

Perancangan Alat Penyambung Universal pada *Transporter* Mini Tandan Buah Segar Kelapa Sawit

Arlimda Arkeman^{*)}

Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Jakarta

^{*)}Corresponding Author. Email: arlimdaarkeman@trisakti.ac.id

ABSTRACT. Every palm oil plantation has different characteristics. In Indonesia, some of the palm oil plantations are unique because of its peaty, muddy, and bumpy features. Today, the existing Fresh Fruit Bunch (FFB) transport equipment is rigid and unable to follow the contour of outline of plantation ground, which limits its mobility. Therefore, it is necessary to design FFB transport equipment that offers ease of mobility. The new design has a universal joint feature that connects the front of part of the equipment (driver section) with the load carrier part (rear part). The design includes three-dimensional images with its simulations, two-dimensional images and the strength analysis of the joint. Both design drawings and strength analysis are carried out using SolidWorks engineering software. The result is a design of a universal joint with a dimension of 0.2 m in length and 0.15 m in width, and is capable of rotating in two directions; each at 30 degree on Y axis and 16 degree on X axis. All components of the universal joint are SS400 steel which has a tensile strength of 250 MPa. Calculation of strength with a tensile load of 1 ton results in a safety factor of 833. This safety factor ensures the maximum life span and strength of the universal joint.

Keywords: plantation land contour; fresh fruit bunch transport equipment; universal joint; connector

1. PENDAHULUAN

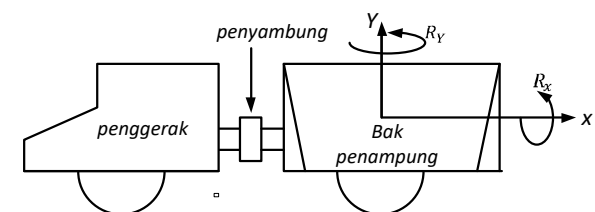
Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia dan bersama-sama dengan Malaysia saat ini menguasai pangsa pasar sekitar 85 persen produksi minyak kelapa sawit dunia. Oleh karenanya minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil*, CPO) dan termasuk juga minyak biji kelapa sawit (*Palm Kernel Oil*, PKO) yang berasal dari tandan buah segar (TBS) menjadi komoditas ekspor yang sangat penting dan strategis bagi Indonesia. Demikian juga produk turunan dari CPO berupa *food base* yang digunakan untuk membuat kebutuhan rumah tangga sehari-hari, di antaranya *Cooking Oil*. CPO juga bisa dijadikan pencampur bahan bakar solar menjadi bio-solar yang populer dengan sebutan B20 sebagai penunjang di sektor energi. Dengan demikian produksi CPO harus dilakukan seoptimal mungkin [1].

Kualitas dan kuantitas CPO hasil olahan dari tandan buah segar kelapa sawit tergantung dari rendemennya. Faktor-faktor yang mempengaruhi rendemen CPO antara lain adalah varietas tanaman, pemeliharaan tanaman, umur tanaman, cara panen, pengangkutan dan proses produksi di pabrik pengolahan [2,3]. Hal lain yang sangat berpengaruh terhadap kualitas CPO adalah kesegaran TBS yang diterima pabrik. Penurunan kualitas CPO dari TBS umumnya disebabkan oleh peningkatan kadar asam lemak bebas, yang terjadi antara 12 s/d 20 jam setelah panen [4]. Oleh sebab itu faktor pengangkutan memegang peranan penting untuk menjaga kesegaran TBS dan kualitas CPO.

Kelambatan kerap kali terjadi saat pengangkutan tandan biji kelapa sawit dari kebun ke Tempat Pengumpulan Hasil (TPH) sebelum diangkut ke pabrik pengolahan CPO. Kelambatan ini juga disebabkan oleh kondisi lahan yang ada, yang umumnya berupa tanah

kuning kecoklatan dan bergelombang ditambah curah hujan yang cukup tinggi sehingga lahan menjadi berlumpur. Selain itu, ada juga tanah berbukit, termasuk juga lahan gambut [5,6]. Keunikan kondisi lahan pada daerah gambut atau tanah kuning kecokelat-cokelatan yang becek menyebabkan alat angkut TBS yang ada saat ini sering terpuruk di tengah lahan. Salah satu penyebabnya karena alat angkut produksi dalam negeri pada umumnya konstruksinya sangat sederhana dengan tipe *mono chassis* seperti terlihat pada Gambar 1 dan tidak ada penyambung antara penggerak dengan bak penampung. *Chassis* yang kaku ini membuat mobilitas alat angkut berkurang karena tidak bisa mengikuti kontur lahan. Kondisi ini mengakibatkan keterlambatan dalam pengangkutan TBS ke TPH.

