



Perancangan Automatic Sorting Conveyor Berdasarkan Kematangan Buah Sawit Menggunakan Algoritma Neural Network

Ilham Wahyudi¹, Habib Satria²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Medan, Indonesia

¹wyudi.ilham@gmail.com

Abstract

The goods sorting system is one of the important processes in the logistics system, especially when applied to work in the palm oil processing industry. The problem that occurs in the ripeness of palm fruit is that palm oil farmers find it difficult to distinguish the level of ripeness of palm fruit which will later affect the selling price of palm oil. Therefore, an automatic sorting conveyor control system is designed using an Arduino microcontroller to detect the level of ripeness of palm fruit by applying the neural network algorithm method in identifying the type of palm fruit based on the level of ripeness of the palm fruit. Then the integration of several sensors connected to the Arduino will later make it easier for the servo motor to determine the ripeness of the palm fruit. The results obtained using the neural network algorithm in processing the level of accuracy in identifying raw or ripe palm fruit can operate with the program settings that have been designed. In the Matlab simulation with the neural network method, an image pattern is obtained where if the result is close to 1 then the palm fruit is ripe, otherwise if there is nothing close to the value 1 then the palm fruit is still raw. The recorded data can later be a reference for palm oil farmers in making sales more accurately.

Keywords: *Automatic Sorting Conveyor, Arduino, Palm Fruit Ripeness Level, Neural Network Algorithm.*

Abstrak

Sistem sortir barang adalah salah satu proses penting dalam sistem logistik khususnya ketika diterapkan pada pekerjaan pada bidang industri pengelolaan buah sawit. Masalah yang terjadi pada kematangan buah sawit yaitu petani sawit sulit membedakan tingkat kematangan buah sawit yang nantinya akan mempengaruhi harga jual sawit. Oleh karena itu, dirancang sistem kontrol sorting conveyor secara otomatis menggunakan mikrokontroler arduino untuk mendeteksi tingkat kematangan buah sawit dengan menerapkan metode algoritma neural network dalam mengidentifikasi jenis buah sawit berdasarkan tingkat kematangan buah sawit. Kemudian integrasi beberapa sensor yang terhubung ke arduino nantinya mempermudah motor servo dalam menentukan kematangan buah sawit. Hasil yang diperoleh menggunakan algoritma neural network dalam memproses tingkat akurasi dalam mengidentifikasi buah sawit yang mentah atau matang dapat beroperasi dengan settingan program yang telah dirancang. Pada simulasi matlab dengan metode neural network diperoleh pola gambar dimana jika hasil mendekati 1 maka buah sawit matang sebaliknya jika tidak ada yang mendekati nilai 1 maka buah sawit masih mentah. Data yang terekam nantinya dapat menjadi acuan untuk petani sawit dalam melakukan penjualan secara yang lebih akurat.

Kata kunci: *Automatic Sorting Conveyor, Arduino, Tingkat Kematangan Buah Sawit, Algoritma Neural Network.*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang elektronika, khususnya dalam industri, memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan efisiensi operasional. Salah satu perangkat elektronik yang sering digunakan adalah mikrokontroler Arduino Uno, yang dikenal karena kemampuannya sebagai sistem kontrol otomatis [1], [2]. Sebagai contoh, dalam industri pengolahan sawit, teknologi otomatisasi digunakan untuk proses

sortir kematangan buah sawit, yang sangat penting dalam sistem logistik [3], [4]. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam identifikasi tingkat kematangan buah sawit [5], [6], [7]. Dengan sistem sortir otomatis, pengelola dapat dengan cepat menentukan buah sawit yang siap diproses, mengurangi kerugian akibat ketidaksesuaian spesifikasi buah [8],[9],[10]. Sistem sortir ini juga mempertimbangkan faktor warna dan jumlah buah sawit yang harus disortir [11], [12], [13]. Mesin sorter



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

otomatis bekerja dengan mengidentifikasi warna buah sawit, yang kemudian dipisahkan berdasarkan tingkat kematangannya menggunakan conveyor. Conveyor ini merupakan alat mekanis yang mengangkut barang dari satu tempat ke tempat lain menggunakan ban atau rantai berjalan [14],[15].

Sistem Arduino yang terintegrasi dalam conveyor bekerja dengan memanfaatkan pengenalan warna untuk mengidentifikasi kematangan buah sawit dan mengarahkan buah ke tujuan yang sesuai. Conveyor sendiri merupakan alat mekanis untuk membawa barang dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan ban atau rantai berjalan[16]–[18].

