

Implementasi metode NIOSH dan analisa QEC pada disain alat potong ranting

Zufri Hasrudy Siregar¹, Margie Subahagia Ningsih²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri Universitas Al-Azhar-Medan

Corresponding author: rudysiregar7@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini menggunakan metode analisa ergonomi untuk mengetahui kesesuaian alat dengan manusia yaitu dengan pengambilan 95 persentil. Hasil penelitian didapat diameter genggam tangan 54,29 mm sedangkan untuk lebar telapak tangan adalah 97,87 mm, tekanan maksimal yang diperlukan untuk memotong ranting adalah 234,39 kg/cm² dengan diameter 5 mm yaitu jenis ranting kakao. Sedangkan dengan analisa NIOSH didapat berat yang disyaratkan adalah 4,89 Kg, kemudian dengan metode QEC didapat level presentase skornya paling tinggi adalah 47,62 artinya diperlukan perbaikan untuk alat tersebut di waktu depan. Untuk pembebanan kerja agar tidak letih dengan waktu kerja 8,40 menit dan istirahat 7,14 menit. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa alat tersebut masih harus diperbaiki dalam waktu kedepan, sedangkan penggunaannya cukup singkat dan hanya difungsikan untuk pemanenan cengkeh saja serta pemanenan yang lain yang sejenis dengan diameter maksimal (1 cm) saja.

Kata kunci: QEC, NIOSH, Ergonomi

Abstract. This research used the method of ergonomic analysis to identify the suitability of the device with human by taking 95 percentile. From the findings, the hand grip diameter obtained is 54.29 mm while the hand palm width is 97.87 mm, and the maximum pressure required to cut the branch is 234.39 kg/cm² with a diameter of 1 cm that is for the type of clove twig. In addition, from the NIOSH analysis, it is obtained that the required weight is 4.89 Kg while from the QEC method, the highest score percentage is 47.62. This means that it is necessary to improve the equipment in the future. In order to prevent tiredness, the suggested working duration is 8.40 minutes and 7.14 minutes for resting time. From the results of research, it can be concluded that this device still needs to be improved in the future. In addition, the usage time is quite short and it is only functioned for harvesting clove and harvesting other similar with maximum diameter of 1 cm.

Keywords: QEC, NIOSH, Ergonomic

1. Pendahuluan

Secara menyeluruh Indonesia merupakan daerah tropis, dan mempunyai curah hujan yang baik serta negara yang memiliki daerah-daerah yang banyak ditumbuhi pepohonan. Beraneka ragam jenis tanaman yang tidak dijumpai di tempat-tempat lain, dapat dijumpai disini. Dalam kemajuan dan perkembangan teknologi, pepohonan sering juga dipakai sebagai penghijauan jalan-jalan serta untuk penghias rumah dan pemukiman. Yang secara estetika dan fungsinya dapat memberikan kesan indah, hidup, dan segar. Untuk mendapatkan kesan dan fungsi tersebut, dibutuhkan *maintenance* yang baik untuk penataannya. Pemotongan ranting diperlukan untuk menghilangkan kesan semerawut dan tidak tertata, sehingga dalam pelaksanaannya, dibutuhkan alat yang *safety*, mudah penggunaannya, serta efisien. Dalam penanganannya, sering terkendala dalam pemotongan ranting-ranting yang dianggap tidak perlu. Sehingga, yang sering terjadi adalah pemotongan dahan pohon, yang mengakibatkan rusaknya ekosistem pohon serta tidak baik secara estetika nya. Mobilitas sumber daya IPTEK Nasional menjadi sangat penting, oleh karena terbatasnya sumber daya tersebut dan besarnya tantangan Bangsa yang perlu dijawab melalui pembangunan dan pengembangan IPTEK. Pemanfaatan energi internal manusia, yang terfasilitasikan dengan teknologi hidrolik mini, merupakan alternatif solusi untuk menghadapi keterbatasan dan pengembangan teknologi berbasis industri kecil. Terciptanya alat tersebut, juga mempertimbangkan ergonomi, antropometri, dan kebiasaan tubuh manusia. Yang harapannya menjadi teknologi/alat yang aplikatif, guna menunjang serta mempermudah dalam hal pemotongan ranting pohon.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui tindakan terhadap penggunaan alat dengan analisa QEC
- 2) Mendapatkan batas angkatan normal terhadap alat yang dibuat melalui metode NIOS
- 3) Membuat teknologi tepat guna yang *aplikatif, markettable*, yang langsung dapat dipergunakan sehari-hari baik dengan masyarakat Indonesia yang masih awam dengan teknologi,
- 4) Merancang dan merekayasa alat pemotong ranting pepohonan (*pruning, haevesting*) yang telah ada serta memberikan solusi konkrit dari keterbatasan alat tersebut