Ada produk impor yang menggunakan sistem *flexible chassis*, artinya bagian penggerak dan bagian penampung dipasang penyambung universal. Sebagian alat angkut yang diimpor yang terdapat di pasaran ada yang hanya bisa melakukan gerakan rotasi R_x saja atau gerakan rotasi R_y saja sehingga kurang lincah. Terdapat produk impor lainnya yang bisa melakukan gerakan rotasi R_x dan R_y namun terlalu berat sehingga juga kurang lincah dan sering terpuruk dalam lahan yang becek. Alat angkut yang demikian juga kurang sesuai dengan kondisi lahan serta menyebabkan kepadatan tanah bertambah.



Gambar 1. Alat angkut tandan buah segar kelapa sawit.

Dalam artikel ini telah dirancang alat penyambung universal (APU) pada alat angkut mini guna menghubungkan bagian penggerak dan bagian bak penampung. Dengan tujuan bak penampung dapat melakukan gerakan rotasi dalam arah R_x dan R_y diupayakan gerakannya dapat menyesuaikan dengan kondisi lahan yang unik di Indonesia. Tujuannya adalah agar didapat rancangan alat penyambung universal dengan kemampuan melakukan gerakan rotasi R_x dan R_y yang sesuai dengan kontur lahan gambut di perkebunan kelapa sawit. Selanjutnya diharapkan alat penyambung universal ini dapat diproduksi di industri manufaktur lokal tanpa menggunakan peralatan yang presisi.

2. STUDI PUSTAKA

Beberapa alat angkut yang beroperasi di Indonesia akan dibahas yang meliputi keunggulan dan kekurangannya. Gambar 2 menunjukkan foto alat angkut mini TBS (*Mini Transporter GT01*) kreasi dari Dr. Desrial, dosen Institut Pertanian Bogor [7]. Alat angkut mini ini menggunakan *crawler* sehingga dapat bekerja pada lahan gambut. Alat angkut mini ini dapat berfungsi sebagai alat angkut TBS yang baru dipanen untuk dikumpulkan di TPH yang selanjutnya diangkut dengan truk ke pabrik pengolahan CPO. Konstruksi *chassis*-nya dibuat kaku sehingga tidak bisa melakukan gerakan R_x dan R_y . Tetapi karena bentuknya yang kecil maka alat angkut tersebut cukup mudah untuk dioperasikan di dalam lahan. Namun karena kapasitas angkutnya kecil, kurang lebih 0,3 ton dan kecepatannya juga rendah, hasil angkut TBS lebih kecil jika dibandingkan alat sejenis yang daya angkutnya lebih besar.



Gambar 2. Alat angkut mini [7].

Gambar 3 adalah alat angkut TBS jenis truk yang fungsinya hanya untuk mengangkut TBS untuk dikumpulkan di bak penampungan. Alat angkut ini didesain dan diproduksi oleh Institut Pertanian Spiter Jogja [8]. Alat angkut ini digerakkan oleh mesin disel 11 hp yang mempunyai kapasitas angkut maksimum 2 ton dan menggunakan roda karet, dan *chassis*-nya kaku sehingga tak bisa untuk melakukan gerakan R_x dan R_y . Oleh karena itu, alat angkut ini hanya sesuai digunakan di

kebun kelapa sawit lahan kering dan tidak bisa masuk ke dalam lahan gambut.



Gambar 3. Truk alat angkut tandan kelapa sawit [8].