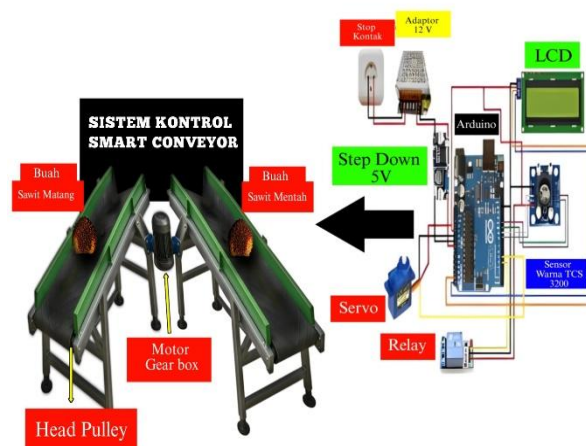
Untuk mengoptimalkan proses ini, sistem neural network digunakan sebagai pengendali otomatis yang terintegrasi dengan motor servo untuk menentukan apakah buah sawit sudah matang atau masih mentah [19]–[21]. Sistem ini memanfaatkan sensor warna TCS3200, yang dapat mengukur refleksi cahaya dari permukaan objek dan mengelompokkan objek berdasarkan rentang nilai warna yang terdeteksi. Dalam perancangan alat ini, buah yang disortir adalah buah dengan warna merah dan kuning. Jika buah yang terdeteksi berwarna merah, dengan nilai sesuai program yang telah diatur, Arduino menggerakkan motor servo untuk mengarahkan buah ke tempat yang sesuai, menandakan bahwa buah tersebut matang. Sebaliknya, buah dengan warna kuning akan diarahkan ke rak penampungan oleh motor servo kedua.

Keunggulan dari sistem sortir otomatis ini dibandingkan dengan cara manual sangat jelas. Dengan menggunakan teknologi otomatis, proses sortir menjadi lebih cepat, akurat, dan efisien, mengurangi kesalahan manusia yang bisa terjadi dalam proses manual. Selain itu, sistem ini dapat meningkatkan kapasitas produksi dan mengurangi biaya operasional, karena tidak memerlukan tenaga kerja manusia yang banyak. Penerapan sistem berbasis Arduino dan neural network ini telah terbukti efektif dalam berbagai sektor industri lainnya, dan keberhasilannya menunjukkan potensi besar untuk diterapkan dalam pengolahan sawit. Implementasi teknologi ini juga mendukung revolusi industri 4.0, yang mengarah pada peningkatan kualitas dan produktivitas dalam pengolahan hasil bumi

2. Metode Penelitian

Sistem perancangan teknologi sistem automatic sorting conveyor dengan memanfaatkan algoritma neural network untuk menentukan buah sawit matang ataupun mentah. Sensor yang digunakan dalam proses mengidentifikasi barang yaitu sensor warna yang dalam mengukur reflektansi cahaya yang terpantul oleh permukaan benda berwarna atau barang, dengan mengukur tingkat pantulan warna berdasarkan nilai, dan nilai ini dikelompokkan berdasarkan range nilai

masing-masing. Berikut pada gambar 1 merupakan sistem kontrol perancangan automatic sorting conveyor.



Gambar 1. Rangkaian Kontrol Sistem Automatic Sorting Conveyor Terintegrasi Arduino Uno

