

Pemilihan Teknologi Baru Menuju Industri 4.0 Pada Perusahaan Manufaktur Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)

New Technology Selection Towards Industry 4.0 Of A Manufacturing Company Using Analytical Hierarchy Process (AHP)

Ahmad Solihin¹, Bernadette Joy Banawa Belmoro² Anak Agung Ngurah Perwira Redi³

¹Master of Industrial Engineering, BINUS University, Jakarta 11530, Indonesia

²Master of Industrial Engineering, Mapua University, Manila, 1002, Philippines

³Industrial Engineering, Sampoerna University, Jakarta 11530, Indonesia

^aKorespondensi : Ahmad Solihin, Email: Ahmad.solihin@binus.ac.id

Diterima: 04 – 10 – 2022, Disetujui: 31 – 10 – 2022

ABSTRACT

Industry 4.0 (I4.0) encourages SMEs to be more innovative to remain competitive. Adopting new technology as part of Industry 4.0 provides opportunities to businesses regardless of size. SMEs face several challenges in adopting I4.0, one of which is the slow decision-making process to introduce advanced technology into the business. To help the company in coming up with a decision on which technology it should invest in, AHP will be utilized. Three criteria, profitability, employee support, and relevance, will be considered in this research, and 3 technologies will be presented to the company's main decision-makers. Through the Super Decisions software, each criterion was assigned with different weight by conducting an interview with the decision maker. The results show that automatic welding is an option that companies need to consider, and this study concludes that objective decisions through mathematical calculations can help companies adopt Industry 4.0.

Keywords: Industry 4.0, SME, AHP, Technology selection

ABSTRAK

Era Industri 4.0 (I4.0) mendorong UKM agar lebih inovatif agar tetap kompetitif dalam bisnis. Adopsi teknologi baru sebagai bagian dari I4.0 memberikan peluang bagi bisnis terlepas dari skala dan ukurannya. UKM menghadapi beberapa tantangan dalam mengadopsi I4.0 salah satunya yaitu lambatnya proses pengambilan keputusan untuk memperkenalkan teknologi canggih ke dalam bisnis. Untuk membantu bisnis dalam menghasilkan keputusan tentang teknologi mana yang harus diinvestasikan, AHP digunakan dalam penelitian ini. Tiga kriteria yaitu profitabilitas, dukungan karyawan dan relevansi menjadi pertimbangan penelitian dan 3 teknologi dipresentasikan kepada pembuat keputusan utama perusahaan. Melalui perangkat lunak Super Decisions, setiap kriteria diberikan dengan bobot yang berbeda dengan cara melakukan wawancara dengan pembuat keputusan. Hasil penelitian menunjukkan pengelasan otomatis menjadi pilihan yang perlu dipertimbangkan perusahaan dan kesimpulan dari penelitian ini adalah keputusan objektif melalui perhitungan matematis dapat membantu perusahaan dalam mengadopsi Industri 4.0.

Kata kunci: Industri 4.0, UKM, AHP, Pemilihan teknologi

PENDAHULUAN

Dunia bisnis telah mengalami transformasi yang luar biasa sejak revolusi industri pertama. Dari hanya mengandalkan air dan uap hingga proses otomatisasi, Industri 4.0 (I4.0) telah mengubah mesin normal menjadi mesin cerdas untuk meningkatkan cara menjalankan bisnis (Vaidya *et al.*, 2018) Masuk akal alasan mengapa I4.0 diluncurkan pada tahun 2011 adalah untuk perbaikan cara melakukan sesuatu dalam memproduksi dan membuat sesuatu, (Satyro, 2022). Implementasi Industri I4.0 dapat membawa manfaat dalam proses produksi, seperti contoh kustomisasi massal dan fleksibilitas, sehingga dapat menghasilkan produk yang bersifat individual dengan waktu tunggu ke konsumen yang lebih cepat, (Asif, 2020). Selanjutnya, manfaat I4.0 tidak hanya terkonsentrasi di industri manufaktur. Misalnya, di I4.0, bisnis rantai pasokan dapat sepenuhnya mendigitalkan teknologinya dan perusahaan farmasi dapat menggunakan obat yang dipersonalisasi yang mengintegrasikan resep dan alokasi obat untuk pasien (Schonsleben, *et al.*, 2017). Contoh lain dari teknologi I4.0 adalah solusi cloud, manufaktur aditif, robotika, pabrik pintar, dan Internet of things (IoT). Teknologi ini telah terbukti memberikan keuntungan bagi bisnis di industri yang berbeda terlepas dari ukurannya, yang artinya UKM juga memiliki peluang untuk tetap kompetitif dan inovatif melalui I4.0 (Elhusseiny & Crispim, 2022).