Di dalam penelitian ini disadari banyak sekali yang harus ditinjau secara sistemik. Sehingga untuk berjalannya *hipotesis* tersebut, di dalam penulisan dibuat batasan masalah untuk dapat memberikan pemahaman tentang fokus penelitian tersebut.

- 1) Desain alat potong ranting ditinjau dari segi *ergonomi* dan *anthropometri* manusia Indonesia
- 2) Alat potong ranting manual dan hidrolik yang telah ada di pasaran
- 3) Ranting yang dipakai sebagai contoh adalah 3 (tiga) jenis pohon, yaitu (1) pohon cengkeh (*Syzygium aromaticum, syn. Eugenia aromaticum*), (2) pohon jeruk purut (*citrus hystrix dc.*), dan (3) pohon kakao. Pohon kakao merupakan tumbuhan yang tumbuh dengan panjang pohon $\pm 4 - 6$ meter dan memiliki

Penelitian dalam hal teknologi pemotongan ranting, memang sudah pernah dilakukan oleh para pakar teknologi pertanian sebelumnya. Yaitu dengan mempergunakan alat pemotong dengan gergaji otomatis yang begitu berat dan tidak cukup *portable* untuk dibawa seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Alat potong gergaji.

Tetapi, penelitian tentang alat pemotong ranting *adjustable* dengan hidrolik mini belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, dilakukan percobaan ini dengan membuat alat yang dapat diatur naik-turun (*adjustable*), dan dapat memotong ranting dengan mempertimbangkan pengguna, yaitu masyarakat awam yang sulit mendapatkan sumber energi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

- 1) Dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan teknologi *alternatif* yang dapat membantu masyarakat/petani dalam hal memotong ranting pepohonan,
- 2) Mendapatkan rekomendasi genggam tangan yang sesuai dengan prinsip *ergonomi* dan analisa QEC
- 3) Pengembangan teknologi tepat guna yang berbasis industri kecil menengah yang *aplikatif*, pemicu pengembangan teknologi sejenis yang lebih baik, efisien dan ramah lingkungan.

2 Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *metode eksperimen* dengan pembuatan alat dan melakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat tersebut. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah hidrolik motor dan mobil bekas, ranting kakao, cengkeh, jeruk purut dan pengguna yaitu pria dan wanita antara 15 - 45 tahun.

Alat yang dipakai untuk membuat alat penelitian ini adalah:

1. Alat uji keteguhan geser yang dipakai di laboratorium Struktur Mekanika Bahan, Pusat Studi Ilmu Teknik.

2. Alat uji tekan (*hand grip* jaman Dynamometer) untuk mengetahui kapasitas tekanan maksimal pengguna (pria dan wanita). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Dwi Ayu Muliawati yang berjudul "*Analisa pengaruh postur tangan dan jenis kelamin terhadap tingkat getaran, waktu reaksi pengereman, dan kekuatan genggam*" diketahui bahwa kekuatan genggam tangan laki-laki 39,50 kg dan wanita 22, 45 kg berdasarkan jumlah sampel 29 orang yaitu laki-laki 15 orang dan perempuan 14 orang.
3. Timer untuk mengukur waktu penggunaan alat.

Adapun variabel-variabel yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah terdiri atas 2 variabel bebas, 1 variabel kendali dan 1 variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah (1) lama waktu memotong dan (2) kekuatan genggam tangan. Variabel kendali adalah diameter ranting 3 - 20 mm, sementara variabel terikat adalah penilaian beban kerja. Dalam penelitian ini dipilih variabel tingkat kelelahan operator dengan menghitung detak jantung sebelum dan sesudah penggunaan alat pemotong ranting secara ergonomis, penggunaan alat dengan asumsi semakin ringan alat yang dibuat maka semakin baik penggunaan alat tersebut untuk memotong ranting.

Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahap, yaitu observasi, penelitian pendahuluan, dan penelitian akhir.

1. Observasi
Pencarian literatur dan informasi awal dalam merancang dan membuat alat pemotong ranting berdasarkan alat yang telah ada melalui layanan internet dan buku-buku yang berkaitan tentang *pruning* dan *harvesting*.
2. Penelitian Pendahuluan
Penelitian ini merupakan tahap pembuatan alat pemotong ranting, yang mempunyai beberapa tahap, yaitu:
 - a. Konsep desain alat yang telah digambarkan dan telah dianalisa secara antropometri,
 - b. Persiapan alat dan bahan, pada tahap ini semua peralatan diperiksa dan semua bahan dipersiapkan,
 - c. Membuat bagian-bagian komponen mesin berdasarkan gambar kerja,
 - d. *Assambling* bagian-bagian alat menjadi satu kesatuan,
 - e. Mengukur tingkat presisi alat yang dibuat.
3. Penelitian Akhir
Penelitian ini adalah pengujian alat, Adapun langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :
 - a. Menentukan sampel uji alat untuk menentukan tingkat keletihan pengguna alat, dalam hal ini sampel uji random dan populasinya tidak ditentukan dengan mempergunakan teknik sampling yang mempunyai keuntungan memudahkan penelitian, penelitian lebih efisien, lebih teliti dan cermat dan penelitian lebih efektif. Berkaitan dengan teknik pengambilan sampel Nasution (2003) bahwa, "Mutu penelitian tidak selalu ditentukan oleh besarnya sampel, akan tetapi oleh kokohnya dasar-dasar teorinya, oleh desain penelitiannya, serta mutu pelaksanaan dan pengolahannya" adapun rumus untuk menentukan jumlah sampling ialah dengan metode *Isaac* dan *Michael*, untuk tingkat kesalahan 1%, 5%, dan 10%. Dengan rumus berikut:

$$s = \frac{\lambda^2 \cdot N \cdot P \cdot Q}{d^2 (N-1) + \lambda^2 \cdot P \cdot Q} \quad (1)$$

Dimana:

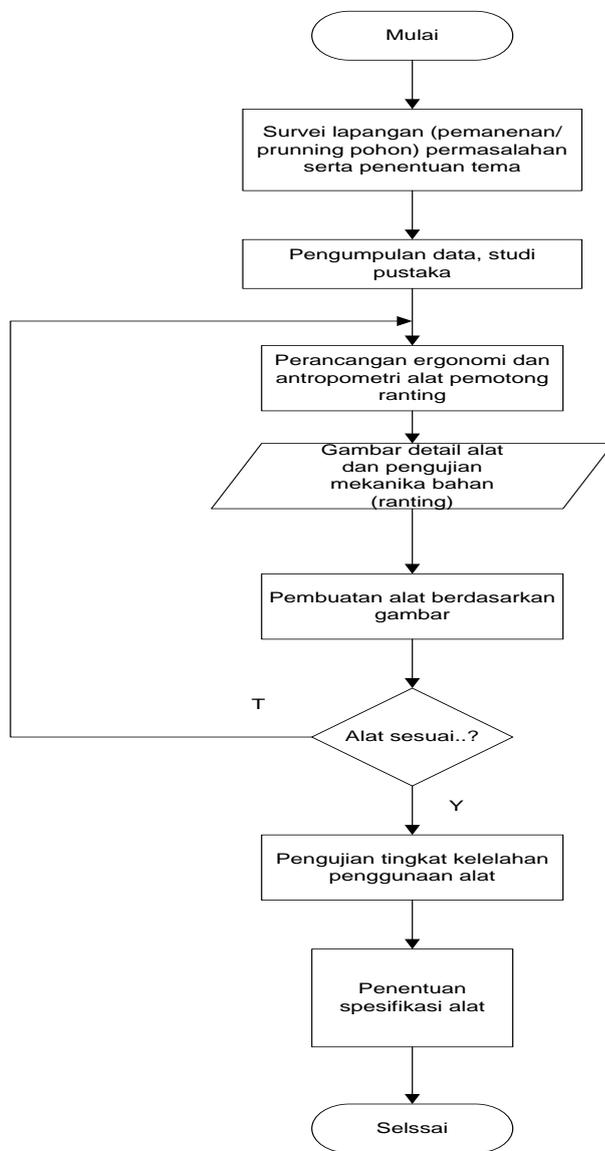
λ^2 dengan dk = 1, taraf kesalahan bisa 1%, 5%, 10 %.

