

Purwarupa Sistem Inklinasi Konveyor Getar Berbasis Raspberry Pi

Joni^(1,a) dan Rhahmi Adni Pesma^(1,b)

⁽¹⁾Program Studi Rekayasa Instrumentasi dan Automasi, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sumatera

Email : ^(a)joni@ia.itera.ac.id, ^(b)rhahmi.pesma@ia.itera.ac.id

Diterima (12 Desember 2024), Direvisi (15 Januari 2025)

Abstract. This research aims to develop a precision prototype of a vibrating conveyor inclination system based on Raspberry Pi. The study's main focus is domestic technological innovation to improve efficiency in the conveyor industry. The study results show that the Raspberry Pi-based vibrating conveyor inclination system has been successfully developed by integrating various key components. This system uses a rotary encoder to monitor the motor speed in real time, a DS18B20 temperature sensor to monitor the motor's temperature to prevent overheating, and an MPU6050 sensor to detect vibrations at several strategic points. The conveyor frame is designed using a combination of hollow steel and aluminum profiles to ensure stability, durability, and structural integrity during operation. In the analysis process, the comparison of the drive pulley and the stainless steel shaft pulley at a ratio of 3:1 plays a role in increasing the efficiency of material transfer. However, a limitation was found in the torque produced by the 5-phase stepping motor A5678-9215FK-A4, which was insufficient to achieve optimal performance. This limitation caused the material movement on the conveyor to be suboptimal.

Keywords: PATENT; Conveyor_PDN; Vibrating_Conveyor; Conveyor_Inclination; Industrial_Conveyor

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan purwarupa sistem inklinasi konveyor getar yang berbasis Raspberry Pi dengan cermat. Fokus utama penelitian adalah pada inovasi teknologi domestik untuk meningkatkan efisiensi dalam industri konveyor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem inklinasi konveyor getar berbasis Raspberry Pi berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan berbagai komponen penting. Sistem ini menggunakan *rotary encoder* untuk memantau kecepatan motor secara *real-time*, sensor suhu DS18B20 untuk memantau suhu motor guna mencegah *overheating*, serta sensor MPU6050 untuk mendeteksi getaran di beberapa titik strategis. Kerangka konveyor didesain menggunakan kombinasi besi *hollow* dan *aluminium profile* untuk memastikan stabilitas, daya tahan, dan kekokohan struktur selama pengoperasian. Dalam proses analisis, perbandingan *pulley* penggerak dan *pulley* pada *as stainless* sebesar 3:1 berperan dalam meningkatkan efisiensi perpindahan material. Kendati demikian, ditemukan kendala berupa torsi yang dihasilkan oleh *stepper motor 5-phase stepping motor a5678-9215fk-a4* yang tidak mencukupi untuk mencapai performa optimal. Kendala ini mengakibatkan pergerakan material pada konveyor kurang maksimal.

Kata kunci: PATEN; Konveyor_PDN; Konveyor_Getar; Inklinasi_Konveyor; Konveyor_Industri.

PENDAHULUAN

Industri konveyor memiliki peran vital dalam efisiensi produksi di berbagai sektor, termasuk manufaktur, pertambangan,

dan logistik. Sistem ini dirancang untuk memfasilitasi aliran material yang konsisten dan terkontrol dari satu titik ke titik lain dalam fasilitas produksi [1][2][3]. Meskipun menjadi tulang punggung operasi industri,

konveyor masih dihadapkan pada sejumlah tantangan untuk mencapai efisiensi optimal. Salah satu tantangan utamanya adalah pengaturan inklinasi yang presisi [4]. Ketidakmampuan untuk menyesuaikan inklinasi konveyor secara akurat dapat menyebabkan sejumlah masalah, seperti penumpukan material yang tidak diinginkan, risiko kerusakan peralatan, bahkan kecelakaan kerja [4]. Pada industri manufaktur, persaingan yang terus berlangsung membutuhkan desain yang efektif untuk menurunkan penggunaan sumber daya operasional [5]. Dengan meningkatnya tuntutan efisiensi produksi, maka pengembangan solusi teknologi untuk mengatasi hal tersebut menjadi kebutuhan yang mendesak [5].

