Review and Bibliometric Analysis. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 16, Number 22). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su16229748>
- Jamwal, A., Agrawal, R., Sharma, M., & Kumar, V. (2021). Review on multi-criteria decision analysis in sustainable manufacturing decision making. In *International Journal of Sustainable Engineering* (Vol. 14, Number 3, pp. 202–225). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/19397038.2020.1866708>
- Jufri, F., Ma'arif, S., & Sihite, M. (2023). STRATEGY FOR BUILDING SUSTAINABLE PERFORMANCE OF EPC CONTRACTOR COMPANIES IN INDONESIA. In *Journal of Engineering, Social and Health* (Vol. 2, Number 10). <https://ajesh.ph/index.php/gp>
- Kumar Vishwakarma, P., & Raj Suyambu, M. (2024). *An Analysis of Engineering, Procurement And Construction (EPC)-Contracts Based on Renewable Energy*.

www.ijsart.com

- Liu, S., Wang, L., & Wu, S. (2025). Research on the Value-Added Pathways of Government-Invested EPC Projects Based on DEMATEL-TAISM-MICMAC. *Buildings*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/buildings15173134>
- Mahyuddin, Ritnawati, Rachim, F., Mursalim, E., Pandarangga, A. P., Sidiq, Y. U. R., & Rosytha, A. (2023). *FullBookManajemenProyekKonstruksi*.
- Mai, S. H., & Wang, J. (2017). Research on Quality Risk of EPC Hydropower Projects in Vietnam. *World Journal of Engineering and Technology*, 05(02), 299–308. <https://doi.org/10.4236/wjet.2017.52024>
- Marzouk, M., & Sabbah, M. (2021). AHP-TOPSIS social sustainability approach for selecting supplier in construction supply chain. *Cleaner Environmental Systems*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100034>
- Mohamed, Z., Ismail, M. M., & Abd El-Gawad, A. F. (2023). *Sustainable Supplier Selection using Neutrosophic Multi-1 Criteria Decision Making Methodology*. <https://doi.org/10.61185/SMIJ>
- Moussa, A., & El-Dakhakhni, W. (2022). Managing Interdependence-Induced Systemic Risks in Infrastructure Projects. *Journal of Management in Engineering*, 38(5). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0001071](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0001071)
- Muhadi, M. N., & Yudoko, G. (2021). Root Cause Analysis of Project Delay in BGC-TEG Project. *European Journal of Business and Management Research*, 6(6), 128–132. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2021.6.6.1161>
- Naderi, H., Heydari, M. H., & Parchami Jalal, M. (2023). Risk Analysis in Implementing Building Energy Performance Projects: Hybrid DANP-VIKOR Model Analysis—A Case Study in Iran. *Buildings*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/buildings13082066>
- Naji, K. K., Gunduz, M., & Falamarzi, M. H. (2022). Assessment of Construction Project Contractor Selection Success Factors considering Their Interconnections. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 26(9), 3677–3690. <https://doi.org/10.1007/s12205-022-1377-6>
- Nur Sholeh, M., & Fauziyah, S. (2018). Current state mapping of the supply chain in engineering procurement construction (EPC) project: A case study. *MATEC Web of Conferences*, 195. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819506015>
- Nurdiana, A., & Susanti, R. (2020). Assessing Risk on the Engineering Procurement Construction (EPC) Project from the Perspective of the Owner: A Case Study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/506/1/012040>
- Nurprihatin, F., Antonius, R., Rembulan, G. D., Djajasoepena, R., & Sulisty, E. (2023). ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS AND TOPSIS APPROACH TO PERFORM SUPPLIER SELECTION IN CONSTRUCTION INDUSTRY. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 15(2). <https://doi.org/10.30813/jiems.v15i2.4124>

