

Perencanaan Kereta Kabel untuk Perkebunan Kelapa Sawit

Mohd. Iqbal, Sayed Muhajir AlHabsyi, Agung Febrian Bugis dan Alda Briantoro

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Syiah Kuala

E-mail: mohd.iqbal@unsyiah.ac.id

Abstract

This paper discusses the design of the oil palm cable carriage in plantations. Planning includes the shape, size and mechanical component as well as the calculation of the forces involved. The cable carriage system consists of engine wagon, operator wagon and transport wagon. The engine wagon serves as towing the entire carriage series, while the operator wagon is a wagon where the operator sits and controls the running of the cable carriage system, while the oil palm fruit being transported is placed in the transport wagon. The carriage will run in the plantation area through the cables attached to a cable support pole. The use of the cable carriage system will increase the efficiency of transportation of oil palm, fertilizer and other materials within the plantation. In addition, it will reduce costs because the cable car does not require roads as if using a truck or tractor.

Keywords: Cable carriage system, Oil palm plantation, Mechanical design.

1. Pendahuluan

Aktivitas transportasi di dalam kebun kelapa sawit memerlukan perhatian yang serius karena sangat berpengaruh terhadap produktivitas kebun, biaya operasional dan kualitas kelapa sawit yang dihasilkan [1]. Peralatan yang digunakan oleh para pekerja kebun perlu diangkut dari satu lokasi ke lokasi yang lain sesuai kebutuhan. Demikian pula pupuk mesti diangkut dari luar ke dalam kebun secara berkala sesuai jadwal dan lokasi pemupukan [2, 3, 4]. Yang paling penting dari semua itu adalah pengangkutan kelapa sawit dari lokasi petik ke tempat pengumpulan untuk ditimbang dan akhirnya diangkut ke pabrik pengolahan.

Pada umumnya pengangkutan kelapa sawit dilakukan secara manual oleh pekerja, menggunakan traktor dan menggunakan truk [1]. Pengangkutan manual oleh pekerja biasanya dilakukan dari lokasi petik ke titik penumpukan yang berjarak kurang dari 100 meter [5]. Selanjutnya pada medan yang berat tanpa jalan, kelapa sawit diangkut dengan menggunakan traktor, sedangkan pada lokasi-lokasi di mana terdapat jalan digunakan truk pengangkut.

Traktor dan truk memerlukan jalan untuk dapat menjangkau lokasi-lokasi penumpukan di dalam kebun. Pembuatan jalan-jalan ini memerlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Ketika musim hujan, jalan-jalan begitu mudah rusak karena terkikis air dan struktur tanah gambut yang gembur sehingga setiap dua kali dalam setahun jalan-jalan di dalam kebun perlu dibuat kembali. Hal ini menjadikan transportasi sebagai bahagian dengan biaya terbesar dalam industri perkebunan kelapa sawit [6]. Oleh karena itu upaya perbaikan sistem transportasi perlu dilakukan untuk menurunkan biaya dan

meningkatkan produktivitas serta kualitas kelapa sawit [7].

Sistem transportasi menggunakan kereta kabel dapat menjadi pilihan yang lebih baik dibandingkan traktor dan truk. Sistem ini sudah biasa dipakai pada kebun pisang, dimana tandan pisang digantungkan pada pengait yang berjalan mengikuti kabel yang dipasang sebagai laluan di dalam kebun pisang [8]. Pada penelitian ini sistem kereta kabel yang serupa direncanakan untuk mengangkut tandan kelapa sawit. Beberapa penyesuaian desain akan dilakukan dengan mempertimbangkan ukuran dan berat tandan buah kelapa sawit, keadaan alam dan lingkungan kebun, kemudahan pekerja [9, 10] dan keselamatan [11].

2. Metodologi

Sistem kereta kabel yang direncanakan terdiri dari 6 komponen utama, yaitu kereta mesin, kereta operator, kereta pengangkut, mekanisme roda penggerak, mekanisme roda pengangkut dan tiang penyangga kabel.