Dalam persaingan bisnis yang semakin ketat dan inovasi bisnis yang semakin maju, sebaliknya UKM menghadapi tantangan dalam mengadopsi I4.0 yang memperlambat proses pengambilan keputusan untuk memperkenalkan teknologi canggih ke bisnis. Beberapa kendala yang membatasi UKM dalam proses adopsi mereka adalah anggaran, pengetahuan yang terbatas dari pengambil keputusan utama, dan penelitian yang tidak memadai tentang pengembalian modal dalam teknologi I4.0 (Ricci *et al.*, 2021). Dalam sebuah penelitian di Kazakhstan, terlepas dari kenyataan bahwa dukungan pemerintah hadir dalam bentuk insentif keuangan untuk menarik bisnis agar memulai proses digitalisasi mereka, sumber daya yang terbatas dari orang-orang yang kompeten dengan pengetahuan mendalam tentang I4.0 adalah beberapa alasan mengapa UKM merasa ragu untuk memanfaatkan teknologi I4.0 (Turkyilmaz *et al.*, 2021). Selain itu, karena beberapa UKM tidak memiliki tim Penelitian dan Pengembangan (R&D), mereka mungkin menghadapi kesulitan dalam memutuskan teknologi mana yang harus mereka investasikan. Dengan demikian, penulis makalah ini akan bertujuan untuk membantu pengambil keputusan UKM manufaktur dalam mengambil keputusan yang tepat dalam memilih teknologi yang paling sesuai dengan minat mereka.

Makalah ini menggunakan proses hirarki analitis (AHP) untuk mempertimbangkan kriteria yang berbeda berdasarkan prioritas bisnis. Pilihan teknologi yang berbeda yang mungkin dipertimbangkan oleh bisnis akan dibahas di bagian selanjutnya dari makalah ini. Selain itu, keterbatasan makalah ini adalah asumsi bahwa UKM hanya dapat berinvestasi dalam satu teknologi pada satu waktu dan oleh karena itu, alat pengambilan keputusan akan sangat membantu dalam menentukan teknologi yang tepat untuk perusahaan.

Penelitian sebelumnya telah memanfaatkan AHP sebagai metode dalam berbagai tujuan seperti pemilihan material, penilaian teknologi, dan analisis transformasi. Meskipun beberapa studi menggabungkan AHP dengan alat lain seperti TOPSIS, menggunakan AHP saja seperti penelitian ini masih membenarkan efektivitas dalam pengambilan keputusan.

Meskipun terbatas studi tentang UKM di mana alat pengambilan keputusan seperti AHP digunakan, Tabel 1 menunjukkan karya ilmiah telah menggunakan AHP untuk tujuan studi mereka dari berbagai jenis industri. Misalnya, dalam studi Rajput *et al.*, Kumar, *et al.*, Kilic, *et al.*, dan Mojaver, *et al.*, untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu pemilihan bahan terbaik, mereka mengidentifikasi kriteria yang berbeda dan bobot yang diberikan secara objektif melalui teknik pengumpulan data tertentu, (Rajput, *et al.*, 2021) (Kumar, *et al.*, 2021) (Kilic & Abdulvahitoglu, 2021) (Mojaver, *et al.*, 2022). Selain pemilihan bahan, pemilihan teknologi yang tujuannya sama dengan makalah ini, seperti penelitian Dogan, *et al.*, Wang, *et al.*, dan

Tang, *et al.*, menggunakan AHP sebagai metode dalam mencapai tujuan mereka (Dogan, 2021) (Wang *et al.*, 2019) (Tang *et al.*, 2014). Selanjutnya, studi ini bervariasi pada seberapa luas kriteria tersebut. Beberapa penelitian memiliki jumlah kriteria yang terbatas, sementara yang lain memiliki sebanyak 15 kriteria yang dikelompokkan dalam aspek yang berbeda.

