



Rancang Bangun Alat Panen Portabel Sawit Bermotor Menggunakan *Flexible Shaft*

The Design of a Motorized Palm Portable Harvesting Tool using a Flexible Shaft

Oktavianus Ardhan Nugroho, Andreas Reky Kurnia Widhi, dan Shanti Kumbarasari

Abstrak Dalam dunia industri perkebunan, untuk mendapatkan hasil panen yang maksimal, faktor utama yang perlu diperhatikan adalah cara pemanenannya. Proses pemanenan yang efisien, murah dan efektif menjadi hal utama yang harus dicapai. Indonesia sebagai salah satu Negara penghasil sawit dunia bersama dengan Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) terus mengembangkan cara untuk mengoptimalkan proses produksi sawitnya. Proses pemanenan saat ini masih banyak menggunakan cara manual menggunakan sabit dan dodos. Beberapa alat panen sawit juga ada yang sudah bermotor akan tetapi alat yang ada mempunyai kelemahan dari segi harga dan getaran pada shaft. Pada artikel ini dengan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) penulis berhasil merancang alat pemanen sawit bermotor dimana getaran dari motor dapat dikurangi dengan memindahkan posisi motor menggunakan *Flexible shaft*. Selanjutnya memodifikasi *gearbox* dari material, bentuk roda gigi, dan beberapa element mesin proses itu membuat *gearbox* menjadi ringan dan memiliki getaran yang kecil. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat panen sawit bermotor yang dapat digunakan untuk memanen buah sawit secara cepat dan mudah. Hal lain yang dituju adalah mendapatkan mesin panen sawit bermotor yang murah karena semua part yang dirancang dan diproduksi pada mesin panen sawit ini dibuat secara mandiri dan memiliki getaran yang rendah. Percobaan yang dilakukan di Koperasi Jasa Profesi (KJP) Cipta Prima Sejahtera Banjarmasin

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Oktavianus Ardhan Nugroho(✉)
Program Studi Mesin Industri, Politeknik Industri ATMI
Jl. Kampus Hijau No. 3, Jababeka Education Park, Cikarang Utara,
Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17520, Indonesia
Email: oktavianus_ardhan@atmick.ac.id

mendapatkan mesin panen sawit yang sudah dirancang memiliki nilai percepatan getaran yang rendah, memiliki perawatan mudah., lebih ringan dibandingkan alat potong sawit bermotor yang sudah ada, dan kecepatan pemotongan dahan yang banyak dan cepat dibandingkan alat potong manual dodos.

Kata kunci: *Flexible shaft, gearbox, getaran, prototype, sawit*

Abstract *In the world of the plantation industry, to get a maximum harvest, the main factor that needs to be considered is the way of harvesting. An efficient, inexpensive, and effective harvesting process is the main thing that must be achieved. Indonesia as one of the world's palm oil-producing countries together with the Palm Oil Plantation Fund Management Agency (BPDPKS) continues to develop ways to optimize its palm oil production process. The harvesting process today still uses many manual methods using sickles and dodos. Some palm oil harvesting tools are already motorized, however, existing tools still have disadvantages in terms of price and vibration in the shaft. In this article, the author successfully applied the Quality Function Deployment (QFD) method and designed a motorized palm harvester where vibrations from the motor can be reduced by moving the motor's position using a Flexible shaft. Further modifying the gearbox from the material, gear shape, and some elements of the process engine makes the gearbox lightweight and have a small vibration. This study aims to make a motorized palm harvesting tool that can be used to harvest palm fruit quickly and easily. Another thing to aim for is to get a cheap motorized palm oil harvesting machine because all the parts are designed and produced independently and have low vibration. Experiments conducted at the Professional Services Cooperative (KJP) Cipta Prima Sejahtera Banjarmasin*

obtained a palm oil harvesting machine that had been designed to have a low vibration acceleration value, has easy maintenance, is lighter than existing motorized palm cutting tools, and the speed of cutting branches is many and fast compared to manual dodos cutting tools.