- Ogunde, A. O., Dafe, O. E., Akinola, G. A., Ogundipe, K. E., Oloke, O. C., Ademola, S. A., Akuete, E., & Olaniran, H. F. (2017). Factors Militating Against Prompt Delivery of Construction Projects in Lagos Megacity, Nigeria: Contractors' Perspective. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 8(3), 233–242. <https://doi.org/10.5901/mjss.2017.v8n3p233>
- Ogundipe, K. E., Ogunbayo, B. F., & Aigbavboa, C. O. (2024). *Issues and Challenges Affecting Supply Chain in Project Delivery: Construction Professional Perspectives*. 64. <https://doi.org/10.3390/engproc2024076064>
- Otto, A. S., Szymanski, D. M., & Varadarajan, R. (2020). Customer satisfaction and firm performance: insights from over a quarter century of empirical research. In *Journal of the Academy of Marketing Science* (Vol. 48, Number 3, pp. 543–564). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11747-019-00657-7>
- Pan, P., Jin, A., Mahmoudi, A., Li, X., & Wang, Y. (2024). A Matching Model for Construction Subcontractor Selection in Engineering Bid Decisions Using Ordinal Priority Approach. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 23(4), 1393–1406. <https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2270009>
- Park, C., Son, M., Kim, J., Kim, B., Ahn, Y., & Kwon, N. (2025). TOPSIS and AHP-Based Multi-Criteria Decision-Making Approach for Evaluating Redevelopment in Old Residential Projects. *Sustainability (Switzerland)*, 17(15). <https://doi.org/10.3390/su17157072>
- Praba, A., Pinem, R., Hendrawan, A., & Wakhidah, N. (2024). *Comparative Analysis Of Multi-Criteria Decision-Making Methods (MCDM) In Priorities Of Industrial Location Development*. 16(4), 793–818. <https://doi.org/10.20895/INFOTEL.V16I3.1099>
- Prommachan, W., Surin, P., Srinoi, P., & Pipathattakul, M. (2024). Selection Criteria for Evaluating Predictive Maintenance Techniques for Rotating Machinery using the Analytic Hierarchical Process (AHP). *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 14(1), 13058–13065. <https://doi.org/10.48084/etasr.6816>
- Putri, C. G., & Nusraningrum, D. (2022). Subcontractors Selection of Building Construction Project Using Analytical Hierarchy Process (AHP) and Technique for Others Reference by Similarity (TOPSIS) Methods. *Jurnal Manajemen Teori Dan Terapan / Journal of Theory and Applied Management*, 15(2), 261–273. <https://doi.org/10.20473/jmtt.v15i2.35915>
- Radivojević, G., Mitrović, M., & Popović, D. (2022). *OVERVIEW OF CRITERIA AND METHODS OF MACHINE LEARNING FOR SUPPLIER SELECTION*.
- Rohadi, S., Karya, P. A., Hartono, W., Handayani, D., & Putranto, A. D. (2025). REVIEW OF SUBCONTRACTOR SELECTION CRITERIA IN CONSTRUCTION SERVICES USING ANALYTIC NETWORK PROCESS (ANP)-BENEFIT COST RISK (BCR). In *Indonesian Interdisciplinary Journal of Sharia Economics (IIJSE)* (Vol. 8, Number 1).
- Sá, S., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Santos, G. (2022). The

- importance of subcontracting and its relationship with Lean philosophy in automotive industry. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 13(3), 186–193. <https://doi.org/10.24867/IJIEEM-2022-3-311>
- Safavi, A., Sadeghi Bigham, B., & Zahedi-Seresht, M. (2025). Supplier Selection Utilizing AHP and TOPSIS in a Fuzzy Environment Based on KPIs. *Contemporary Mathematics (Singapore)*, 6(1), 574–593. <https://doi.org/10.37256/cm.6120256152>
- Sahab, S., & Oulfarsi, S. (2024). Trends and Insights in Supply Chain Risk Management: A Comprehensive Review of Literature. *OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*, 17(4), 402–416.
- Sahab, S., & Oulfarsi, S. (2026). The Role of Supply Chain Risk Management in Shaping Supply Chain Resilience and Robustness: Empirical Evidence from Moroccan Manufacturing Firms. *Logistics*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/logistics10020039>
- Sahoo, S. K., & Goswami, S. S. (2023). A Comprehensive Review of Multiple Criteria Decision-Making (MCDM) Methods: Advancements, Applications, and Future Directions. *Decision Making Advances*, 1(1), 25–48. <https://doi.org/10.31181/dma1120237>
- Sahputra, A. A., & Irawan, M. D. (2025). Penerapan Metode WP dan TOPSIS untuk Menentukan Unit Villa Sewa maupun Beli Berdasarkan Preferensi Pelanggan. *JURNAL AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 10(3), 309. <https://doi.org/10.36722/sst.v10i3.4851>
- Sari, E. M., Irawan, A. P., Wibowo, M. A., Siregar, J. P., Tamin, R. Z., Praja, A. K. A., & Dewi, M. P. (2023). Challenge and Awareness for Implemented Integrated Project Delivery (IPD) in Indonesian Projects. *Buildings*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/buildings13010262>
- Shafiee, M., Zare-Mehrjerdi, Y., Govindan, K., & Dastgoshade, S. (2022). A causality analysis of risks to perishable product supply chain networks during the COVID-19 outbreak era: An extended DEMATEL method under Pythagorean fuzzy environment. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102759>
- Singh, J. (2025). Risk Assessment and Mitigation in Construction Building Projects. In *Journal of Construction and Building Materials Engineering* (Vol. 11).
- Song, M., Ma, X., Zhao, X., & Zhang, L. (2022). How to enhance supply chain resilience: a logistics approach. *The International Journal of Logistics Management*, 33(4), 1408–1436. <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2021-0211>
- Sotoudeh-Anvari, A. (2022). The applications of MCDM methods in COVID-19 pandemic: A state of the art review. In *Applied Soft Computing* (Vol. 126). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109238>
- Stević, Ž., Tanackov, I., Vasiljević, M., Novarlić, B., & Stojić, G. (2016). An integrated fuzzy AHP and TOPSIS model for supplier evaluation. *Serbian Journal of Management*, 11(1), 15–27. <https://doi.org/10.5937/sjm11-10452>