Saat ini teknologi kontrol inklinasi konveyor sebagian besar masih mengandalkan mekanisme mekanis sederhana. Meskipun telah terbukti efektif dalam aplikasi tertentu, namun memiliki keterbatasan dari segi fleksibilitas, kemudahan adaptasi, dan biaya implementasi yang tinggi [6][7]. Desain sistem kontrol inklinasi memerlukan respons yang lebih adaptif terhadap variasi beban dan kondisi produksi [8]. Penelitian lainnya juga menunjukkan pentingnya simulasi sistem konveyor untuk meningkatkan produktivitas secara optimal [9][10]. Meski demikian, solusi yang tersedia belum sepenuhnya memenuhi kebutuhan industri yang semakin dinamis.

Pentingnya pengaturan inklinasi tidak hanya terbatas pada kinerja sistem produksi secara keseluruhan, tetapi juga berdampak pada efisiensi energi dan keamanan kerja. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mencari solusi yang dapat mengoptimalkan pengaturan inklinasi konveyor. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan tersebut dengan mengembangkan purwarupa sistem inklinasi konveyor yang menggunakan prinsip getaran, yang diharapkan menjadi inovatif dan efisien

Vibrasi adalah gerakan bolak-balik

suatu objek dari titik keseimbangannya dalam periode waktu tertentu [6][7][8]. Setiap objek dengan massa dan elastisitas akan mengalami vibrasi, termasuk mesin. Vibrasi adalah jenis gerakan osilasi, khususnya osilasi mekanis, yang mengindikasikan gerakan bolak-balik objek dari titik kesetimbangannya dalam satu periode waktu tertentu [8][9]. Dalam konteks mesin, vibrasi dapat digunakan sebagai indikator untuk mendeteksi kesalahan dengan lebih cepat.

Penelitian ini menawarkan pendekatan baru melalui pengembangan purwarupa sistem kontrol inklinasi konveyor berbasis Raspberry Pi. Raspberry Pi sebagai *platform open-source* memungkinkan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dengan fleksibilitas tinggi serta biaya implementasi yang relatif rendah dibandingkan solusi konvensional [13][14]. Selain itu, dengan memanfaatkan sensor modern seperti *rotary encoder*, DS18B20, dan MPU6050, sistem ini mampu memberikan data *real-time* yang mendukung pengaturan inklinasi secara presisi [15][16][17]. Hal ini memberikan keunggulan signifikan dibandingkan teknologi sebelumnya [14].

Purwarupa tersebut akan menggunakan Raspberry Pi sebagai platform dasar untuk sistem kontrolnya. Dengan demikian, proyek ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan kinerja produksi melalui peningkatan pengaturan inklinasi konveyor, tetapi juga untuk mengintegrasikan teknologi canggih dalam sistem kontrolnya. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi operasional dan keamanan kerja di industri yang menggunakan konveyor sebagai bagian integral dari proses produksinya [18].

Pendekatan penelitian ini melibatkan perancangan dan implementasi sistem kontrol yang terkoneksi dengan Raspberry Pi untuk mengatur inklinasi konveyor secara otomatis [10]. Sistem ini akan menggunakan sensor-sensor yang memberikan data *real-*

time tentang posisi dan beban konveyor, memungkinkan pengaturan inklinasi yang sesuai dengan kebutuhan produksi. Sensor-sensor tersebut akan dipasang di titik-titik strategis pada konveyor, termasuk bagian atas, tengah, dan bawah, untuk memantau pergerakan dan beban material secara akurat dan akan menghindari beban yang berlebihan pada konveyor [11].

Data yang diperoleh dari sensor-sensor akan diproses oleh Raspberry Pi, yang akan menghasilkan sinyal kontrol untuk menyesuaikan inklinasi konveyor secara otomatis [19][20]. Dengan demikian, sistem ini memungkinkan pengaturan inklinasi yang dinamis dan responsif terhadap perubahan kondisi produksi. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mengurangi risiko kesalahan manusia dalam pengaturan inklinasi.