Keywords: *Flexible shaft, gearbox, vibration, prototype, palm*

PENDAHULUAN

Salah satu hasil bumi utama Indonesia yang melimpah adalah buah sawit. Sesuai dengan Peraturan Presiden (Perpres) sistem Pembangunan Kelapa Sawit Berkelanjutan (*Indonesia Sustainable Palm Oil / ISPO*) (Apriyanto *et al.*, 2021) yang ditargetkan selesai pada pertengahan tahun atau akhir semester-I 2020. Dalam industri kelapa sawit saat ini, proses pemanenan tandan buah segar (TBS) merupakan salah satu hal penting di dalam proses produksi pemanenan kelapa sawit. Penggunaan mesin pemotong dalam proses pemanenan merupakan hal yang perlu dikembangkan (Shokripour *et al.*, 2012). Pemanenan sendiri merupakan suatu kegiatan memotong tandan buah yang matang kemudian dikumpul di tempat pengumpulan hasil (TPH). Proses pemanenan yang saat ini masih menggunakan pekerjaan secara manual dengan pisau sabit atau *chisel* (Shokripour *et al.*, 2012) hal ini di anggap kurang efektif. Memotong dengan cara manual selain membutuhkan *skill operator* juga dianggap banyak menguras energi ketika pemanenan.

Salah satu alat panen sawit bermotor adalah *palm cutter PC-75 STIHL* yang dikenalkan pada tahun 2008 (Jelani *et al.*, 2019). Alat panen ini menggunakan mesin bermotor 2 kali percepatan, bahan bakar bensin campur, dan pisau potong berbentuk sabit. Mesin dengan spesifikasi tersebut dapat menghasilkan pemangkasan disertai pemanenan yang cepat dan mudah. Salah satu kelemahannya adalah harga yang tinggi untuk setiap partnya. Jenis mesin lain yang dijual adalah mesin cantas (Jelani *et al.*, 2018). Mesin ini sudah banyak dipakai di berbagai negara seperti Indonesia, Malaysia, Brazil, Thailand. Mesin ini memiliki spesifikasi yang hampir sama dengan *Sthill*. Salah satu kekurangan dari mesin ini adalah harga mahal terutama di bagian *gearbox*.

Alat panen sawit bermotor termasuk dalam alat

yang memiliki getaran yang tinggi. Hal itu menjadi pertimbangan dalam proses perancangan. Getaran yang tinggi ini menyebabkan penyakit Tremor atau sering disebut HAVS (*Hand Arm Vibration Syndrom*) (Mh Salleh *et al.*, 2013, Jelani *et al.*, 2019). Penyakit ini muncul akibat getaran mekanis dari mesin, yang mengakibatkan tangan dan lengan pekerja menjadi terganggu. Penyakit ini memunculkan gejala *vaskuler, neurologi*, dan *muskuloskeletal* pada jari, tangan, dan lengan. Gejala tersebut disebabkan karena getaran secara terus-menerus yang dialami tangan ketika menggunakan mesin, contohnya seperti penggunaan bor (*drill*), gerinda, bor listrik, gergaji, alat penghancur beton, dan alat panen sawit bermotor (Mh Salleh *et al.*, 2013).

Peraturan nasional tentang ambang batas getaran juga sudah dikeluarkan oleh pemerintah Indonesia. Peraturan Kepmenaker NO : KEP-51/MEN/1999, (Susanto *et al.*, 2021) berbicara tentang nilai ambang batas getaran mesin di tempat kerja. Besar nilai ambang batas getaran dijelaskan pada table 1. Hal lain dari risiko getaran mekanis. yang merambat melalui tangan juga sudah banyak dijelaskan salah satunya pada artikel Hand Transmitted Vibration (Skogsberg, 2006). Menurut artikel tersebut getaran yang muncul disebabkan oleh putaran motor, kurangnya maintenance, titik pegangan dekat dengan sumber getaran, lamanya memegang alat, dan kerasnya material yang dikerjakan. Dari keputusan menteri dan artikel Hand Transmitted Vibration (Skogsberg, 2006) diketahui bahwa makin besar nilai percepatan getaran, maka waktu kerja yang diperbolehkan harus makin kecil. Pada pekerjaan normal dengan waktu kerja delapan jam, paparan getaran dibatasi sebesar 4 m/s² (Skogsberg, 2006) (Susanto *et al.*, 2021).