Gambar 4 adalah alat angkut TBS multi-fungsi yang dibuat oleh pabrik Cina [9]. Alat angkut multi-fungsi ini digerakkan oleh sebuah mesin disel 40 hp yang pada bagian belakangnya dipasangkan *power take off* (PTO) sehingga dapat difungsikan juga sebagai mini traktor. Selain itu alat angkut multi-fungsi ini dilengkapi juga dengan peralatan bantu lainnya sehingga dapat berfungsi juga untuk pemupukan dan penyiangan. Bak alat angkut multi-fungsi ini berkapasitas 5 ton yang dapat digunakan untuk mengangkut TBS yang dipanen langsung ke bak penampungan. Desain *chassis* alat angkut multi-fungsi ini fleksibel di mana bisa melakukan gerakan R_y saja. Pergerakannya bagus bisa melakukan gerakan patah pinggang sehingga untuk belok tidak memerlukan radius yang besar. Kekurangannya adalah rodanya terbuat dari karet dan berat totalnya tidak ideal untuk masuk ke dalam lahan dan mudah sekali terpuruk di lahan yang becek dan tanah gambut.



Gambar 4. Truk alat angkut multi-fungsi [9]

Produk impor alat angkut lainnya adalah Erreppi Bufallo yang dapat dilihat pada Gambar 5. Keistimewaan alat ini adalah: (1) *chassis* depan dan *chassis* belakangnya bisa bergerak ke kiri dan ke kanan masing-masing 15 derajat, (2) konstruksi *chassis*-nya ringan dan kokoh, dan (3) sistem penggeraknya 4 roda (4WD). Desain *chassis*-nya fleksibel bisa melakukan gerakan R_x saja, pergerakannya bagus bisa melakukan gerakan ke kiri dan ke kanan sehingga jika ada lobang atau kondisi tanah yang tidak rata, roda depan dan roda belakang bisa saling mengimbangi. Kekurangannya adalah karena menggunakan *front steering* maka radius putarnya pun relatif besar, sehingga waktu memutar saat keluar dari *row* satu menuju *row* lainnya tidak bisa dilakukan satu

kali. Dengan menggunakan ban tipe *low ground pressure* (LGP), alat angkut ini memiliki kemampuan manuver yang baik di lahan gambut karena *ground pressure*-nya rendah.



Gambar 5. Erreppi Bufallo.

Gambar 6 adalah gambar alat angkut impor produksi One World Equipment (OWE) dari Tiongkok. Mekanisme kerjanya sama dengan Erreppi, tapi kelebihan OWE dari Erreppi adalah alat ini mempunyai kemampuan melakukan gerakan R_x dan R_y . Kemampuan OWE ini melebihi alat-alat yang lain sekelasnya, tapi disayangkan berat totalnya paling berat dikelasnya, hampir sekitar 3 ton, sehingga tekanan terhadap tanahnya juga besar dan tidak terlalu cocok utk kondisi lahan di Indonesia.



Gambar 6. Alat angkut One World Equipment (OWE).

3. BAHAN DAN METODE

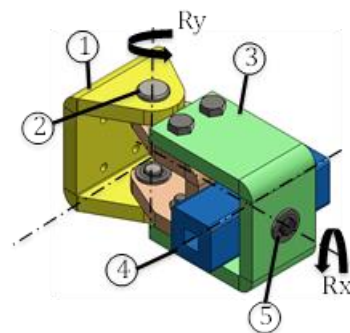
Penelitian dilakukan dari September 2018 – Desember 2018 yang meliputi observasi lapang dan perancangan peralatan. Observasi lapang dilakukan di lahan perkebunan kelapa sawit milik swasta di daerah Sumatera. Observasi meliputi kontur lahan dari jalan dalam kebun (*infield*), termasuk kegiatan penggunaan alat angkut TBS di dalam lahan seperti mobilitas alat, daya angkut, kepadatan tanah, waktu tempuh per trip dan informasi teknis lainnya.