Melalui integrasi sensor-sensor dan Raspberry Pi, sistem ini memungkinkan pemantauan yang lebih akurat dan pengambilan keputusan yang lebih cepat dalam menyesuaikan inklinasi konveyor. Dengan demikian, diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keamanan dalam operasi industri yang menggunakan konveyor sebagai bagian integral dari proses produksinya.

Meskipun terdapat berbagai teknologi kontrol yang sudah tersedia, penggunaan Raspberry Pi sebagai basis sistem kontrol konveyor masih relatif baru. Pendekatan ini menawarkan fleksibilitas, kemudahan dalam pengembangan, dan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan solusi kontrol konvensional. Keberadaan Raspberry Pi sebagai platform *open-source* memberikan akses yang lebih luas kepada para pengembang untuk mengadaptasi dan memodifikasi sistem kontrol sesuai kebutuhan spesifik industri.

Selain itu, kemampuan Raspberry Pi dalam memproses data secara cepat dan efisien memungkinkan implementasi solusi kontrol yang responsif dan akurat. Hal ini menjadikan pendekatan ini sebagai

terobosan baru dalam pengembangan sistem kontrol konveyor yang dapat meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas operasional dalam berbagai lingkungan produksi. Dengan demikian, penggunaan Raspberry Pi dalam kontrol konveyor memiliki potensi untuk membawa perubahan signifikan dalam industri, dengan menawarkan solusi yang lebih adaptif, hemat biaya, dan responsif terhadap kebutuhan spesifik setiap operasi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam pengembangan purwarupa sistem inklinasi konveyor getar berbasis Raspberry Pi melibatkan serangkaian langkah-langkah yang sistematis dan terstruktur. Langkah-langkah ini mencakup identifikasi kebutuhan sistem, perancangan konsep, pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, uji coba, evaluasi, dan penyempurnaan.

Langkah 1: Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memahami konsep dasar konveyor getar, sistem kontrol inklinasi, dan penggunaan Raspberry Pi dalam aplikasi industri. Dalam tahap ini, peneliti menyelidiki berbagai sumber literatur yang relevan untuk mengumpulkan pemahaman mendalam tentang konsep-konsep tersebut. Setiap informasi yang diperoleh dari studi literatur ini akan menjadi dasar penting untuk merancang sistem kontrol inklinasi konveyor getar berbasis Raspberry Pi. Peneliti mendapatkan beberapa referensi dari jurnal-jurnal terbaru dan kredibel, yang kemudian disitasi dalam paper ini. Dengan memahami konsep dasar dan prinsip-prinsip yang terlibat, peneliti dapat mengembangkan solusi yang tepat dan efisien untuk menyelesaikan tantangan dalam pengaturan inklinasi konveyor.

Langkah 2: Perancangan Sistem

Berdasarkan informasi dari studi literatur, dilakukan perancangan sistem kontrol inklinasi konveyor getar yang berbasis Raspberry Pi. Tahapan ini mencakup pemilihan komponen yang diperlukan seperti sensor-sensor, motor, dan Raspberry Pi, serta perancangan antarmuka pengguna.

Langkah 3: Pembuatan Prototipe

Prototipe sistem inklinasi konveyor getar dikembangkan berdasarkan rancangan yang telah disiapkan. Proses pengembangan ini mencakup pemasangan komponen yang telah dipilih, seperti sensor-sensor dan motor, serta penghubungan antara komponen-komponen tersebut. Selain itu, dilakukan pemrograman perangkat lunak khusus untuk Raspberry Pi guna mengontrol operasi sistem secara otomatis sesuai dengan data yang diperoleh dari sensor-sensor.

Pengujian awal juga dilakukan untuk memastikan fungsi dasar dari prototipe ini, sehingga dapat dievaluasi kinerjanya dan dilakukan penyempurnaan jika diperlukan sebelum dilanjutkan ke tahap pengembangan selanjutnya. Dengan demikian, prototipe ini menjadi langkah penting dalam implementasi sistem kontrol inklinasi konveyor getar berbasis Raspberry Pi.