Pada penelitian sebelumnya telah dibuat beberapa cara untuk mengurangi getaran. Penambahan isolator getaran ditambahkan pada tangkai alat panen Alat Panen *Portable*. Tujuan pemberian isolator getaran atau damper tersebut adalah untuk mengurangi getaran yang terjadi, (Jelani, 2018). Selain itu semua part pada mesin yang sebelumnya menggunakan *sparepart* berbahan metal diganti plastik khusus. Tujuan penggantian tersebut karena metal memiliki kecenderungan meneruskan getaran.

Penelitian lainnya yang dilakukan (Klembczyk, 2009, Mohd Ikmal *et al.*, 2019) menjelaskan bahwa isolasi shock yang dapat menyerap dan menjadi

dampers sebagai pengurang getaran pada alat jika dipasang pada posisi yang tepat. Pemberian peredam

atau dampers pada *shaft* dapat mengurangi getaran yang dialami operator Ketika mengoperasikan alat.

Tabel 1. Nilai ambang batas getaran menurut Kepmenaker NO : KEP-51/MEN/1999

Table 1. Vibration limit from Kepmenaker NO : KEP-51/MEN/1999

Jumlah waktu kerja per hari kerja	Nilai percepatan pada frekuensi dominan (ms^{-2})
4 jam dan kurang dari 8 jam	4
2 jam dan kurang dari 4 jam	6
1 jam dan kurang dari 2 jam	12
kurang dari 2 jam	20

Selain getaran ada hal lain yang menjadi catatan yaitu: alat harus dapat melakukan penyesuaian dari tinggi atau jauhnya jarak tandan sawit yang akan dipotong / dipanen. Hal ini karena rata-rata ketinggian pohon di Koperasi Jasa Profesi (KJP) Cipta Prima Sejahtera Banjarmasin memiliki tinggi maks 7 meter, maka alat yang dibuat harus memiliki variasi ketinggian 5 sampai dengan 7 meter.

Tujuan dirancangnya alat portabel sawit ini adalah: 1. merancang dan membuat alat panen sawit portable yang memiliki getaran rendah, bobot ringan, dan memiliki daya tahan tinggi. 2. merancang dan membuat alat panen sawit portable yang memiliki kecepatan potong yang tinggi 3. merancang dan membuat gearbox dan shaft seluruhnya diproduksi secara mandiri sehingga nantinya didapatkan biaya pembuatan yang rendah.

Pada artikel ini metode QFD dipakai untuk pengembangan desain yang akan dibuat. Dengan metode QFD didapatkan beberapa parameter teknis salah satunya adalah perancangan posisi motor untuk mengurangi getaran. Perancangan posisi motor pada alat panen sawit dirubah yang sebelumnya posisinya menjadi satu dengan shaft utama, dirubah menggunakan flexible shaft sehingga posisinya tidak lagi menjadi satu sumbu sehingga menghilangkan getaran motor. Hal lainnya adalah pada perancangan gearbox, dengan mengubah desain dan material gearbox maka gearbox yang dihasilkan lebih efektif di berat, daya tahan, dan getaran.

Pada akhirnya *prototype* ini di tes secara fungsional, fisik, performa, dan daya tahan. Nantinya data-data tersebut diukur dan dicatat ketika pengujian secara langsung di KJP perkebunan sawit, dan hasilnya dibandingkan dengan alat panen motor yang ada dipasaran serta alat dodos manual.

BAHAN DAN METODE

Quality Function Deployment (QFD)

Pada Penelitian ini dilakukan upaya pengembangan alat panen sawit bermotor yang sesuai dengan kebutuhan di industry kelapa sawit. Dengan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) (Akao, 1990) analisis hal yang sesuai dengan keinginan pasar dikumpulkan dan digunakan untuk pengembangan produk. Data yang dikumpulkan menggunakan metode ini diperoleh dari hasil survei di KJP Banjarmasin setelah itu hasil analisisnya dijadikan sebagai dasar dalam mendesain dan merancang, hasilnya seperti pada tabel 2.