Kegiatan perancangan APU dilakukan di laboratorium Fenomena Dasar Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti. Perancangan meliputi gambar tiga dimensi beserta animasinya serta perancangan dua dimensi (gambar kerja) dan analisis kekuatan. Perancangan tiga dimensi dilakukan dengan menggunakan piranti lunak *SolidWorks* sedangkan

animasinya meliputi animasi gerak rotasi R_x dan R_y . Gerakan rotasi disesuaikan dengan kontur dan kondisi lahan. Perancangan dua dimensi meliputi gambar susunan dan gambar komponen. Termasuk di dalamnya adalah bentuk, ukuran, pemilihan bahan dan semuanya dilakukan dengan menggunakan piranti lunak *SolidWorks*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil observasi yang diperoleh yaitu bahwa alat angkut TBS yang sesuai untuk lahan bergelombang becek dan gambut adalah alat angkut TBS dengan kapasitas angkut maksimum 0,7 ton dan berat kosong alat angkutnya maximum 0,8 ton sehingga berat total 1,5 ton. Alat angkut TBS lainnya yang sesuai dengan lahan yang ada adalah alat angkut TBS dengan kapasitas angkut maksimum 1,0 ton dan berat kosong alat angkutnya maksimum 0,9 ton sehingga berat totalnya 1,9 ton. Sesuai dengan kontur lahan, maka APU yang berfungsi untuk menyambung bagian penggerak dari alat angkut dengan bagian penampung TBS tersebut harus bisa mengakomodasi gerakan rotasi bak penampung dalam arah X dan Y yaitu $R_x = 16^\circ$ dan $R_y = 30^\circ$ sedangkan rotasi dalam arah Z dapat diabaikan. Dalam penelitian ini, hanya dibuat sebuah rancangan APU yang dapat digunakan pada kedua jenis kapasitas alat angkut TBS tersebut.



Keterangan gambar:

1. Penyambung tetap, 2. Engsel rotasi arah Y, 3. Penyambung rotasi arah Y, 4. Penyambung rotasi arah X, 5. Engsel rotasi arah X.

Gambar 7. Gambar 3D alat angkut universal (APU).

Gambar APS tiga dimensi yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 7. Semua komponen terbuat dari bahan SS 400 dengan kuat tarik mulur $\sigma_y = 250$ MPa. Komponen 1 adalah penyambung tetap yang dihubungkan dengan bagian depan *transporter* (penggerak) dan merupakan bagian dari mekanisme gerak putar vertikal R_y . Sumbu putarnya adalah komponen 2 yang berupa poros engsel. Komponen 3 adalah profil U yang dirancang untuk memegang komponen 4 yang merupakan bagian dari *chassis* belakang tempat bak penampung. *Chassis* belakang ini dapat melakukan gerakan putar R_x . Susunan yang demikian memungkinkan bak penampung melakukan gerakan rotasi sesuai dengan kontur lahan yaitu $R_x = 16^\circ$ dan $R_y = 30^\circ$. Dengan rancangan ini, terlihat bahwa komponen dari APU sangat sederhana dan dapat diproduksi tanpa menggunakan peralatan mesin yang

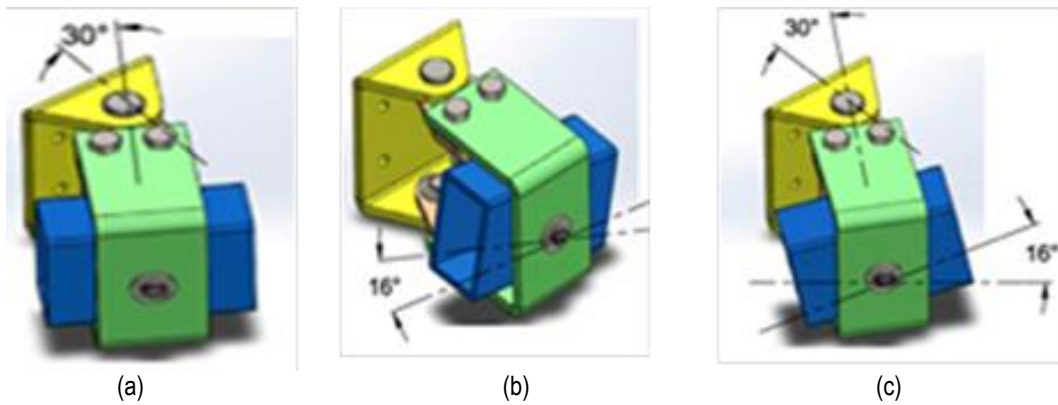
presisi sehingga dapat diproduksi oleh industri manufaktur lokal.