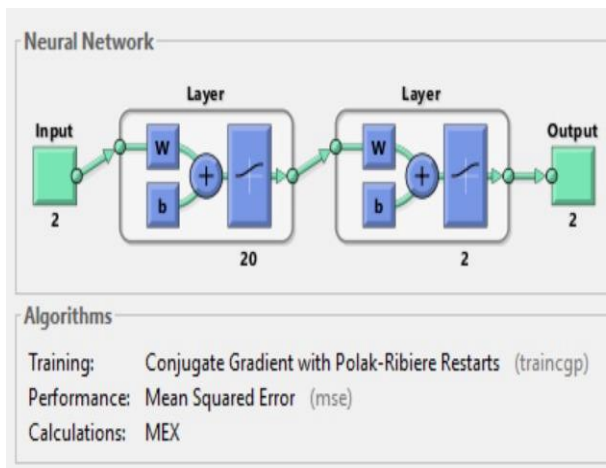
Berdasarkan Gambar 1 merupakan rangkaian kontrol sistem automatic sorting conveyor terintegrasi arduino uno yang mana ada sensor penting yang digunakan yaitu sensor warna TCS3200, bekerja sensor optik yang bekerja dengan mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan oleh objek untuk mendeteksi warna. Sensor ini dilengkapi dengan array LED yang memancarkan cahaya dalam empat warna (merah, hijau, biru, dan transparan) yang digunakan untuk mengukur refleksi cahaya dari objek. Cahaya yang dipantulkan kemudian diterima oleh photodetector pada sensor, yang memiliki elemen fotodeteksi untuk membedakan intensitas cahaya dalam spektrum warna yang berbeda. Sinyal yang diterima dari cahaya yang dipantulkan akan difilter berdasarkan panjang gelombangnya, dan hasilnya diubah menjadi sinyal frekuensi yang dapat diproses oleh mikrokontroler, seperti Arduino. Mikrokontroler kemudian mengolah sinyal digital yang dihasilkan untuk menghitung nilai RGB berdasarkan intensitas warna merah, hijau, dan biru, yang digunakan untuk menentukan warna objek.

Sensor TCS3200 dipilih untuk sistem ini karena kemampuannya mendeteksi warna dengan akurat, yang sangat penting dalam aplikasi seperti pengolahan buah sawit, di mana warna buah (merah atau kuning) digunakan untuk menentukan tingkat kematangan. Selain itu, sensor ini mudah diintegrasikan dengan Arduino, membuatnya ideal untuk sistem otomatisasi yang membutuhkan kontrol sederhana namun efektif. Fleksibilitas sensor dalam mengukur berbagai warna sesuai dengan parameter yang diinginkan juga memberikan keuntungan tambahan. TCS3200 juga memiliki harga yang terjangkau dan efisiensi energi yang baik, menjadikannya pilihan yang tepat untuk aplikasi industri dengan biaya rendah. Waktu respons

sensor yang cepat memungkinkan sistem untuk beroperasi dengan efisien dalam proses sortir otomatis, sementara kompakibilitasnya dengan motor servo memungkinkan integrasi yang lancar dalam sistem kontrol otomatis yang mengarahkan buah sawit ke lokasi yang tepat. Dengan berbagai keunggulan ini, TCS3200 menjadi pilihan ideal untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam sistem sortir buah sawit.

A. Metode Neural Network

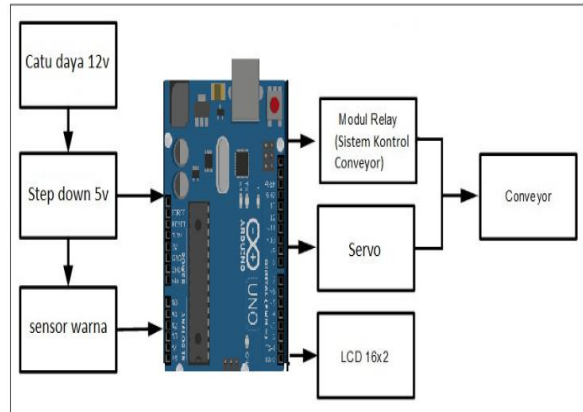
Metode jenis neural network yang digunakan untuk mengekstrak fitur – fitur dari sebuah citra dan sangat unggul apabila diterapkan pada data citra [22]–[24]. Pada penelitian ini akan dilakukan klasifikasi citra tingkat kematangan buah sawit dengan menerapkan Neural Network pada aplikasi matlab. Berikut gambar 2 merupakan pengolahan data latih yang di gunakan dengan metode neural network.



Gambar 2. Pengolahan Data Latih Menggunakan Metode Neural Network

B. Blok Diagram

Tujuan dari blok diagram ini adalah untuk menunjukkan alur kerja sistem secara sederhana dan menerangkan cara sistem alat bekerja, yang mencakup perancangan pengolahan objek berdasarkan warna menggunakan sensor warna terintegrasi pada arduino. Sistem pengolahan otomatis conveyor terdiri dari catu daya tambahan, trafo step down, sensor warna, modul relay, motor servo, dan LCD yang nantinya terhubung ke conveyor. Gambar 3 menunjukkan blok diagram yang akan dibuat.