Rancangan Mesin

Pada penelitian sebelumnya menjelaskan perubahan pada desain dapat mengurangi getaran yang terjadi (Koli *et al.*, 2015) (Andriani, 2018). Beberapa langkah dalam desain alat portabel sawit ini, yang pertama merancang gearbox yang memiliki getaran yang rendah.

Kedua, rancangan pada pisau pemotong, membuat beberapa rancangan pisau untuk mengefektifkan proses pemotongan pelepah sawit. Ketiga adalah rancangan *shaft telescopic* untuk

mengurangi jumlah getaran yang terjadi maka posisi motor yang tadinya jadi satu dengan *shaft* dipisah menggunakan *Flexible shaft* sehingga mengurangi getaran yang terjadi.

Tabel 2. Parameter teknis QFD
Table 2. Technical parameters of QFD

No	Parameter teknis	Keterangan
1	Ringan	Alat yang dibuat harus ringan dilihat dari material yang dipakai harus material yang memiliki massa jenis rendah terutama pada bagian <i>gearbox</i> dan <i>telescopic shaft</i>
2	Mesin	Motor yang dipakai memiliki daya 12 HP dan pemilihannya bisa menggunakan motor 2x percepatan dan 4x percepatan
3	Getaran	Getaran pada alat ketika dipakai harus di bawah getaran yang dianjurkan yaitu 20 m s^{-2}
4	<i>Cost Production</i>	Proses pembuatan juga harus efisien untuk menekan harga alat, terutama pada pembuatan body <i>gearbox</i> dan pisau proses pembuatannya bisa menggunakan proses pengecoran, machining, dan penempaan
5	Daya Tahan (Umur)	Bagian bagian penting pada part tertentu harus dilakukan proses harden untuk meningkatkan kekerasan sehingga umur dari part meningkat
6	Ukuran (Dimensi)	Panjang dari mesin ini harus mencapai ketinggian 6 m karena rata rata ketinggian pohon sawit, mesin juga harus mudah di bongkar pasang untuk mengurangi ukuran ketika penyimpanan.
7	Kecepatan Potong	Kecepatan menebang dengan cara manual adalah 20 dahan per menit, maka mesin yang dibuat nanti harus memiliki kecepatan potong lebih dari yang sudah ada.

Pengembangan desain *gearbox*, pisau, dan posisi motor

Mengikuti metode QFD dan melihat penelitian sebelumnya (Inoue *et al.*, 1993) dalam mendesain sebuah *gearbox*, hal – hal yang dilakukan dalam mendesain alat panen portabel ada 3 yaitu:

1. Pada gambar 1 rancangan gear dan posisi gear, pada *gearbox* dibuat lebih rapi, posisi gear yang tadinya *close side gear* diubah menjadi *open side gear* untuk mempermudah proses assembling,
2. jumlah bearing juga dikurangi dengan cara dibuat menjadi *one side bearing* supaya berat menjadi lebih

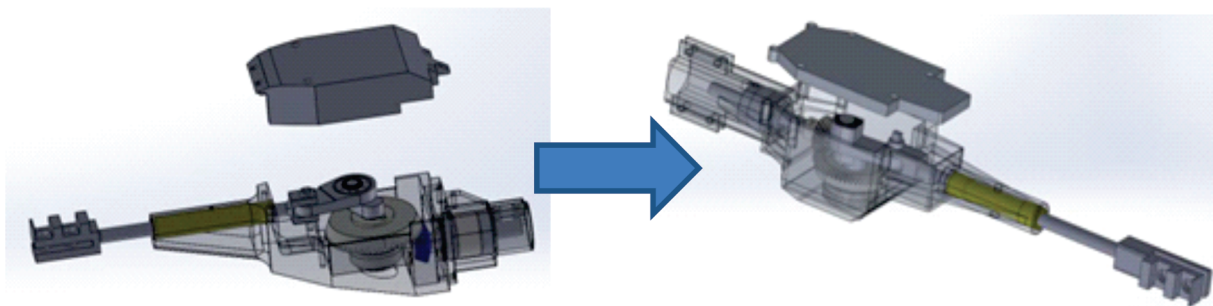
ringan.