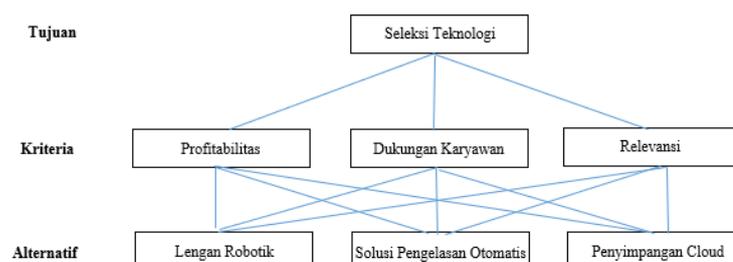
Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Sumber	Tujuan Penelitian	Ruang Lingkup Penerapan	Metode
Buyukozkan, dkk., 2021	Analisis strategi transformasi digital	Industri penerbangan	Fuzzy AHP and fuzzy MARCOS
Rajput, dkk., 2021	Pemilihan material	Teknik Mesin	AHP-TOPSIS
James, dkk., 2021	Pemilihan sasis bus	Industri transportasi	AHP-TOPSIS
Kumar, dkk., 2021	Pemilihan Material	Pemindahan Panas	AHP-TOPSIS
Kilic, dkk., 2021	Pemilihan Material	Industri minyak dan gas	AHP-TOPSIS
Nejad, dkk., 2021	Penilaian manajemen teknologi	Industri Perbankan	AHP
Dogan, 2021	Pemilihan teknologi	Industri Pertambangan	Fuzzy AHP
Wang, dkk., 2019	Pemilihan teknologi	Industri pertanian	Fuzzy AHP-VIKOR
Mojaver, dkk., 2021	Pemilihan bahan	Pengelolaan sampah plastik	AHP-TOPSIS
Tang, dkk., 2014	Pemilihan teknologi	Industri fotovoltaik silikon	AHP dan Delphi method
Ghobakhloo & Iranmanesh, 2021	Transformasi Bisnis	UKM Manufaktur	Pemodelan struktural interpretatif

Kontribusi Penelitian

Studi ini akan mencoba membantu perusahaan manufaktur dalam proses pengambilan keputusan mereka tentang teknologi mana yang harus diinvestasikan. Sebagai perusahaan UKM, salah satu tantangan selain keterbatasan anggaran adalah tidak adanya tim R&D yang dapat memberikan kajian mendalam tentang teknologi tersebut.

Teknologi yang akan dihadirkan kepada direktur perusahaan adalah lengan robotik, pengelasan otomatis, dan penyimpanan cloud. Menurut QAT Global (QAT Global, 2022), ditunjukkan pada Gambar 1 beberapa faktor yang harus dipertimbangkan perusahaan ketika berinvestasi dalam teknologi baru adalah profitabilitas, dukungan karyawan, dan relevansi.



Gambar 1. AHP Model

Tampak pada Gambar 1 faktor-faktor yang akan dijadikan kriteria dalam perumusan AHP. Selain itu, model akan menggunakan perangkat lunak Super Decisions untuk menghitung

opsi terbaik di antara semua alternatif dan dengan mempertimbangkan kriteria yang diberikan.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan melakukan wawancara dengan 2 direktur perusahaan, karena direktur adalah orang yang bertindak sebagai pengambil keputusan perusahaan. Tiga (3) teknologi baru yang dapat diinvestasikan oleh perusahaan dipresentasikan kepada direktur perusahaan.

Pemilihan Kriteria

Teknologi pertama adalah lengan robotik yang dapat dipasang di lingkungan manufaktur untuk pekerjaan yang berulang seperti perakitan, pengujian, permesinan, dan bahkan pengemasan produk jadi (Daniyan *et al.*, 2020). Bagi perusahaan subjek, lengan robot ini dapat berguna dalam pemeriksaan akhir seperti kesesuaian dimensi dan uji penerimaan pabrik terhadap produk. Proses ini merupakan bagian penting dari fabrikasi; oleh karena itu, diperlukan ketelitian. Selain itu, proses ini dianggap membosankan dan memakan banyak waktu para insinyur proyek. Dengan demikian, menyebarkan lengan robot akan memungkinkan para insinyur proyek untuk melakukan tugas-tugas penting lainnya seperti persiapan proposal dan perencanaan proyek.