P = Q = 0,5 ; d = 0,005; s = jumlah sampel

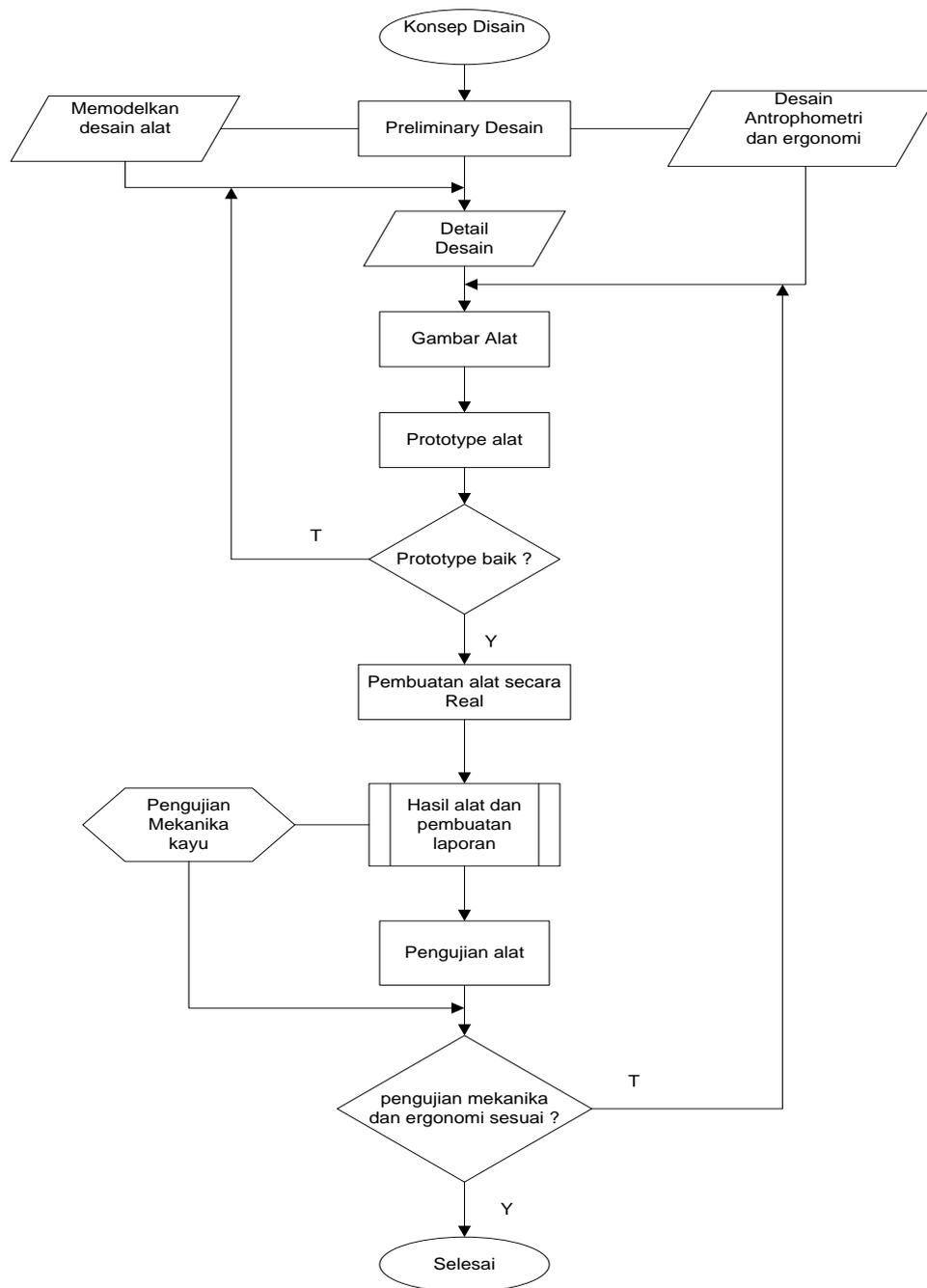
Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan metode diatas, didapatkan jumlah sampel sebanyak 9,17 atau dibulatkan menjadi 10 orang