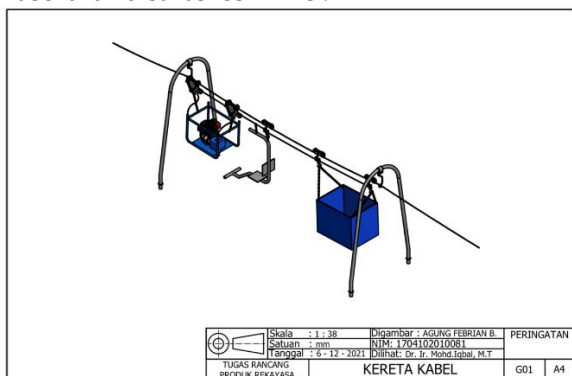
Kereta penarik mesin berfungsi sebagai penggerak utama seluruh kereta kabel. Kereta operator adalah tempat operator kereta kabel duduk dan mengendalikan jalannya kereta. Kereta pengangkut berfungsi menampung kelapa sawit yang akan diangkut. Mekanisme roda penggerak berfungsi sebagai sumber tenaga bagi kereta mesin. Mekanisme roda pengangkut berfungsi mengangkut kereta operator dan kereta pengangkut di atas kabel. Tiang penyangga berfungsi sebagai tempat tumpuan kabel di mana roda-roda akan berjalan.

Kereta mesin berisi generator, motor listrik, sistem kemudi, dan dikaitkan ke mekanisme roda penggerak. Kereta operator membawa operator kereta

kabel dan dikaitkan ke mekanisme roda pengangkut. Kereta pengangkut juga dikaitkan ke mekanisme roda pengangkut. Mekanisme roda penggerak terdiri dari 2 roda yang akan berjalan di atas kabel. Kedua roda dihubungkan ke sistem penggerak yang digerakkan oleh motor listrik dan terhubung melalui mekanisme roda gigi, dan rantai. Mekanisme roda pengangkut terdiri dari 2 roda yang bergerak bebas mengikuti mekanisme roda penggerak [12, 13]. Roda penggerak dan roda pengangkut bergerak di atas kabel yang ditopang oleh tiang-tiang penyangga yang dipasang berjarak 5 meter sepanjang laluan kereta kabel di dalam kebun kelapa sawit. Kabel dipasang pada tiang-tiang penyangga melalui pengait yang dirancang dengan bentuk tertentu sehingga dapat menahan kabel tanpa menghalangi laluan roda penggerak dan roda pengangkut.

3. Hasil dan Pembahasan

Desain kereta kabel secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1, dimana kereta mesin berada pada posisi paling depan (kiri), diikuti oleh kereta operator (tengah) dan kereta pengangkut (kanan). Semua kereta dihubungkan dengan kabel penarik. Bentuk dan ukuran kereta dibuat sederhana mungkin untuk menghemat daya pengangkut, dan memudahkan pergerakan. Dalam perencanaan kereta kabel ini, bentuk dan ukuran kereta mesin, kereta operator dan kereta pengangkut hanya dibahas secara umum, sedangkan mekanisme roda penggerak, mekanisme roda pengangkut dan tiang penyangga kabel akan dibahas lebih rinci.



Gambar 1. Sistem kereta kabel pengangkut kelapa sawit

3.1. Pemilihan Motor Penggerak

Pemilihan motor penggerak didasarkan pada kebutuhan daya yang akan ditransmisikan. Motor penggerak yang dipilih harus mampu menjaga alat pengangkut tetap berada dalam performa yang baik agar kegiatan pengangkutan kelapa sawit berjalan lancar. Motor penggerak yang digunakan harus memiliki daya yang cukup untuk menggerakkan roda penggerak untuk mengangkut kereta mesin, kereta operator dan kereta pengangkut [14].

Analisis beban dan daya sangat diperlukan untuk menentukan jenis dan kebutuhan daya motor yang akan digunakan. Faktor – faktor yang mempengaruhi analisis beban dan daya diantaranya berat kereta, berat operator, berat kelapa sawit yang diangkut, kecepatan dan percepatan kereta, tahanan gelinding dan tahanan kelandaian. Berat keseluruhan kereta (m) diperkirakan 1.160 kg (terdiri dari berat kereta 80 kg, berat operator 80 kg, dan berat kelapa sawit 1000 kg). Kecepatan kereta (v) direncanakan 2,77 meter/ detik dan percepatan (a) = 0,0092 m/detik². Merujuk pada [15] koefisien gesekan antara roda dan kabel diperkirakan (Crr) = 0,172.