Langkah 4: Pengujian dan Evaluasi

Prototipe sistem inklinasi konveyor getar diuji dalam lingkungan laboratorium untuk mengevaluasi kinerja dan keandalannya secara menyeluruh. Proses pengujian melibatkan pengaturan berbagai tingkat inklinasi yang direncanakan untuk menguji respons sistem terhadap perubahan tersebut. Selama pengujian, berbagai parameter kinerja dievaluasi, termasuk kecepatan respons sistem, keakuratan dalam mengatur inklinasi, stabilitas operasi, dan keandalan sistem dalam menghadapi variasi beban. Data yang diperoleh dari pengujian ini kemudian dianalisis untuk menilai

kualitas kinerja sistem dan mengidentifikasi area-area yang memerlukan peningkatan atau penyempurnaan.

Langkah 5: Perbaikan dan Optimisasi

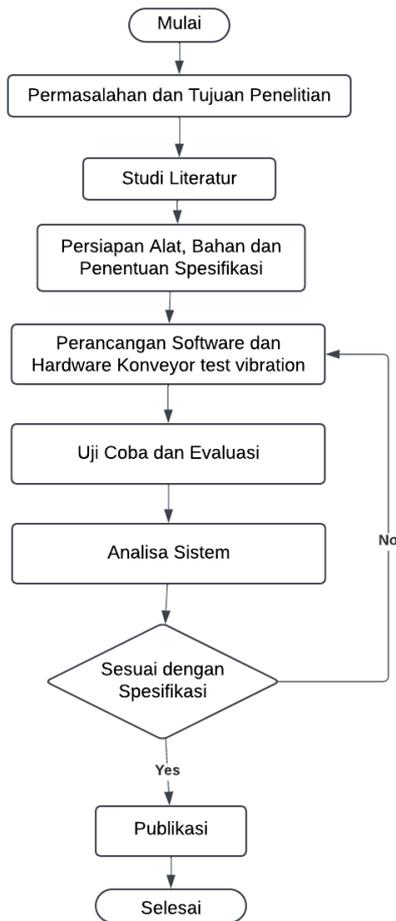
Berdasarkan hasil pengujian, prototipe sistem inklinasi konveyor getar diperbaiki dan dioptimalkan untuk meningkatkan kinerja dan stabilitasnya. Proses ini melibatkan analisis mendalam terhadap data yang diperoleh selama pengujian untuk mengidentifikasi area-area di mana sistem perlu ditingkatkan.

Proses ini dapat melibatkan iterasi berulang dari pengujian, perbaikan, dan pengoptimalan untuk memastikan bahwa sistem siap digunakan dalam lingkungan produksi sebenarnya dengan kinerja yang maksimal.

Langkah 6: Implementasi Lapangan

Setelah prototipe dianggap berhasil dalam pengujian laboratorium, sistem inklinasi konveyor getar diimplementasikan dalam skala lapangan atau industri. Proses ini melibatkan instalasi sistem pada konveyor sebenarnya di lokasi produksi dan melakukan uji coba di lingkungan produksi yang sesungguhnya.

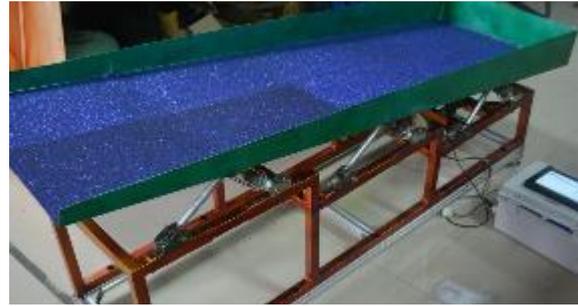
Pada tahap ini, Uji coba lapangan dilakukan untuk memvalidasi kinerja sistem dalam situasi nyata dan memastikan bahwa semua fungsi beroperasi sesuai yang diharapkan. Selama tahap implementasi lapangan, kemungkinan adanya penyesuaian kecil atau perbaikan tambahan pada sistem juga perlu dipertimbangkan untuk memastikan bahwa kinerjanya optimal. Dengan demikian, setelah berhasil diuji di lapangan, sistem inklinasi konveyor getar siap digunakan secara penuh dalam lingkungan produksi industri, membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas operasi.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem inklinasi konveyor getar berbasis Raspberry Pi berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan berbagai komponen penting. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan otomatisasi proses pemindahan material pada industri dengan menggunakan teknologi inklinasi yang dapat dikontrol secara otomatis.