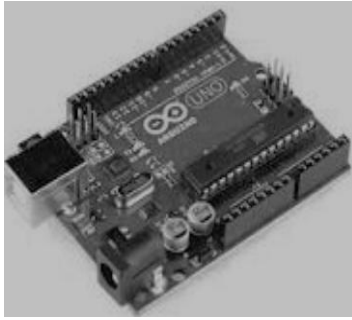


Gambar 3. Blok Diagram

Sistem pada AC/DC Adaptor berfungsi sebagai pemasok tenaga listrik dan daya untuk mengganti tegangan AC ke DC. AC/DC adaptor di atas adalah hanya sebesar 12 Volt DC, sementara alat penelitian membutuhkan tegangan 5 Volt DC maka dari itu butuh perangkat yang dapat menurunkan nilai tegangan tersebut yakni adjustable power supply ini. Arduino berperan sebagai otak atau pusat perintah semua sistem. Sensor infra red berfungsi sebagai deteksi keberadaan objek dalam penelitian. LCD 16x2 digunakan sebagai perangkat yang berfungsi untuk menampilkan atau memonitoring jumlah buah sawit yang telah dikemas. Conveyor berfungsi sebagai alat yang memindahkan suatu benda dari satu tempat ke tempat lain. Modul relay berfungsi sebagai driver atau perangkat saklar pada rangkaian atau kegunaan relay yaitu sebagai penyambung dan pemutus otomatis.

C. Arduino

Bahasa pemrograman Arduino, yang hampir mirip dengan bahasa C, dapat digunakan untuk memprogram mikrokontroler Arduino ini. Karena Arduino bersifat open source, siapa saja dapat mendownload skema hardware dan merancang mikrokontroler Arduino sendiri. Arduino menggunakan mikrokontroler ATmega yang dibuat oleh Atmel, tetapi beberapa perusahaan membuat papan Arduino dengan mikrokontroler jenis lain, tetapi tetap kompatibel dengan perangkat lunak IDE Arduino. Ini membuat Arduino sangat mudah untuk memasukkan program melalui bootloader, tetapi ada cara lain untuk menghindari bootloader, seperti menggunakan file.hex dalam pemrograman mikrokontroler melal.



Gambar 4. Mikrokontroler arduino



Gambar 6. Power Supply

D. Modul Relay

Modul relai adalah perangkat yang menggunakan konsep elektromagnetik untuk memicu peralihan kontak. Strukturnya sendiri sangat sederhana, terdiri dari beberapa kumparan konduktif yang dililitkan pada inti besi. Ketika kumparan diberi energi, medan magnet tercipta yang menarik jangkar yang berputar dan mengoperasikan mekanisme retensi. Dijelaskan juga bahwa relai adalah saklar yang dioperasikan secara elektrik dan merupakan komponen elektromekanis yang terdiri dari dua komponen utama yaitu: elektromagnet (kumparan) dan komponen mekanis (kontaktor). Berikut pada gambar 5 merupakan bentuk fisik dari modul relay yang akan digunakan.



Gambar 5. Modul Relay

E. Adaptor AC/DC

Power supply yakni suatu alat penyalur listrik kepada beban listrik. Pada intinya *power supply* ini memiliki komponen yang hampir sama yaitu terdiri dari trafo, penyearah, dan penghalus tegangan. Pada umumnya komponen utama pada *power supply* yaitu transformator, dioda dan kapasitor. *Power supply* membutuhkan energi listrik untuk diubah sebagai energi yang menggerakkan alat elektronik. Cara kerja power supply yaitu mengubah arus AC menjadi DC. Sumber energi listrik luar selalu dalam bentuk arus bolak-balik (AC). Apabila energi listrik masuk ke sumber tenaga listrik, maka energi listrik tersebut diubah menjadi arus searah (DC). Berikut pada gambar 6 merupakan bentuk fisik dari power supply yang akan digunakan.

F. Conveyor

Alat yang digunakan untuk memindahkan barang adalah konveyor. produk yang dibuat secara massal untuk bahan-bahan tertentu. Konveyor membantu sistem operasional mengangkat material apapun dari satu tempat ke tempat lain secara konsisten. Prinsip kerja sistem conveyor Indonesia sangat sederhana. Alat ini memindahkan bahan ke belt. Setelah umpan mencapai kepalanya, material tumpah saat sabuk bergerak ke arah berlawanan. Penggerak motor atau head drum dapat menggerakkan sabuk konveyor sendiri. Bentuk fisik conveyer yang akan digunakan ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Roller Conveyer