Berdasarkan nilai di atas, dapat dihitung daya tarik = $Crr \times m \times a \times v$ = 0,172 x 1.160 kg x 0,0092 m/detik² x 2,77 m/detik = 5,08 W. Dengan memperhatikan daya tarik perencanaan dan ketersediaan pasar [14], maka dipilih motor penggerak dengan daya (Pm) 3 HP = 2,2 kW dan putaran maksimum (n) 2800 rpm. Kereta kabel direncanakan bekerja selama 8 hingga 10 jam sehari, sehingga dapat diambil faktor koreksi (fc) = 1,6. Maka daya rencana (Pd) = $fc \times Pm$ = 1,6 x 2,2 kW = 3,5 kW. Momen puntir T = $9,74 \times 10^5 \times (Pd/n)$ = $9,74 \times 10^5 \times (2,2 \text{ kW} / 2800 \text{ rpm})$ = 765,3 Nmm.

3.2. Perencanaan Poros

Bahan poros yang digunakan untuk konstruksi ini yaitu baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501) yang memiliki lambang S30C dengan nilai kekuatan tarik (σ_B) = 48 MPa. Bahan S30C ini telah dilakukan perlakuan permukaan sehingga sesuai untuk digunakan sebagai bahan poros yang tahan aus terhadap gesekan dengan bantalan [16].

Tegangan geser yang diizinkan untuk beban poros (τ_a) dihitung dengan persamaan $\tau_a = \sigma_b / (Sf_1 \times Sf_2)$, dimana σ_b adalah kekuatan bending bahan poros serta $Sf_1 \times Sf_2$ adalah faktor keamanan pertama dan kedua [17]. Untuk faktor keamanan pertama Sf_1 diambil 6,0 karena bahan yang digunakan adalah baja karbon dengan pengaruh masa dan baja paduan. Karena pengaruh konsentrasi tegangan cukup besar, pengaruh kekerasan permukaan dan pemberian pasak juga harus diperhitungkan, oleh karena itu faktor keamanan kedua Sf_2 dipilih sebesar 2,8. Maka tegangan geser yang diizinkan τ_a = 48 MPa / (6 x 2,8) = 2,86 MPa

Diameter poros (d_s) dihitung dengan persamaan $d_s = \sqrt[3]{\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T}$, dimana K_t adalah faktor koresi untuk momen punter, diambil nilai sebesar 1,0 sampai 1,5 dikarenakan pada saat beroperasi poros dikenakan sedikit beban kejut atau tumbukan [17]. Sedangkan C_b adalah faktor lenturan, diambil nilai 1,2 sampai 2,3 karena akan terjadi beban lentur saat poros beroperasi atau berputar. Maka

diameter poros = $d_s = \sqrt[3]{\frac{5,1}{2,86} \times 1 \times 1,2 \times 765,3} = 11,80 \text{ mm}$.

Tegangan geser yang terjadi pada poros = $\tau = \frac{5,1 T}{d_s^3} = \frac{5,1 \times 765,3}{11,80^3} = 2,38 \text{ MPa}$. Konstruksi memenuhi syarat aman [17] karena tegangan geser yang terjadi (τ) lebih kecil dari pada tegangan geser yang diizinkan (τ_a).

3.3. Perencanaan Pasak

Gaya tangensial pada pasak (F) dihitung dengan persamaan $F = \frac{T}{d_s/2} = \frac{765,3}{11,80/2} = 129,71 \text{ N}$. Lebar dan tinggi pasak dapat dipilih berdasarkan standar ukuran pasak dan disesuaikan dengan diameter poros [17]. Maka dipilih lebar pasak (b) = 7 mm dan tinggi pasak (h) = 7 mm. Panjang pasak disesuaikan dengan panjang poros penggerak, maka disini dipilih panjang pasak (l) = 50 mm.