3. *body gearbox* dibuat dengan menggunakan material aluminium untuk mengurangi beratnya.

Mengubah posisi motor penggerak

Posisi motor 2 x percepatan sebelumnya terdapat pada posisi sejajar dan menjadi satu dengan *telescopic shaft*. Hal itu memiliki pengaruh tinggi

terhadap getaran yang terjadi pada alat panen, oleh karena itu pada rancangan terbaru posisinya diubah dengan bantuan *Flexible shaft* seperti pada diagram *engineering* tabel 3, hal ini terbukti bisa mengurangi jumlah getaran yang terjadi. Posisi pengukuran getaran dilakukan di 2 titik. Titik pertama untuk mengukur getaran yang timbul akibat getaran pada *gearbox*. Sedangkan pada titik kedua dilakukan untuk mengukur getaran pada tangan akibat dari *Flexible shaft*. Posisi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Versi gearbox dari *close side gear* menjadi *open side gear* untuk mempermudah assembling dan pergantian part

Figure 1. Gearbox version of *close side gear* becomes *open side gear* to facilitate assembling and changing parts

Tabel 3. Diagram *Engineering* alat sebelumnya dengan rancangan terbaru.

Table 3. *Engineering diagram from previous design and latest design*

No	Keterangan	Alat Dipasaran	Rancangan Terbaru
1	Bentuk desain		
2	Jenis gearbox	Close side	Open side
3	Motor	2 x percepatan sejajar sumbu	4 x percepatan terpisah dari sumbu
4	Berat	15 kg (tanpa bensin tanpa pisau)	6 kg (tanpa bensin tanpa pisau)
5	Bentuk Shaft	Standart	Standart ditambah <i>flexible shaft</i>
6	Jaungkauan	5-6 meter	3-6 meter
7	Performa	0.95 KW	1 KW
8	Bahan bakar	Bensin Campur	Bensin murni

(continued)

No	Keterangan	Alat Dipasaran	Rancangan Terbaru
9	Cara Penggunaan		



Gambar 2. Posisi pengukuran getaran
Figure 2. Position when measuring vibrations

Uji coba di KJP Banjarmasin

Menurut penelitian yang dilakukan Abdul Razak (JeAni *et al.*, 2019) perlu dilakukan tes terhadap *prototype* alat panen sawit. Tes kualitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan *prototype* dalam memenuhi standar kualifikasi yang ditentukan. Supaya

alat ini dapat dipakai dan bisa diproduksi maka dilakukan:

1. Tes fisik, meliputi berat alat dan ukuran/ dimensi alat.
2. Tes fungsional, meliputi pengecekan apakah alat berfungsi dengan baik ketika digunakan dan mencapai target pemanenan ketika digunakan oleh

operator lapangan.

3. Tes ini dilakukan untuk mengetahui besarnya getaran yang diterima oleh tangan pengguna ketika proses pemanenan, seperti pada gambar 2 pengukuran dilakukan di dua titik, yaitu pada titik 1 dan 2 pada batang *telescopic*.

4. Performa dari mesin, meliputi *torsi*, *stroke*, dan jumlah pemakaian bahan bakar. Rpm pada pengujian antara 5000 s/d 8000 rpm.

5. Tes kelelahan, tes ini dilakukan untuk mengetahui daya tahan alat yang sudah dibuat, kekuatan part-part pada *gearbox shaft* dan mesin, pemakaian yang dianjurkan adalah selama 6 jam sehari.