- Studer, W. P., & De Brito Mello, L. C. B. (2021). Core elements underlying supply chain management in the construction industry: A systematic literature review. In *Buildings* (Vol. 11, Number 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/buildings11120569>
- Sujoko, A., Pengelola Barang, F., Fakultas, J., & Undip, H. (2019). Permasalahan Subkontrak Pada Pekerjaan Konstruksi di Pemerintah. In *Administrative Law & Governance Journal* (Vol. 2, Number 3). <https://id.wiktionary.org/wiki/subkontraktor>,
- Suyambu, M., Kumar Vishwakarma, P., & Raj Suyambu, M. (2024). *An Analysis of Engineering, Procurement And Construction (EPC)-Contracts Based on Renewable Energy*. 10(10). www.ijsart.com
- Taherdoost, H., & Madanchian, M. (2023). Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts. *Encyclopedia*, 3(1), 77–87. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>
- Tantarto, T., & Hermawan, P. (2023). Proposed Improvement of Subcontractor Selection Process at PT Bangun Beton. *European Journal of Business and Management Research*, 8(4), 146–153. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2023.8.4.2055>
- Tirkolae, E. B., & Aydin, N. S. (2022). Integrated design of sustainable supply chain and transportation network using a fuzzy bi-level decision support system for perishable products. *Expert Systems with Applications*, 195, 116628. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2022.116628>
- Triantaphyllou, E., & Yanase, J. (2024). The use of pairwise comparisons for decision making may lead to grossly inaccurate results. *Computers & Industrial Engineering*, 198, 110653. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2024.110653>
- Utama, A. D., & Ikhwan, A. (2025). Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan AHP-TOPSIS Untuk Alokasi Sumber Daya Penanganan Multi-Bencana BPBD. *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE)*, 7(2), 134–149. <https://doi.org/10.20895/jtece.v7i2.1873>
- Vaezi, A., Jones, S., & Asgary, A. (2023). Integrating Resilience into Risk Matrices: A Practical Approach to Risk Assessment with Empirical Analysis. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 13(4), 252–272. <https://doi.org/10.54560/jracr.v13i4.411>
- Villacreses, G., Martínez-Gómez, J., Jijón, D., & Cordovez, M. (2022). Geolocation of photovoltaic farms using Geographic Information Systems (GIS) with Multiple-criteria decision-making (MCDM) methods: Case of the Ecuadorian energy regulation. *Energy Reports*, 8, 3526–3548. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.02.152>
- Wang, J., Luo, L., Sa, R., Zhou, W., & Yu, Z. (2023). A Quantitative Analysis of Decision-Making Risk Factors for Mega Infrastructure Projects in China. *Sustainability (Switzerland)*, 15(21). <https://doi.org/10.3390/su152115301>
- Wang, Y., Wang, Q., & Wang, P. (2024). *Research on Supplier Selection for EPC Projects*

- Based on G1 Empowerment Approach* (pp. 258–266).
https://doi.org/10.2991/978-94-6463-447-1_29
- Warcono Adi, T., & Nurma Heitasari, D. (2023). Selecting Supplier with Analytical Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS): A Case Study at PT. Perta Daya Gas Semarang. In *The Eastasouth Management and Business* (Vol. 01, Number 02).
- Wicaksono, M., Fathimahhayati, L. D., & Sukmono, Y. (2020). Pengambilan Keputusan Dalam Pemilihan Supplier Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique For Others Reference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). *Jurnal Tekno*, 17(2), 1–17.
<https://doi.org/10.33557/jtekno.v17i2.1078>
- Widjaja, S. A., & Darmawan, B. (2022). *Importance of Supplier Quality and Supplier Relationship Quality in Supply Chain*. <https://ivypanda.com/essays/buyer-supplier-relationship/>
- Xiao, C., Petkova, B., Molleman, E., & van der Vaart, T. (2019). Technology uncertainty in supply chains and supplier involvement: the role of resource dependence. *Supply Chain Management*, 24(6), 697–709. <https://doi.org/10.1108/SCM-10-2017-0334>
- Yuneta, T. O., Aprian, F. N., & Sinaga, S. (2024). Analisis Analisis Prioritas Pemilihan Supplier Pembelian Bahan Baku Menggunakan Metode TOPSIS Pada UD. XYZ. *Jurnal TRINISTIK: Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, Dan Teknik Logistik*, 3(1), 32–38. <https://doi.org/10.20895/trinistik.v3i1.1409>
- Zhao, N., Ying, F. J., & Tookey, J. (2022). Construction Procurement Selection Criteria: A Review and Research Agenda. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Number 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su142215242>
- Zhong, Q., Tang, H., & Chen, C. (2022). A Framework for Selecting Construction Project Delivery Method Using Design Structure Matrix. *Buildings*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/buildings12040443>