3. Hasil dan Pembahasan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk melihat apakah ada kesesuaian antara proses yang terjadi saat menghasilkan buah sawit yang matang dan buah sawit yang mentah. Perangkat pengawasan, LCD 16x2, akan menampilkan data yang tepat atau tidak tentang jumlah kemasam buah sawit baik yang matang maupun mentah secara real time, sehingga dapat dihitung tingkat akurasi. Pengujian dilakukan dengan cara yang cukup sederhana: objek diletakkan pada hasil data latihan di tabel 1, yang terdiri dari dua gambar, satu yang matang dan satu lagi yang mentah. Kemudian, data dilatih menggunakan aplikasi matlab, dan hasilnya ditampilkan di tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Data Latih Pada Pengenalan Pola Gambar Buah Sawit Matang Dan Mentah

Hasil Data Latih	
Gambar Matang	Gambar Mentah
1.0000	0.0002
0.0001	1.0000

Pada data tabel untuk baris pertama yaitu menentukan nilai buah yang matang dan untuk baris kedua jika terdapat nilai satu atau nilai yang mendekati 1 bahwasannya buah sawit tersebut adalah mentah jika tidak ada nilai yang mendekati 1 atau 1 buah sawit maka data tersebut mentah.

Table 2. Hasil Data Uji Pada Pengenalan Pola Gambar Buah Sawit Matang dan Mentah

Hasil Data Uji	
Gambar Uji 1	Gambar Uji 2
1.0000	0.9980
0.0001	0.0065

Berdasarkan pada tabel 2 maka diperoleh data bawah pada baris pertama semuanya mendekati satu yang artinya buah sawit tersebut di klasifikasikan dengan jenis matang. Hasil data ujinya didapatkan bahwa semua gambar yang di uji merupakan buah sawit yang matang seperti pada gambar 8 merupakan warna oren buah sawit matang.



Gambar 8. Pola Warna Gambar Buah Sawit Yang Matang

Kemudian pada gambar 9 merupakan klasifikasi buah sawit yang mentah. Pola dari gambar peroleh ciri-ciri berwarna kuning. Data diambil dan di olah menggunakan simulink matlab.



Gambar 9. Pola Warna Gambar Buah Sawit Yang Mentah

Dalam pengujian ini, proses klasifikasi buah sawit matang dan mentah dilakukan dengan menggunakan

model pengenalan pola berbasis data gambar. Berdasarkan hasil pengujian data latih dan data uji, dapat dianalisis tingkat akurasi sistem pengenalan tersebut. Pada data latih, yang terdiri dari dua gambar (matang dan mentah), nilai ambang batas (threshold) digunakan untuk mengklasifikasikan gambar sebagai buah sawit matang atau mentah. Pada tabel 1, nilai mendekati 1 pada gambar matang dan mendekati 0 pada gambar mentah menunjukkan klasifikasi yang benar. Begitu juga pada tabel 2, data uji menunjukkan bahwa gambar-gambar yang diuji semuanya terklasifikasi sebagai buah sawit matang, dengan nilai mendekati 1 untuk gambar matang dan sangat rendah untuk gambar mentah. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian ini berhasil mengklasifikasikan gambar dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Namun, untuk lebih memperjelas hasil akurasi, perlu diperhatikan penggunaan ambang batas yang tepat. Ambang batas tersebut berfungsi sebagai parameter penentu klasifikasi, yang dalam pengujian ini, jika hasil nilai lebih besar dari 0.5 dianggap matang dan jika lebih kecil dianggap mentah. Peningkatan ambang batas dapat meningkatkan akurasi untuk buah sawit yang matang, namun dapat menurunkan akurasi pada buah sawit mentah jika nilai-nilai mendekati 1 untuk gambar mentah tidak dapat tercapai. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengujian lebih lanjut dengan memperbanyak jumlah data pelatihan dan pengujian untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Dalam hal jumlah data yang digunakan, sistem ini mengandalkan beberapa gambar sebagai data latihan dan pengujian. Agar model dapat lebih optimal, penggunaan lebih banyak data dan variasi gambar yang lebih luas dapat meningkatkan kualitas klasifikasi. Proses pengolahan data menggunakan aplikasi MATLAB dan Simulink juga harus diperhatikan, karena kesalahan dalam preprocessing atau pengolahan data dapat memengaruhi hasil akhir. Selain itu, sistem ini perlu diuji pada berbagai kondisi pencahayaan atau gambar dengan kualitas rendah untuk melihat seberapa tahan sistem terhadap variasi kondisi nyata.