Pengujian dilakukan di KJP Banjarmasin

membandingkan penggunaan antara alat yang sudah ada dengan alat panen sawit hasil rancangan, dengan parameter waktu pemakaian 1,5 menit dengan parameter tambahan berapa jumlah dahan yang dapat di tebang. Seperti pada gambar 3 Pengujian dalam penggunaan alat ini, dilakukan oleh dua orang operator dengan cara menggunakan alat sawit secara manual, dan alat inovasi sawit secara bergantian. Setiap setelah melakukan pengujian, para operator diperiksa keadaan kesehatannya dengan menggunakan alat detak jantung dan kadar oksigennya. Berikut data pada Tabel 6 menampilkan hasil kondisi operator setelah pemakaian, pada data tersebut menunjukkan operator tidak mengalami gejala HAVS dan kelelahan



Gambar 3. Proses perbandingan Mesin portabel sawit dengan manual
Figure 3. comparison of palm portable harvesting machine with manual harvesting

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil tes kualitas dilakukan untuk mengetahui perbandingan propertis fisik alat yang sudah ada dengan desain baru yang sudah dibuat dengan metode QFD. Alat pada Tabel 4 menunjukkan perbandingan antara alat yang lama dengan alat yang baru.

Dari tabel 4 dengan mengubah dimensi dan jenis material yang dipakai maka berat mesin desain baru memiliki berat yang lebih kecil dari berat pada alat

sebelumnya.

Pada tabel 5 menunjukkan spesifikasi dari alat panen sawit ATMI yang sudah dibuat memenuhi syarat pada metode QFD. Tes fungsional dilakukan untuk mengetahui daya tahan dan pengaruh *prototype* alat panen sawit yang dibuat. Dari hasil dari tes fungsional alat terdapat pada table 5, dapat dilihat bahwa jumlah dahan yang bisa dipotong sekitar 25 dahan per 1,5 menit menggunakan alat desain baru ini.

Tabel 4. Perbandingan properties fisik desain

Table 4. Comparison of physical properties of the design

Jenis	Panjang (m)	Berat		Type Mesin	Material <i>shaft</i>
		Total berat (kg)	Berat spesifik (kg m ⁻¹)		
Desain lama	6	8	1.2	Desain 2 tak	Alumunium
Desain baru	6	6	1	Honda 4 tak	Alumunium alloy

Tabel 5. Hasil pengujian Fungsional Alat

Table 5. Functional test results

Operator 1	Rata – rata jumlah dahan setiap 1,5 menit penggunaan				kondisi operator	
	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 4	Saturasi dan detak jantung setelah pemakaian	Gejala Tremor setelah penggunaan
	manual	18	20	21	21	NORMAL
desain <i>prototype</i>	20	23	22	25	NORMAL	tidak ada

Operator 2	Rata – rata jumlah dahan setiap 1,5 menit penggunaan				kondisi operator	
	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 4	Saturasi dan detak jantung setelah pemakaian	Gejala Tremor setelah penggunaan
	manual	20	22	21	24	NORMAL
desain <i>prototype</i>	22	22	25	25	NORMAL	tidak ada

Tes getaran juga dilakukan untuk mengetahui nilai getaran yang terjadi. Dengan posisi pengukuran seperti pada gambar 2. Dari posisi tersebut dicatat apakah nilai getarannya masih pada batas toleransi atau tidak. Hasil tes getaran yang didapat dapat dilihat pada table 6. Dari table tersebut menunjukkan bahwa untuk mesin alat panen sawit awal titik pengujian memiliki nilai rata-rata getaran 30 m s⁻² pada posisi *gearbox* dan 20 m s⁻² pada posisi tangan sedangkan untuk *prototype* memiliki rata-rata

getaran 25 m s⁻² pada posisi *gearbox* dan 18 m s⁻² pada posisi tangan. Dengan nilai getaran pada tangan yang rendah otomatis tingkat kenyamanan dalam pemakaian juga meningkat.

Pada mesin *prototype* ini dilakukan juga tes performa mesin. Kondisi performa mesin dengan *Flexible shaft* dan tanpa *Flexible shaft*, serta mesin motor 4 percepatan 8000 rpm dengan mesin 2 kali percepatan 7500 rpm.

Pada tes daya tahan selama 2 jam pemakaian prototype mesin yang dibuat tidak mengalami kerusakan pada waktu proses uji coba. Suhu *gearbox* pada mesin juga masih pada tahap normal yaitu 32°C (pengukuran dilakukan dengan dengan kamera termografi). Selain itu tingkat konsumsi bensin normal yaitu sekitar 0,3 liter/jam.