Teknologi kedua yang dipresentasikan kepada direktur perusahaan adalah solusi pengelasan otomatis. Karena pekerjaan produksi utama perusahaan adalah pengelasan, maka penting untuk mempertimbangkan mengotomatisasi proses pengelasan untuk memastikan kualitas, produktivitas, integritas las dan untuk mengurangi biaya dalam manufaktur (Gyasi, 2019). Selain itu, terbukti dengan adanya pandemic, sangat mengandalkan tenaga kerja adalah langkah yang berisiko bagi bisnis. Dengan demikian, mengotomatisasi pekerjaan produksi utama perusahaan akan memastikan kelangsungan bisnis bahkan di saat krisis kesehatan.

Terakhir, solusi penyimpanan cloud untuk penyimpanan data adalah bagian dari opsi teknologi baru yang dapat dipertimbangkan oleh perusahaan. Solusi ini dapat sangat membantu perusahaan karena sebagian besar klien dan pengguna akhir proyek lebih suka bahwa dokumen terkait proyek disimpan dan dikomunikasikan secara virtual. Karena setiap proyek memerlukan laporan yang terkadang dalam ukuran file yang besar, akan sulit bagi perusahaan untuk mengirimkan data ini ke klien. Oleh karena itu, solusi ini menjadi peningkatan dari cara perusahaan saat ini terkait dengan penanganan data.

Adapun kriterianya, model AHP ini mempertimbangkan profitabilitas, dukungan karyawan, dan relevansi teknologi dengan bisnis. Karena berinvestasi ke salah satu teknologi ini memerlukan uang, penting untuk mempertimbangkan pengembalian investasi (ROI) dari setiap teknologi dalam proses pengambilan keputusan. Selain itu, dukungan karyawan terhadap teknologi baru juga harus dipertimbangkan. Dukungan ini bentuknya adalah betapa mudah bagi karyawan untuk mengadopsi setiap teknologi. Terakhir, relevansi setiap teknologi dengan bisnis juga merupakan faktor terpenting dalam proses pengambilan keputusan. Teknologi baru harus menjadi investasi yang berharga bagi perusahaan karena akan menambah nilai pada proses saat ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui software Super Decisions, masing-masing kriteria diberi bobot yang berbeda dengan cara melakukan wawancara dengan pengambil keputusan. Matriks perbandingan berpasangan berupa kuesioner pada Super Decisions telah dibuat dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.

Inconsistency: 0.00885		
1Profitab~		0.58763
2Employee~		0.08898
3Relevance		0.32339

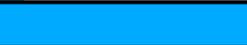
Gambar 2. Bobot Kriteria

Gambar 2 menunjukkan bobot masing-masing kriteria seperti profitabilitas sebesar 58,763%, dukungan karyawan sebesar 8,898% dan relevansi teknologi dengan bisnis sebesar 32,339%. Rasio konsistensi juga dihitung yaitu 0,008. Agar bobot dianggap reliabel, rasio konsistensi harus $> 0,10$ dan dalam hal ini inconsistency hanya 0,008 yang berarti bobot dapat dipercaya dan tidak acak. Proses yang sama dilakukan untuk setiap alternatif dengan menggunakan setiap kriteria sebagai dasar, ditunjukkan pada Gambar 3.

Inconsistency: 0.05156		
1Robotich~		0.13111
2Automate~		0.66076
3CloudSto~		0.20813

Gambar 3. Profitabilitas setiap alternatif

Gambar 3 menunjukkan seberapa menguntungkan setiap teknologi berdasarkan permintaan bisnis. Berdasarkan hasil matriks perbandingan berpasangan, lengan robotik memiliki bobot 13,111%, solusi pengelasan otomatis memiliki bobot 66,076% dan solusi cloud untuk penyimpanan memiliki bobot 20,813%. Rasio konsistensi hanya 0,05 yang berarti data tersebut reliabel. Untuk dukungan karyawan dan kemudahan mengadopsi teknologi yang diusulkan, ditunjukkan pada Gambar 4.