Tegangan geser yang terjadi pada pasak (τ_k) dihitung dengan persamaan $\tau_k = \frac{F}{b \times l} = \frac{129,71}{7 \times 50} = 0,37 \text{ MPa}$. Pasak umumnya dipilih bahan yang mempunyai kekuatan tarik 60 MPa atau lebih kuat dari bahan porosnya. Namun, terkadang sengaja dipilih bahan yang lebih lemah dari poros sehingga pasak lebih dahulu rusak pada poros atau nafnya. Hal ini dikarenakan harga pasak yang relatif lebih murah serta mudah menggantinya. Maka untuk bahan pasak dipilih S30C dikarenakan kekuatannya lebih rendah dari poros [16].

Tekanan permukaan yang terjadi pada pasak (P) dihitung dengan persamaan $P = \frac{F}{h \times l} = \frac{129,71}{7 \times 50} = 0,37 \text{ MPa}$. Pasak terbuat dari bahan yang sama dengan poros, maka syarat aman telah terpenuhi [17] karena tegangan geser yang terjadi pada pasak (τ_k) dan tekanan permukaan yang terjadi pada pasak (P) lebih kecil daripada tegangan geser yang diizinkan (τ_a).

3.4. Perencanaan Bantalan

Gaya tangensial yang timbul pada bantalan merupakan gaya yang bekerja pada poros lurus dengan diameter. Gaya tangensial akibat putaran poros tersebut (F_t) dapat dihitung melalui persamaan $F_t = \frac{2T}{d_s} = \frac{2 \times 765,3}{11,80} = 129,71 \text{ N}$. Gaya radial (F_{rb}) yang terjadi dihitung dengan persamaan $F_{rb} = F_t / 2 = 129,71 / 2 = 64,85 \text{ N}$. Berdasarkan diameter poros sejajar yang telah direncanakan tempat bantalan pada poros dipasang yaitu sebesar 12 mm, maka bantalan yang dipilih berdasarkan katalog berikut [15].

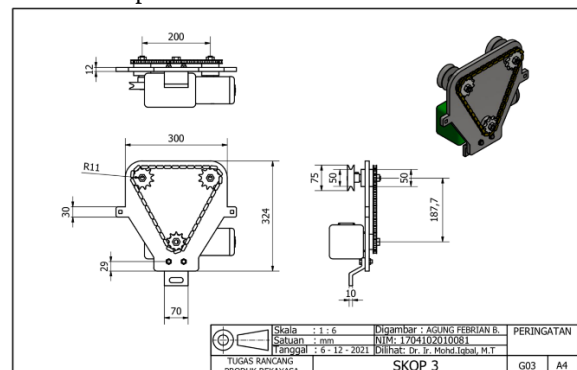
Bantalan yang dipilih dengan kode W 6301 memiliki diameter dalam 12 mm, dan diameter luar 37 mm. Umur bantalan dapat dihitung secara bertahap, dimulai dari faktor kecepatan (F_n) dihitung

dengan persamaan $F_n = \left(\frac{33,3}{n}\right)^{1/3}$, dimana n = putaran maksimum poros. Maka $F_n = \left(\frac{33,3}{2800}\right)^{1/3} = 0,23$. Selanjutnya faktor umur (F_h) dihitung dengan persamaan $F_h = F_n \frac{C}{P_r}$, dimana C adalah nilai kapasitas nominal dinamis spesifik dan P_r adalah nilai ekuivalen yang nilai keduanya pada tabel standar bergantung pada jenis bantalan dan dimensinya [15, 17]. Maka $F_h = 0,23 \frac{1427,6}{54,438} = 6,03$. Akhirnya umur bantalan (L_h) dihitung dengan persamaan $L_h = 500 F_h^3 = 500 \times 6,03^3 = 109.628 \text{ menit}$.

3.5. Perencanaan Sproket

Mekanisme sproket digunakan untuk meneruskan daya dari motor penggerak ke mekanisme roda penggerak pada kereta mesin. Mekanisme sproket terdiri dari 3 sproket yang dilekatkan pada plat mekanisme roda penggerak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Satu sproket bagian bawah terhubung dengan motor penggerak dan dua sproket bagian atas terhubung dengan roda penggerak.