Hasil tes performa dan daya tahan mesin *prototype* dapat dilihat pada table 7. Pada ini menunjukkan kesimpulan dari kualitas *prototype* alat panen sawit *portable*. Dari hasil uji coba tersebut diketahui bahwa mesin ini sudah layak dicoba di industri perkebunan kelapa sawit.

Tabel 6. Perbandingan Level Getaran
Table 6. *Vibration Level Comparison*

	Rata – rata getaran $m s^{-2}$		keterangan
	Point 1	Point 2	
Desain lama	30	20	Tinggi , aman < 2jam pemakaian
Desain baru	25	18	Moderate , aman < 2jam pemakaian

Tabel 7. Hasil Kualitas Tes Prototype
Table 7. *Prototype Test Quality Results*

Type Tes	Hasil	Keterangan
<i>Functional</i>	Berhasil	Berhasil memotong 10 s/d 20 dahan dalam 1,5 menit tanpa masalah. Hasil potongan bagus dan cepat dibanding manual
<i>Vibration Test</i>	Tanpa beban dan dengan beban	Dibawah yang dianjurkan yaitu <20 $m s^{-2}$
Performa Mesin	Max Rpm 8000 rpm Max daya 0.95 kW	
<i>Gearbox test</i> dan motor	Berhasil, suhu <i>gearbox</i> 32°C termasuk kondisi aman Komsumsi bensin 0.3 liter/jam	<i>Gearbox</i> dipakai selama 2 jam dan tidak ada kegagalan yang terjadi. Motor bekerja dengan baik tidak terjadi kegagalan

(continued)

Type Tes	Hasil	Keterangan
Daya Tahan	Berhasil	Ketika proses pemanenan kondisi flexible <i>shaft</i> , <i>telescopic shaft</i> dan pisau tidak mengalami kegagalan. Ketika dibongkar tidak ada bagian yang mengalami kerusakan.

Tabel 8. Perbandingan estimasi biaya antara cara panen manual dengan bermesin

Table 8. Cost estimation comparison between manual harvesting methods and machined tools

Kalkulasi	Alat Manual		Prototipe Mesin Panen	
	Jumlah	Estimasi Biaya	Jumlah	Estimasi Biaya
Jumlah alat	1 pcs	Rp 1.000.000,-	1 pcs	Rp 8.000.000,-
Pisau Pemotong	2 pcs	Rp 500.000,-	2 pcs	Rp 500.000,-
Operator (8 jam)	2 orang	Rp 500.000,-	2 orang	Rp 500.000,-
Total bahan bakar		Rp 0,-	2.5 - 5.5 liter / hari - 8 jam penggunaan	Rp 44.000,-
Biaya Perawatan	1 pcs	Rp 50.000,-	1 pcs	Rp 250.000,-
TOTAL Estimasi		Rp 2.050.000,-		Rp 9.294.000,-

Pada waktu proses pengujian di lapangan dilakukan juga proses estimasi biaya. Table 8 menjelaskan estimasi anggaran penggunaan pemanenan dengan mesin dan manual. Jika dibandingkan biaya penggunaan mesin portabel kelapa sawit memang masih lebih besar daripada pemanenan manual. Dari hasil wawancara dengan operator rasa kelelahan dari proses pemanenan lebih berkurang daripada proses manual. Dari data pada tabel 5 jumlah tandan sawit yang terpotong jumlahnya hampir sama meskipun operator yang menggunakan masih belum terbiasa memakai alat panen sawit bermotor. Diharapkan dengan penggunaan mesin akan mempercepat serta memudahkan proses pemotongan dan pemanenan sawit.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dari metode QFD, didapat beberapa parameter teknis yang dipakai dalam proses desain dan pembuatan. Pengembangan desain seperti pada tuntutan parameter teknis QFD seperti: ringan, getaran rendah, biaya pembuatannya murah, daya tahan alat tinggi, ukuran, dan kecepatan pemotongan tinggi dapat tercapai seperti yang ditunjukkan pada table table 6. Hasil Pengujian di KJP Banjarmasin dilakukan dengan membandingkan alat panen sawit bermotor, alat panen manual, dan *prototype* alat panen sawit hasil rancangan, didapatkan hasil:

1. Dari spesifikasi, alat panen sawit yang sudah dibuat memiliki berat bersih 6 kg (tanpa pisau dan bensin) lebih ringan 0,5 kg dari alat panen bermotor yang

sudah ada.