Inconsistency: 0.06239		
1Robotich~		0.18839
2Automate~		0.08096
3CloudSto~		0.73064

Gambar 4. Dukungan karyawan untuk setiap alternatif

Gambar 4 menunjukkan bahwa solusi pengelasan otomatis memiliki bobot terendah pada 8,096% yang berarti bahwa dalam sudut pandang pengambil keputusan, karyawan atau pemilik proses akan merasa sulit untuk mengadopsi teknologi baru ini. Solusi pengelasan otomatis diikuti oleh lengan robot sebesar 18,839% dan teknologi yang kemungkinan mendapatkan dukungan karyawan karena kemudahan implementasinya adalah solusi cloud yang memiliki bobot 73,064%. Selanjutnya, rasio konsistensi matriks perbandingan berpasangan ini adalah sebesar 0,062.

Terakhir, Gambar 5 menunjukkan betapa berguna dan relevannya teknologi yang diusulkan bagi bisnis.

Inconsistency: 0.03703		
1Robotich~		0.10473
2Automate~		0.63699
3CloudSto~		0.25828

Gambar 5. Relevansi teknologi yang diusulkan untuk bisnis.

Karena pengelasan adalah pekerjaan fabrikasi utama perusahaan, sudah sepantasnya solusi pengelasan otomatis diberi bobot tertinggi sebesar 63,699%. Disusul dengan solusi

cloud untuk penyimpanan data sebesar 25,828%, dan lengan robot dengan bobot 10,473%. Rasio konsistensi matriks perbandingan berpasangan ini adalah 0,037.

Gambar 6 menunjukkan bahwa teknologi Automated Welding Machine atau Solusi pengelasan otomatis memiliki nilai paling tinggi yaitu masing-masing 1,000000, 0,601480 dan 0,300740 yang artinya seharusnya paling dipertimbangkan perusahaan untuk berinvestasi. AHP pada keputusan ini setelah mempertimbangkan prioritas perusahaan yang diukur dalam kriteria yang telah diberikan.

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
1RoboticHand		0.212272	0.127677	0.063839
2AutomatedWeldingSolution		1.000000	0.601480	0.300740
3CloudStorage		0.450293	0.270842	0.135421

Gambar 6. Hasil AHP

Hasil AHP pada Automated Welding Machine atau Solusi pengelasan otomatis adalah paling tinggi dengan masing-masing 1,000000, 0,601480 dan 0,300740 menunjukkan betapa pentingnya bagi bisnis untuk memfokuskan perbaikan dan peningkatan ke proses produksi utama mereka yaitu pengelasan. Pengambil keputusan perusahaan melihat bahwa berinvestasi dalam teknologi tersebut akan meningkatkan keuntungan perusahaan dan akan menambah nilai lebih untuk proses mereka saat ini seperti yang ditunjukkan pada hasil matriks perbandingan berpasangan pada Gambar 3 dan Gambar 5. Lebih jauh lagi, merupakan tantangan bagi bisnis untuk menerapkan solusi ini ke proses produksinya karena solusi pengelasan otomatis memiliki bobot terendah dalam dukungan karyawan. Namun, ini tidak boleh menjadi alasan untuk tidak mengejar investasi ini karena sebagian besar penyedia solusi memberikan banyak bantuan kepada investor melalui pelatihan produk dan pelayanan purna jual.

KESIMPULAN

Kemampuan setiap bisnis untuk meningkatkan proses bisnisnya diperlukan agar tetap kompetitif dan relevan dengan zamanya. Terlepas dari ukuran perusahaan itu sendiri, menggunakan teknologi baru adalah hal yang cukup penting karena hal ini merupakan arahan semua orang di dunia bisnis. Namun, seperti upaya bisnis penting lainnya, menggunakan metode perhitungan matematis seperti AHP untuk menghasilkan keputusan seperti pengambilan keputusan berinvestasi dalam teknologi baru harus dilakukan agar bisnis menyelaraskan keputusan mereka dengan apa yang benar-benar mereka anggap sebagai prioritas dalam bisnis. Dengan demikian, pengambilan keputusan diyakini bahwa hasilnya adalah objektif dan bebas dari bias.