Kelebihan dari sistem yang diusulkan adalah kemampuannya untuk mengklasifikasikan buah sawit matang dan mentah secara otomatis, yang dapat menghemat waktu dan tenaga dalam proses sortir buah sawit. Sistem ini juga dapat diterapkan dalam skala besar, memungkinkan klasifikasi cepat dalam pengolahan sawit. Namun, kekurangan utama dari sistem ini adalah ketergantungannya pada gambar yang berkualitas tinggi, sehingga dapat mengalami kesalahan klasifikasi jika gambar yang digunakan tidak sesuai dengan standar kualitas atau pencahayaan yang baik. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk memperbaiki kekurangan ini dan meningkatkan keandalan sistem dalam kondisi dunia nyata.

4. Kesimpulan

Semua proses percobaan dan penjabaran rancangan alat, baik hardware maupun software, telah berhasil. Sistem sortasi konveyor otomatis berhasil menentukan kematangan buah sawit dan buah mentah. Algoritma neural network menggunakan hasil untuk menghitung seberapa akurat buah sawit matang atau mentah. Dalam simulasi matlab, algoritma neural network menghasilkan pola gambar di mana buah sawit matang jika ada hasil yang mendekati nilai 1, dan buah sawit masih mentah jika tidak ada hasil yang mendekati nilai 1. Petani sawit dapat menggunakan data yang terekam untuk meningkatkan penjualan. Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, selain warna, faktor seperti ukuran dan tekstur buah sawit dapat ditambahkan untuk meningkatkan akurasi deteksi kematangan. Ukuran buah dapat diukur melalui pengolahan citra, sementara tekstur permukaan bisa dianalisis menggunakan teknik ekstraksi fitur seperti Local Binary Pattern (LBP) atau Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM). Selain itu, penggunaan sensor kedalaman atau inframerah untuk mengukur suhu buah sawit juga bisa menjadi indikator tambahan. Dengan menggabungkan beberapa variabel ini, serta penerapan algoritma pembelajaran mesin canggih seperti Convolutional Neural Networks (CNN), sistem dapat menjadi lebih akurat dan adaptif terhadap kondisi yang bervariasi, sehingga meningkatkan keandalan dalam mengklasifikasikan kematangan buah sawit.