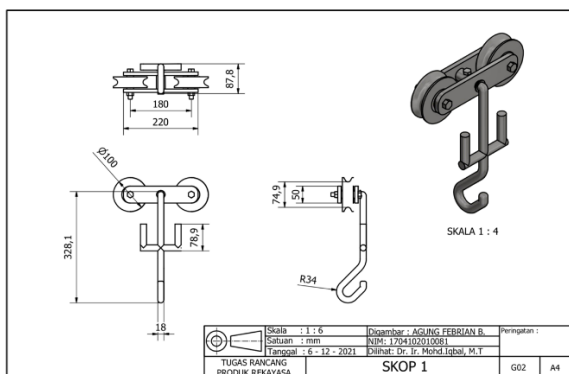
Diameter sproket ditentukan berdasarkan rasio kecepatan. Diameter sproket kecil (d_1) ditentukan 10 mm dan diameter sproket besar (d_2) 12 mm. Dengan mengetahui putaran sproket yang direncanakan pada sproket kecil (n_1) 2800 rpm, maka jumlah putaran sproket besar (n_2) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $n_2 = n_1 d_1 / d_2 = 2800 \times 10 / 12 = 233 \text{ rpm}$.



Gambar 2. Mekanisme sproket dan puli roda penggerak

3.6. Puli Roda

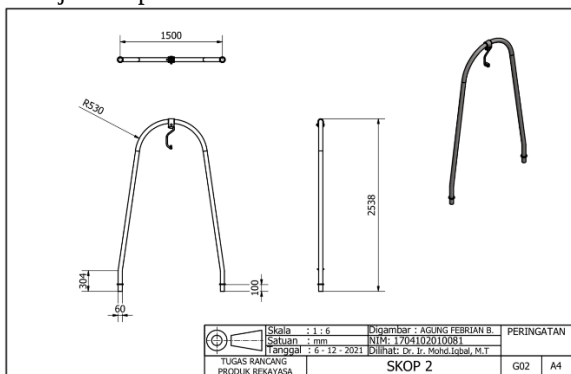
Puli roda yang digunakan disesuaikan dengan dimensi poros dan ketersediaan puli di pasaran. Puli roda dipilih yang memiliki diameter dalam 12 mm, dan diameter luar 88,9 mm terbuat dari material aluminium. Mekanisme puli pada kereta mesin ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan mekanisme puli pada kereta pengangkut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Puli roda pengangkut

3.7. Tiang Penyangga Kabel

Puli roda akan bergerak di atas kabel baja dengan diameter 25 mm. Kabel tersebut akan disangga oleh tiang penyangga yang terbuat dari pipa baja galvanis berdiameter 25 mm. Pada bahagian atas tiang penyangga dipasang pengait yang berfungsi sebagai penahan kabel. Untuk memastikan kekuatan dan keseragaman distribusi beban, tiang-tiang penyangga dipasang dengan jarak 5 m pada lintasan kereta kabel. Mekanisme tiang penyangga ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tiang penyangga kabel

4. Kesimpulan dan Saran

Mekanisme perancangan kereta kabel pengangkut kelapa sawit telah dibahas secara rinci. Penggunaan kereta ini akan meningkatkan efisiensi transportasi kelapa sawit, pupuk dan bahan-bahan lain di dalam kebun. Disamping itu juga akan menurunkan biaya karena kereta kabel tidak memerlukan jalan seperti kalau menggunakan truk atau traktor. Walaupun demikian, penelitian ini masih ditingkat perencanaan/ desain. Sebagaimana biasanya beberapa masalah mungkin saja terjadi pada proses pembuatan sehingga memerlukan penyesuaian bentuk dan ukuran [18, 19]. Demikian juga diperlukan evaluasi terhadap persoalan yang mungkin timbul pada saat penggunaan seperti getaran mesin [20] serta permasalahan pengoperasian oleh operator [21], sehingga dapat dilakukan perbaikan untuk

meningkatkan kinerja kereta kabel yang direncanakan.