Untuk penelitian masa depan, disarankan untuk menggunakan alat pengambilan keputusan yang sama dalam bisnis dengan ukuran yang lebih besar dan dengan lebih banyak pengambil keputusan. Penelitian masa depan ini akan menandakan bahwa AHP juga berlaku untuk bisnis dengan struktur yang lebih kompleks daripada UKM. Selain itu, menggabungkan AHP dengan alat pengambilan keputusan lainnya juga dapat dianggap sebagai perbaikan dari penelitian saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asif, M. (2020). Are QM models aligned with Industry 4.0? A perspective on current practices. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120820.
- Daniyan, I., Mpofu, K., Ramatsetse, B., & Adeodu, A. (2020). Design and simulation of a robotic arm for manufacturing operations in the railcar industry. 30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2020) (67-72). *Athens: Procedia Manufacturing*

- Dogan, O. (2021). Process mining technology selection with spherical fuzzy AHP and sensitivity analysis. *Expert Systems with Applications*.
- Elhusseiny, H. M., & Crispim, J. (2022). SMEs, Barriers and Opportunities on adopting Industry 4.0: A Review. *Procedia Computer Science* (864-871). CENTERIS - International Conference on ENTERprise Information Systems.
- Ghobakhloo, M., & Iranmanesh, M. (2021). Digital transformation success under Industry 4.0: A strategic guideline for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(8), 1533-1556.
- Gyasi, E. A., Kah, P., Penttila, S., Ratava, J., Handroos, H., & Sanbao, L. (2019). Digitalized automated welding systems for weld quality predictions and reliability. 29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2019) (133-141). Limerick: Procedia Manufacturing.
- Kilic, M., & Abdulvahitoglu, A. (2021). A new approach for selecting the most suitable oilseed for biodiesel production; the integrated AHP-TOPSIS method. *Ain Shams Engineering Journal*.
- Kumar, S., Maithani, R., & Kumar, A. (2021). Optimal design parameter selection for performance of alumina nano-material particles and turbulence promoters in heat exchanger: An AHP-TOPSIS technique. *Materials Today: Proceedings*, 3152-3155.
- Mojaver, M., Hasanzadeh, R., Azdast, T., & Park, C. B. (2022). Comparative study on air gasification of plastic waste and conventional biomass based on coupling of AHP/TOPSIS multi-criteria decision analysis. *Chemosphere*.
- Rajput, V., Sahu, N. K., & Agrawal, A. (2021). Integrated AHP-TOPSIS methods for optimization of epoxy composite filled with Kota stone dust. *Materials Today: Proceedings*.
- Ricci, R., Battaglia, D., & Neirotti, P. (2021). External knowledge search, opportunity recognition and industry 4.0 adoption in SMEs. *International Journal of Production Economics*.
- Schonsleben, P., Fontana, F., & Duchi, A. (2017). What benefits do initiatives such as Industry 4.0 offer for production locations in high-wage countries? The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems 179-183. *Zurich, Switzerland: Procedia CIRP*.
- Tang, Y., Sun, H., Yao, Q., & Wang, Y. (2014). The selection of key technologies by the silicon photovoltaic industry based on the Delphi method and AHP (analytical hierarchy process): Case study of China. *Energy*, 474-482.
- Turkyilmaz, A., Dikhanbayeva, D., Suleiman, Z., Shaikholla, S., & Shebab, E. (2021). Industry 4.0: Challenges and opportunities for Kazakhstan SMEs. *CIRPe 2020 - 8th CIRP Global Web Conference - Flexible Mass Customisation* 213-218. Elsevier B.V.
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. 2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering (233-238). Aurangabad, India: Procedia Manufacturing.
- Wang, B., Song, J., Ren, J., Li, K., Duan, H., & Wang, X. (2019). Selecting sustainable energy conversion technologies for agricultural residues: A fuzzy AHP-VIKOR based prioritization from life cycle perspective. *Resources, Conservation & Recycling*.
- Walter Cardoso Satyro, e. (2022). Industry 4.0 implementation: The relevance of sustainability and the potential social impact in a developing country. *Journal of Cleaner Production*.

QAT Global. (2022). Retrieved from 5 Important Things to Consider When Investing in New Technology: <https://www.qat.com/5-things-to-consider-investing-in-new-technology/>