Daftar Rujukan

- [1] J. Susilo, A. Febriani, U. Rahmalisa, and Y. Irawan, "Car parking distance controller using ultrasonic sensors based on arduino uno," *J. Robot. Control*, vol. 2, no. 5, 2021, doi: 10.18196/jrc.25106.
- [2] S. F. Pane, F. S. Lase, and O. bere Mali, "Smart Conveyor Pada Outbond Dengan Arduino," *Smart Conveyor Pada Outbound Dengan Arduino*, 2020.
- [3] S. Y. Wang, J. F. Wan, C. H. Zhang, and W. J. Zhang, "Structural design and intelligent control of flexible conveying system for smart production lines," *Huanan Ligong Daxue Xuebao/Journal South China Univ. Technol. (Natural Sci.)*, vol. 44, no. 12, 2016, doi: 10.3969/j.issn.1000-565X.2016.12.005.
- [4] P. Tanuska, L. Spendla, M. Kebisek, R. Duris, and M. Stremy, "Smart anomaly detection and prediction for assembly process maintenance in compliance with industry 4.0," *Sensors*, vol. 21, no. 7, 2021, doi: 10.3390/s21072376.
- [5] N. Azizah, E. Moralista, and Zaenal, "Remaining Service Life Discharge Conveyor G pada Tambang Batubara PT GHI di Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan," *Bandung Conf. Ser. Min. Eng.*, vol. 3, no. 1, 2023, doi: 10.29313/bcsme.v3i1.5490.
- [6] R. Nur, N. P. Parahdiba, I. Abdullah, D. F. Roji, S. Sahriana, and I. Mansur, "Rancang Bangun Mesin Ekstrusi Pembuat Filamen dengan Sistem Screw Conveyor," *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 20, no. 1, 2022, doi: 10.31963/sinergi.v20i1.3433.
- [7] R. L. Damanik, N. Nurhakim, R. Riswan, and A. Azwar, "EVALUASI SISTEM BELT CONVEYOR DAN ANALISIS SISTEM CRUSHING PADA COAL CRUSHING PLANT," *J. GEOSAPTA*, vol. 2, no. 1, 2017, doi: 10.20527/jg.v2i1.4208.
- [8] N. Guedri and R. Gharbi, "Bulk material flow measurement based only on a smart camera fixed above a moving belt conveyor," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 82, no. 9, 2023, doi: 10.1007/s11042-022-13893-x.
- [9] T. Wang, J. Cheng, Y. Yang, C. Esposito, H. Snoussi, and F. Tao, "Adaptive Optimization Method in Digital Twin Conveyor Systems via Range-Inspection Control," *IEEE Trans. Autom. Sci. Eng.*, vol. 19, no. 2, 2022, doi: 10.1109/TASE.2020.3043393.
- [10] D. M. Harfina and Z. Zaini, "Sistem Pengendali Motor Induksi pada Belt Conveyor dengan Teknik Vektor Kontrol pada VFD menggunakan MATLAB/Simulink," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.107267.
- [11] R. Maitriboriruks, P. Piya-Aromrat, and Y. Limpiyakorn, "Smart Conveyor Belt Sushi Bill Payment with a Mobile Shot," in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2022, doi: 10.1145/3548636.3548637.
- [12] S. Sadi, "SISTEM PENGENDALI KONVEYOR BELT PADA PT. XYZ TANGERANG," *J. Tek.*, vol. 1, no. 2, 2019, doi: 10.31000/jt.v1i2.1458.
- [13] P. Pujono, A. Setiawan, and D. Prabowo, "RANCANG BANGUN MEKANISME PERGERAKAN CONVEYOR PADA MESIN SORTIR SAMPAH KALENG DAN BOTOL PLASTIK," *Bangun Rekaprima*, vol. 6, no. 2, 2020, doi: 10.32497/bangunrekaprima.v6i2.2121.
- [14] C. H. Kim, "Neural Network Predictive Control for Superconducting Hybrid MagLev Conveyor Systems in Smart Factory," *J. Korean Soc. Railw.*, vol. 25, no. 2, 2022, doi: 10.7782/JKSR.2021.25.2.107.
- [15] A. Mousavi, M. Sarhadi, S. Fawcett, S. Bowles, and M. York, "Tracking and traceability solution using a novel material handling system," *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 6, no. 1, 2005, doi: 10.1016/j.ifset.2004.10.006.
- [16] M. Kamatchi, C. Mendoza, and K. Venusamy, "Design and Implementation of PLC based Smart Coffee Maker," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1055, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1055/1/012011.
- [17] E. Hernandez-Molina, B. Ojeda-Magana, J. G. Robledo-Hernandez, and R. Ruelas, "Vision system prototype for inspection and monitoring with a smart camera," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 18, no. 9, 2020, doi: 10.1109/TLA.2020.9381804.
- [18] R. Bloss, "Pallet conveyor now smarter and slimmer," *Assem. Autom.*, vol. 25, no. 2, 2005, doi: 10.1108/01445150510590442.
- [19] J. Gu et al., "Recent advances in convolutional neural networks," *Pattern Recognit.*, vol. 77, 2018, doi: 10.1016/j.patcog.2017.10.013.
- [20] S. Cuomo, V. S. Di Cola, F. Giampaolo, G. Rozza, M. Raissi, and F. Piccialli, "Scientific Machine Learning Through Physics-Informed Neural Networks: Where we are and What's Next," *J. Sci. Comput.*, vol. 92, no. 3, 2022, doi: 10.1007/s10915-022-01939-z.
- [21] J. Zhou et al., "Graph neural networks: A review of methods and applications," *AI Open*, vol. 1, 2020, doi: 10.1016/j.aiopen.2021.01.001.
- [22] S. Kiranyaz, T. Ince, A. Iosifidis, and M. Gabbouj, "Operational neural networks," *Neural Comput. Appl.*, vol. 32, no. 11, 2020, doi: 10.1007/s00521-020-04780-3.
- [23] Z. Wu, S. Pan, F. Chen, G. Long, C. Zhang, and P. S. Yu, "A Comprehensive Survey on Graph Neural Networks," *IEEE Trans. Neural Networks Learn. Syst.*, vol. 32, no. 1, 2021, doi: 10.1109/TNNLS.2020.2978386.
- [24] W. Peng, T. Varanka, A. Mostafa, H. Shi, and G. Zhao, "Hyperbolic Deep Neural Networks: A Survey," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 44, no. 12, 2022, doi: 10.1109/TPAMI.2021.3136921.