2. Getaran yang muncul Ketika bekerja pada *shaft telescopic* memiliki nilai getaran antara 18 s/d 20 m s⁻², nilai ini lebih rendah dari alat yang sudah ada.
3. Kecepatan pemotongan dahan dengan alat panen hasil rancangan mendapat 20 dahan permenitnya dengan parameter tetap waktu pemotongan 1,5 menit ditunjukkan pada table 4 hail ini lebih cepat daripada alat panen manual.
4. proses pembuatan part pada *gearbox* berbiaya ringan karena dibuat dan didesain secara mandiri.

Maka disimpulkan *prototype* alat panen sawit yang sudah dibuat dan dirancang sudah memenuhi standar pengujian. Dan pastinya akan meningkatkan produktivitas dari proses pemanenan buah sawit di perkebunan kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Akao, Y. 1990. QFD: integrating customer requirements into product design. *Cambridge, MA*.
- Apriyanto, M., Mardesci, H. & Syahrantau, G. 2021. The Role of Farmers Readiness in the Sustainable Palm Oil Industry. *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 012211.
- Inoue, K., Townsend, D. P. & Coy, J. J. 1993. Optimum design of a *gearbox* for low vibration.
- Jelani, A. R. 2018. Development and Evaluation of a new generation oil palm motorised cutter (Cantas Evo). *Journal of Oil Palm Research*.
- Jelani, A. R., Azaman, M. I. H. & Ahmad, M. R. 2019. The Effect of Vibration Isolator on The Magnitude of Hand-Arm Vibration (HAV) of the oil Palm Motorised Cutter (CANTAS). *Journal of Oil Palm Research*, 31, 86-94.
- Klembczyk, A. R. 2009. Introduction to shock and vibration isolation and damping systems. IMAC-XXVII: Conference & Exposition on Structural Dynamics, . 58-66.
- Krisdiarto, A. W. 2016. Optimasi mutu dalam sistem logistik panen angkut tandan buah segar (TBS) kelapa sawit dengan pendekatan model dinamis. Universitas Gadjah Mada.
- Andriani, M., Dewiyana, D. & Erfani, E. J. J. I. S. I. 2018. Perancangan Ulang Egrek Yang Ergonomis Untuk Meningkatkan Produktivitas Pekerja Pada Saat Memanen Sawit. 4, 119-128.
- Koli, A. & Tayde, M. 2015. Design and analysis of jigsaw and damper for the effect of vibration reduction in handheld power tools. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 5.
- Md Salleh, S., Rahim, E. A., Ghazali, I. H., Azmi, K., Jelani, A. R., Ismail, M. F. & Ahmad, M. R. 2013. Hand-arm Vibration Analysis of Palm Oil Fruit Harvester Machine. *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publ, 621-625.
- Mohd Ikmal, H., Razak, A., Mohd Rizal, A. & Abd Rahim, S. 2019. Vibration isolator for the oil palm motorised cutter.
- Shokripour, H., Ismail, W. I. W., Shokripour, R. & Moezkarimi, Z. 2012. Development of an automatic cutting system for harvesting oil palm fresh fruit bunch (FFB). *African Journal of Agricultural Research*, 7, 2683-2688.
- Skogsberg, L. Vibration control on hand-held industrial power tools. First American Conference on Human Vibration., 2006.
- Susanto, H., Ali, S., Ali, S. & Khalil, M. 2021. Uji Getaran Rangka Tabung Sentrifugal Mesin Produksi Santan Kapasitas 10 Liter Per Jam. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 7, 18-24