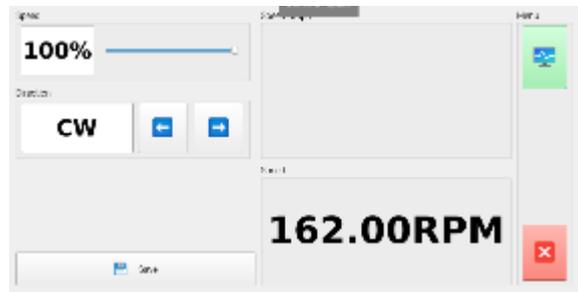


Gambar 2. Purwarupa sistem inklasi konveyor getar

Sistem ini memanfaatkan beberapa sensor dan komponen untuk memastikan operasi yang optimal. *Rotary encoder* digunakan untuk memantau kecepatan rotasi motor secara *real-time*, memastikan pergerakan konveyor tetap konsisten dan terkendali. Penggunaan *rotary encoder* ini membantu dalam pengaturan kecepatan *motor stepper* agar sesuai dengan kebutuhan perpindahan material. Data yang diperoleh dari *rotary encoder* dapat dilihat melalui antarmuka pengguna, sehingga operator dapat menyesuaikan parameter dengan lebih mudah.



Gambar 3. Rotary encoder pada konveyor getar



Gambar 4. Tampilan antarmuka *rotary encoder*

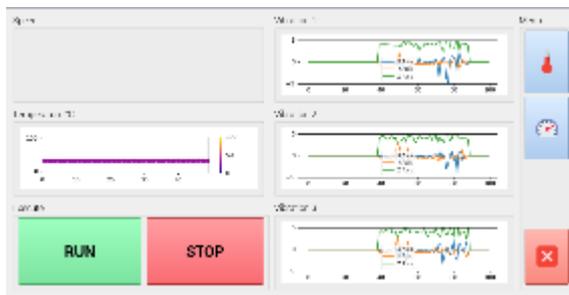
Sensor suhu DS18B20 berperan penting dalam memantau suhu *motor stepper*.

Sensor ini memastikan bahwa suhu motor tetap berada dalam batas aman untuk mencegah *overheating* yang dapat merusak komponen atau menurunkan efisiensi operasional.



Gambar 5. Tampilan antarmuka sensor DS18B20

Sensor MPU6050 digunakan untuk mendeteksi getaran pada beberapa titik strategis, yaitu di bagian depan, tengah, dan belakang konveyor. Data getaran ini membantu mendeteksi ketidakseimbangan atau *misalignment* yang dapat mempengaruhi kinerja sistem.



Gambar 6. Tampilan antarmuka sensor MPU6050

Kerangka konveyor didesain menggunakan kombinasi besi hollow dan *aluminium profile* untuk memastikan stabilitas dan daya tahan struktural. *Aluminium profile* digunakan sebagai dasar kerangka untuk memberikan fondasi yang kokoh, sementara bagian atas kerangka menggunakan besi *hollow* untuk memberikan kekuatan tambahan. Desain ini memungkinkan sistem untuk menahan beban material selama proses pemindahan tanpa mengalami deformasi atau getaran berlebih yang tidak diinginkan.



Gambar 7. Rangka bagian bawah konveyor



Gambar 8. Rangka bagian atas konveyor

Perbandingan antara *pulley* penggerak dan *pulley* pada *as stainless* sebesar 3:1 memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi perpindahan material. Rasio ini memungkinkan peningkatan kecepatan rotasi motor tanpa mengorbankan stabilitas atau kontrol sistem. Dengan rasio ini, material dapat dipindahkan dengan lebih halus dan cepat, sehingga meningkatkan produktivitas konveyor secara keseluruhan.