Animasi dari APU ditunjukkan pada Gambar 8. Animasi dari APU dalam arah Y ditunjukkan pada Gambar 8a dengan rotasi komponen 3 sebesar $R_y = 30^\circ$ akan memudahkan alat angkut TBS bermanuver saat berbelok. Animasi APU dalam arah X ditunjukkan pada Gambar 8b dengan komponen 4 sebesar $R_x = 16^\circ$ akan memudahkan bak penampung mengakomodasi kemiringan lahan. Pada saat alat angkut berbelok pada lahan miring maka diperlukan rotasi pada APS sebesar $R_x = 16^\circ$ dan $R_y = 39^\circ$ dan animasinya ditunjukkan pada Gambar 8c.

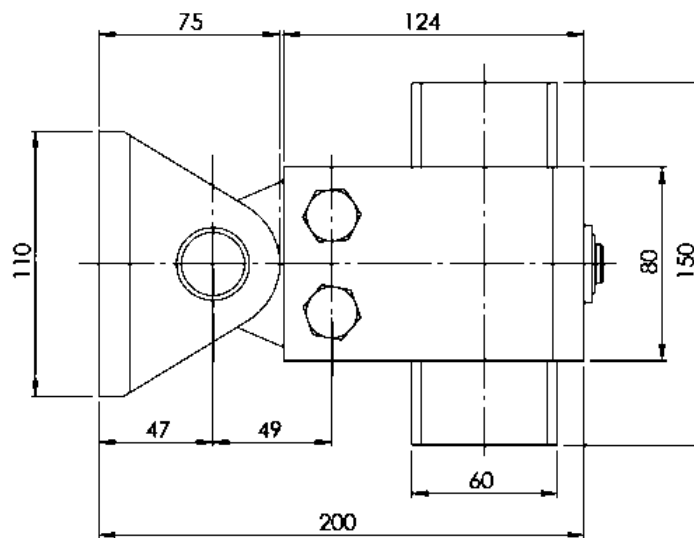
Gambar dua dimensi pandangan atas dari APU ditunjukkan pada Gambar 9. Hal yang penting pada rancangan ini adalah ukuran utamanya yaitu lebar total APU sebesar 0,15 m dan panjang total APU sebesar 0,2 m. Dengan demikian alat penyambung ini tidak mengubah panjang dari alat angkut TBS secara keseluruhan.

APU yang dirancang harus mampu menahan beban tarik yang diakibatkan oleh gesekan roda bak penampung

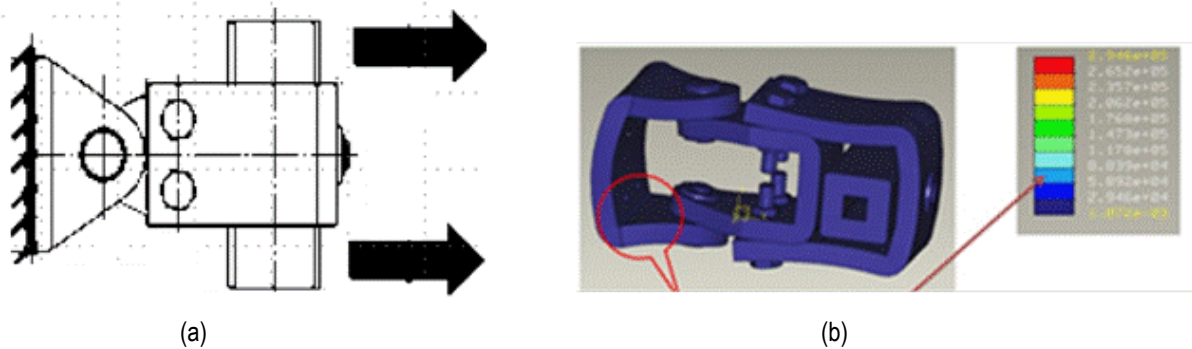
dengan tanah lahan. Selain itu, APU juga harus terjamin tidak terjadi kerusakan dalam waktu yang singkat. Untuk itu dilakukan analisis kekuatan dengan menggunakan piranti lunak *SolidWorks*. Ilustrasi analisis kekuatan ini ditunjukkan pada Gambar 10. APU dijepit pada penyambung tetap (komponen no. 1) dan diberi beban tarik pada penyambung rotasi arah X yaitu komponen no 4. (Gambar 10a.) Jika W adalah bobot bagian penampung dari alat angkut TBS serta μ adalah koefisien gesek antara roda dengan tanah lahan, maka besar beban tarik tersebut adalah $F_a = \mu W$. Dalam simulasi ini besar beban tarik diambil sebesar 1 ton. Hasil analisis berupa tegangan Von Mises (σ') yang ditunjukkan pada Gambar 10b di mana besar tegangan $\sigma'_{\text{mak}} = 0,3$ MPa. Karena bahan APU terbuat dari baja SS400 dengan kuat tarik mulur $\sigma'_y = 250$ MPa, maka faktor pengamanannya dapat dihitung sebesar 833. Faktor pengaman yang sangat besar ini menjamin kekuatan APU dalam menarik bagian penampung dari TBS serta menjamin umur APU yang lama.