Daftar Pustaka

- [1]. Radzi, M.K.F.M., Bakri, M.A.M. and Khalid, M.R.M., 2020. Development of a harvesting and transportation machine for oil palm plantations. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(5), pp.365-373.
- [2]. Comte, I., Colin, F., Grünberger, O., Follain, S., Whalen, J.K. and Caliman, J.P., 2013. Landscape-scale assessment of soil response to long-term organic and mineral fertilizer application in an industrial oil palm plantation, Indonesia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 169, pp.58-68.
- [3]. Zeki, M., Iskandar, I. and Iqbal, M., 2019. Analisis Efektifitas Kerja Pengangkatan Beban Pada Bagian Pengantongan Di PT. Pupuk Krueng Geukuh. *Industrial Engineering Journal*, 8(2).
- [4]. Hasanuddin, I., Iqbal, M., Ghazilla, R.A. and Erwan, F., 2019. The effect of working environment and motivation towards labors' performance: a case study in Aceh at PT Pupuk Iskandar Muda. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 8(1), pp.35-40.
- [5]. Iqbal, M., Tadjuddin, M. and Hasanuddin, I., 2014, Oktober. Mathematical Models to Determine the Metabolic Energy Consumption of Stoop and Squat Lifting. In *Proceedings of International Conference on Natural and Environmental Science (ICONES)* (pp. 61-66).
- [6]. Zaini, S.N.A.M., Zheng, C.W. and Abu, M.Y., 2020. Costing structure improvement using activitybased costing in palm oil plantation of Malaysia. *Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology*, 4(1), pp.95-109.
- [7]. Krisdiarto, A.W. and Sutiarso, L., 2016. Study on oil palm fresh fruit bunch bruise in harvesting and transportation to quality. *Makara Journal of Technology*, 20(2), pp.67-72.
- [8]. Valdés-Hernández, P.A., Martínez-Rodríguez, A., Suárez-Hernández, J. and Gómez-Águila, M.V., 2018. Theoretical Model of a Transportation System for Banana Bunches (Clusters) in Hillsides. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(3).
- [9]. Fahlevi, D.S., Iskandar, I. and Iqbal, M., 2020. Penentuan Dimensi Meja Dan Kursi Yang Ergonomis Dengan Metode Antropometri Dan Menggunakan Data Statistik Analisis. *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, 3(2), pp.75-79.
- [10]. Salam, R., Iqbal, M. and Hasanuddin, I., 2018. Desain dan Analisis Artificial Exoskeleton pada Prajurit TNI. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 17(2), pp.135-142.
- [11]. Pamungkas, I., Irawan, H.T., Arkanullah, L., Dirhamsyah, M. and Iqbal, M., 2019. Penentuan Tingkat Risiko pada Proses Produksi Garam Tradisional di Desa Ie Leubeu Kabupaten Pidie. *Jurnal Optimalisasi*, 5(2), pp.107-120.
- [12]. Firsia, T. and Iqbal, M., 2022. Pengembangan Mesin Pencacah Pakan Ternak Sapi bagi Peningkatan

- Pendapatan Peternak Sapi di Desa Mon Ikeun, Aceh Besar. *Jurnal Pengabdian Aceh*, 2(1), pp.41-48.
- [13]. Iqbal, M., Firsia, T. and Azan, S.A., 2021. Pembuatan Mesin Penyangrai Pengolahan Kopi Arabica Gayo untuk Peningkatan Pendapatan Pengusaha Kopi. *Jurnal Pengabdian Aceh*, 1(1), pp.38-45.
- [14]. Gurocak, H., 2015. Industrial motion control: motor selection, drives, controller tuning, applications. John Wiley & Sons.
- [15]. Childs, P.R., 2013. Mechanical design engineering handbook. Butterworth-Heinemann.
- [16]. DeGarmo, E.P. and Black, J.T., 2008. RA kohser "Materials and processes in Manufacturing".
- [17]. Bhandari, V.B., 2010. Design of machine elements. Tata McGraw-Hill Education.
- [18]. Kalpakjian, S. and Schmid, S.R., 2014. Manufacturing processes for engineering materials-5th edition. agenda, 12, p.1.
- [19]. Groover, M.P., 2020. Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems. John Wiley & Sons.
- [20]. Taufiq, M., Hasanuddin, I., Iqbal, M. and Erwan, F., 2021. Analyzing the Vibration Exposure to the Safety and Health at Workplace: A Case in the Urea Granulation Unit of the Fertilizer Factory. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 20(2), pp.115-124.
- [21]. Iqbal, M., Angriani, L., Hasanuddin, I., Erwan, F., Soewardi, H. and Hassan, A., 2021, February. Working posture analysis of wall building activities in construction works using the OWAS method. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1082, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.