Kendati demikian, ditemukan kendala berupa torsi yang dihasilkan oleh stepper motor yang tidak mencukupi untuk mencapai performa optimal. Kendala ini mengakibatkan pergerakan material pada konveyor kurang maksimal. Untuk mengatasi masalah tersebut, disarankan mengganti stepper motor dengan motor yang memiliki spesifikasi torsi lebih tinggi, seperti motor *brushless DC electric motor* (BLDC). Selain itu, sistem ini dilengkapi antarmuka pengguna yang intuitif, memungkinkan pengaturan kecepatan dan arah motor dengan mudah. Data dari sensor disajikan dalam tampilan real-time yang

membantu pengendalian sistem menjadi lebih efektif dan efisien.

sektor industri yang membutuhkan performa tinggi dan keandalan sistem yang baik.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan purwarupa sistem inklinasi konveyor getar berbasis Raspberry Pi yang mampu mengintegrasikan sensor dan sistem kontrol otomatis dengan baik. Sistem ini dirancang untuk memberikan solusi pemindahan material secara efisien dan presisi melalui pengendalian inklinasi yang dapat diatur secara otomatis. Integrasi komponen seperti *rotary encoder* memungkinkan pemantauan kecepatan motor secara *real-time*, sementara sensor suhu DS18B20 memastikan suhu motor tetap terkendali untuk mencegah *overheating*. Dan, sensor MPU6050 mendeteksi getaran di beberapa titik strategis konveyor untuk memantau stabilitas mekanis dan mencegah potensi kerusakan akibat getaran berlebih atau misalignment.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat memantau dan mengontrol kecepatan motor, suhu, serta getaran dengan akurasi tinggi melalui antarmuka pengguna berbasis GUI yang intuitif. Namun, penelitian ini menghadapi kendala pada performa torsi *5-phase Stepping Motor A5678-9215FK-A4* yang kurang optimal.

Untuk mengatasi kendala ini, disarankan untuk menggunakan *stepper motor* dengan spesifikasi torsi dan kecepatan yang lebih tinggi. Alternatif lain yang diusulkan adalah mengganti *stepper motor* dengan *brushless DC electric motor* (BLDC), yang memiliki keunggulan dalam hal torsi, efisiensi energi, dan daya tahan operasional. Dengan peningkatan ini, diharapkan sistem dapat bekerja lebih optimal dalam berbagai kondisi beban dan mendukung penerapan teknologi otomasi di

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Dhiya' Ushofa, L. Anifah, I. Gusti Putu Asto B., and E. Endryansyah, "Sistem Kendali Kecepatan Putaran Motor DC pada Conveyor dengan Metode Kontrol PID," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 332–342, May 2022.
- [2] G. Salawu and B. Glen, "Improving the Efficiency of a Conveyor System in an Automated Manufacturing Environment Using a Model-Based Approach," *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, vol. 12, no. 2, p. 107, doi: <https://doi.org/10.18178/ijmerr.12.2.107-112>.
- [3] H. A. Okwudibe, A. I. Suleiman, V. A. Elemure, "Construction and testing of belt conveyor system for auchi polytechnic demonstration farm," *Journal of Natural Sciences Research* www.iiste.org, pp. 13-20, 2020.
- [4] E. Yin, O. Muvengi, and J. M. Kihiu, "Inclusion Modeling of Bucket Elevator Conveyor Chain Links," *Journal of Engineering*, vol. 2020, pp. 1–18, Sep. 2020, doi: <https://doi.org/10.1155/2020/8629739>.
- [5] G. Salawu, G. Bright, and C. Onunka, "Modelling And Simulation of a Conveyor Belt System For Optimal Productivity," *International Journal of Mechanical*