Gambar 8. Animasi gerakan rotasi R_x dan R_y pada alat penyambung universal (APU).



Gambar 9. Gambar pandangan atas dari APU.



Gambar 10. Analisis tegangan dari APU dengan menggunakan piranti lunak *SolidWorks*.

5. KESIMPULAN

Telah berhasil dirancang APU guna menghubungkan antara bagian penggerak dan bagian penampung dari alat angkut mini TBS. APU ini memungkinkan bagian penampung dari alat angkut mini TBS dapat mengakomodasi kontur lahan sehingga alat angkut mini TBS mempunyai mobilitas yang relatif tinggi di lahan bergelombang. APU yang berukuran panjang 0,2 m dan lebar 0,15 m ini tidak menambah panjang alat angkut TBS secara berarti. Hasil simulasi kekuatan APU menunjukkan bahwa dengan beban tarik sebesar 1 ton, faktor pengaman APU sangat tinggi yaitu sebesar 833.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Keuangan Republik Indonesia-Badan Kebijakan Fiskal Pusat Kebijakan Ekonomi Makro, 2012, Laporan Kajian Nilai Tambah Produk Pertanian.
- [2] Intara, Y.I., Mayulu H. dan Radite P.A.S., 2013, Physical and Mechanical Properties of Palm Oil Frond and Stem Bunch for Developing Pruner and Harvester Machinery Design, *International Journal of Science and Engineering*, **4**(2), hal. 69-74.
- [3] Nwankwojikea B. N., Odukweb A. O. dan Agunwambac J.C., 2011, "Modification of Sequence of Unit Operations in Mechanized Palm Fruit Processing," *Nigerian Journal of Technology*, **30**(3), hal. 41-49.
- [4] Budiyanto, Imam, P., Hidayat, A., 2007, "Analisis hubungan mutu TBS terhadap kualitas dan rendemen CPO di PT. Agromuko Bunga Tanjung," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2007*, Universitas Lampung, 27-28 Agustus 2007, hal. 424-432.
- [5] Hidayati, J., Sukardi, Suryani, A., Fauz, A.M., Sugiharto, 2016, "Identifikasi Revitalisasi Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera Utara," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, **26**(3), hal. 255-265 .
- [6] Winarna, Santoso, Yusuf M.A., Sumaryanto, Sutarta E.S., 2014, "Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit di Lahan Pasang Surut," *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014*, Palembang 26-27 September 2014, hal. 544-553.
- [7] Desrial, Yulianto, M., Rudiansyah, R.A., 2014, "Mini transporter tipe crawler," *Inovasi IPB*.
- [8] Institut Pertanian STIPER Yogyakarta, 2012, "Traktor Kelapa Sawit Hidraulik SSB," <https://www.youtube.com/watch?v=QvurRPqvgQw> (diunduh 21 Maret 2016).
- [9] Qingzhou longjiu Machinery, "Transporter Kelapa Sawit SWL 400," komunikasi melalui email susanbeauty86@outlook.com (diunduh 22 Maret 2016).