- b. Melakukan pengujian tingkat keletihan penggunaan alat yang telah dibuat dengan mempergunakan *timer*, serta variabel waktu nya adalah 55 menit dan diameter untuk pengujian rantingnya diameter 0,5 cm dengan jenis ranting pohon jeruk purut dan melakukan analisa persentil dari tingkat kepercayaan 95 % untuk tingkat ketelitian data tersebut.

Secara garis besar proses penelitian dan pembuatan alat dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir (flow chart) penelitian.



Gambar 3 Diagram alir (flow chart) pembuatan alat potong ranting.

Proyeksi alat yang akan dibuat

Gambaran alat yang dibuat merupakan modifikasi dari beberapa alat yang telah diteliti di lapangan, yang harapannya dapat menjadi solusi dari keterbatasan alat-alat pemotong ranting yang telah ada. Adapun alat yang telah ada dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Alat potong ranting yang telah ada.

Dari Gambar 4 di atas, merupakan alat potong ranting yang sering kita jumpai di pasaran, dan dalam penggunaannya hanya terbatas dengan postur tubuh dan kondisi fisik pengguna. Sehingga dirancang alat yang dapat memenuhi keterbatasan alat yang telah ada.



Gambar 5 Alat potong yang telah dibuat

Jenis Alat

Di dalam penelitian tersebut, alat yang akan dibuat merupakan alat yang dimodifikasi dan dikondisikan untuk melakukan pemotongan ranting pohon (*Pruning*) dan membantu untuk mempermudah dalam pemanenan buah yang ketinggian pohon tersebut tidak lebih dari 3 meter. Jenis alat yang dimaksud adalah alat pemotong ranting, dengan memakai pisau pemotong yang di desain memperhatikan tegangan geser dari ranting tersebut dan menggunakan tenaga manual manusia. Yang terpasilitasi oleh hidrolik mini serta desain ergonomi yang sesuai dengan antropometri manusia Indonesia. Gambar alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 di atas.

Pemakaian alat

Adapun alat yang dimaksud adalah alat pemotong ranting *adjustable* di desain untuk dipakai pada semua golongan. Sehingga dapat dipergunakan oleh orang yang awam teknologi dan mudah dalam perawatannya. Dengan kondisi alam Indonesia yang kepulauan, diharapkan alat tersebut dapat dibawa pada kondisi alam yang minim energi (tenagan listrik), sehingga dibuat alat yang efektif tetapi tidak membutuhkan sumber energi yang banyak, mempergunakan teori hidrolik.

Prinsip kerja alat

Genggaman tangan menekan tuas yang ada pada alat dengan prinsip genggam rem motor serta tangan kiri mengatur keseimbangan alat untuk mendapatkan akurasi pemotongan. Minyak yang ada pada hidrolik menekan piston, piston hidrolik mendorong pisau ranting untuk menutup. Ketika tekanan di hentikan pegas yang ada di pisau pemotong mendorong pisau kembali pada posisi normal untuk memotong. Serta minyak hidrolik mempunyai tekanan normal sehingga pisau pemotong ranting membuka yang akan berfungsi untuk memotong kembali. Secara matematis, dapat dimodelkan yaitu:

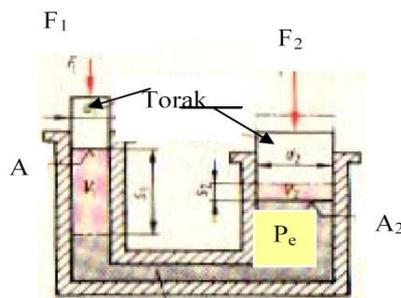
Tekanan, tekanan didefinisikan sebagai jumlah gaya tiap satuan luas.

$$p = \frac{F}{A} \tag{2}$$

Dengan:

- p : tekanan (kgf/m² atau N/m²)
- F : gaya (kgf atau N)
- A : luas (m²)

Di dalam zat cair diam tidak terjadi tegangan geser dan gaya yang bekerja pada suatu bidang adalah gaya tekanan yang bekerja tegak lurus pada bidang tersebut.