- Engineering and Technology (IJMET), vol. 11, no. 1, Feb. 2020, doi: <https://doi.org/10.34218/ijmet.11.1.2020.012>.
- [6] Gaja, Astri & Seprianto, Dicky&Uddin, Safar. (2022). Analisa Penyebab Kenaikan Vibrasi Pada Belt Conveyor (42 BC 06) di Area Coal Mill di Pabrik II PT SEMEN BATURAJA TBK. 1. 122-129.
- [7] F. Klimenda, J. Soukup, and J. Sterba, “Noise and Vibration Analysis of Conveyor Belt,” *Manufacturing Technology*, vol. 19, no. 4, pp. 604–608, Aug. 2019, doi: <https://doi.org/10.21062/ujep/341.2019/a/1213-2489/mt/19/4/604>.
- [8] H. Y. Hao and Q. S. Ji, “Vertical Vibration Conveyor Vibration Testing,” *Advanced Materials Research*, vol. 230–232, pp. 872–876, May 2011, doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.230-232.872>.
- [9] Z. M. Boriskina and O.O.Baryshnikova, “The Mathematical Model of Motion of Particles in Vibrating Conveyors,” *International journal of mechanical engineering and robotics research*, pp. 76–79, Jan. 2020, doi: <https://doi.org/10.18178/ijmerr.9.1.76-79>.
- [10] M. Kamalakannan and K. Devadharshini, “Controlling the Speed of Conveyor Belt using Python – Raspberry Pi 3B+,” *Oriental journal of computer science and technology*, vol.12, no. 2, pp. 57–64, Jun. 2019, doi: <https://doi.org/10.13005/ojcsst12.02.05>.
- [11] Fiatno, “Rancang Bangun Belt Conveyor Sebagai Alat Material Handling Pengangkut Pasir Pada Pembuatan Bata Ringan,” *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 4, no. 2, pp. 36–43, Nov. 2021, doi: <https://doi.org/10.31004/jutin.v4i2.3502>.
- [12] Kamalakannan, M., & Devadharshini, K. (2019). Controlling the Speed of Conveyor Belt using Python – Raspberry Pi 3B+. *Oriental Journal of Computer Science and Technology*, 12(2), 57–64. <https://doi.org/10.13005/ojcsst12.02.05>.
- [13] Salawu, G., Bright, G., & Onunka, C. (2020). Modelling And Simulation of a Conveyor Belt System For Optimal Productivity. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 11(1). <https://doi.org/10.34218/ijmet.11.1.2020.012>.
- [14] Boriskina, Z. M., & Baryshnikova, O. O. (2020). The Mathematical Model of Motion of Particles in Vibrating Conveyors. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 9(1), 76–79. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.9.1.76-79>.
- [15] L. dos Santos e Santos, P. R. C. F. Ribeiro Filho, and E. N. Macêdo, “Belt rotation in pipe conveyors: Development of an overlap

- monitoring system using digital twins, industrial Internet of things, and autoregressive language models,” *Measurement*, vol. 230, p. 114546, May 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.114546>.
- [16] M. G. Al-Shahethi, Amgad Muneer, Ebrahim, S. Darshi, and A. A. Almohammed, “Real Life Monitoring of Conveyor Line Speed Using IoT and Raspberry Pi,” Nov. 2021, doi: <https://doi.org/10.1109/itss-iae53029.2021.9615298>.
- [17] Pediredla Veni Santoshi Anusha, Swapna Peravali, and V. Rama, “Digital transformation technologies for conveyor belts predictive maintenance: a review,” *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 36, no. 1, pp. 639–639, Jul. 2024, doi: <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v36.i1.pp639-646>.
- [18] Fiatno, A. (2021). Rancang Bangun Belt Conveyor Sebagai Alat Material Handling Pengangkut Pasir Pada Pembuatan Bata Ringan. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 4(2), 36–43. <https://doi.org/10.31004/jutin.v4i2.3502>.
- [19] M. Kamalakannan and K. Devadharshini, “Controlling the Speed of Conveyor Belt using Python – Raspberry Pi 3B+,” *Oriental journal of computer science and technology*, vol. 12, no. 2, pp. 57–64, Jun. 2019, doi: <https://doi.org/10.13005/ojst12.02.05>.
- [20] A. K. Kolya, D. Mondal, A. Ghosh, and S. Basu, “Direction and Speed Control of DC Motor Using Raspberry PI and Python-Based GUI,” *International Journal of Hyperconnectivity and the Internet of Things*, vol. 5, no. 2, pp. 74–87, Jul. 2021, doi: <https://doi.org/10.4018/ijhiot.2021070105>.