Gambar 1 Prinsip hukum pascal

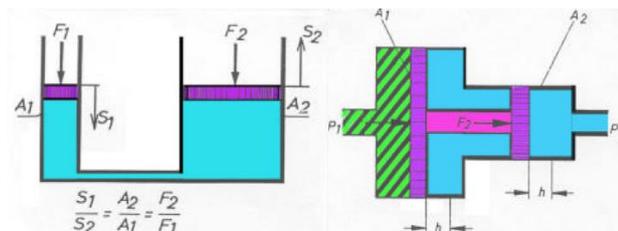
$$P_1 = P_2 = P_e = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \text{ atau } \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \tag{3}$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{\pi \cdot d_1^2 / 4}{\pi \cdot d_2^2 / 4} = \frac{d_1^2}{d_2^2}, \tag{4}$$

bila $V_1 = V_2$, maka $A_1 \cdot S_1 = A_2 \cdot S_2$, jadi : $\frac{S_1}{S_2} = \frac{A_2}{A_1}$ (3)

Jika dengan gaya F_1 dan permukaan A_1 dapat dihasilkan tekanan yang diperlukan untuk mengalahkan gaya F_2 atas permukaan A_2 maka beban F_2 dapat ditingkatkan. Perbandingan jarak S_1 dan S_2 dari dua piston. Berbanding terbalik dengan perbandingan luas permukaan

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{A_1}{A_2} \tag{4}$$



Gambar 2 Prinsip perpindahan energi hidrolik

3 Hasil dan Pembahasan

Pengujian tingkat penggunaan

Pengujian alat pemotong ranting *adjustable* tersebut berguna untuk mengetahui jenis ranting yang cocok untuk mempergunakan alat tersebut, serta mendapatkan kapasitas diameter ranting yang dapat dipotong.

Tabel 1 Pengujian ranting Kakao

No	Nama	Jenis kelamin	Umur (Thn)	Lama pemotongan (menit)	Diameter (cm)
1	Rudy	Laki-laki	27	30	0,4
2	Idris	Laki-laki	32	49	0,3
3	Hendri	Laki-laki	28	55	0,5
4	Yopa	Laki-laki	25	52	0,5
5	Handoko	Laki-laki	30	50	0,3
6	Malau	Laki-laki	28	47	0,3
7	Asbarruddin	Laki-laki	34	40	0,4
8	Juardi Lubis	Laki-laki	31	22,5	0,3
9	Agus	Laki-laki	26	25,1	0,2
10	Didi	Laki-laki	30	20	0,3

Tabel 2 Pengujian ranting Jeruk Purut

No	Nama	Jenis kelamin	Umur (Thn)	Lama pemotongan (menit)	Diameter (cm)
1	Rudy	Laki-laki	27	38,5	0,6
2	Malau	Laki-laki	28	20,3	0,5
3	Idris	Laki-laki	32	30	0,55
4	Handoko	Laki-laki	30	41	0,9
5	Asbarruddin	Laki-laki	34	50	0,5
6	rudi	Laki-laki	34	30	0,4
7	Yopa	Laki-laki	25	52	0,7
8	Hendri	Laki-laki	28	53	0,6
9	Fauzan	Laki-laki	25	30	0,6
10	Agus	Laki-laki	25	40	0,6

Dari hasil pengujian alat tersebut dapat dilihat bahwa alat tersebut dapat memotong diameter rata-rata 0,6 cm dengan jenis ranting Kakao dan lama pemotongan rata-rata 47,1 menit dengan jenis ranting Cengkeh.

Menghitung nilai persentil

Perhitungan 95 persentil diameter genggam (maksimum) dari populasi tersebut adalah dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 &= X + 1,645 SD \\
 &= 51 + 1,645 (2) \\
 &= 54,29 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan 95 persentil lebar telapak tangan (sampai ibu jari) dari populasi tersebut adalah dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 &= X + 1,645 \text{ SD} \\
 &= 88 + 1,645 (6) \\
 &= 97,87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Pengujian ranting Cengkeh

No	Nama	Jenis kelamin	Umur (Thn)	Lama pemotongan (menit)	Diameter (cm)
1	Rudy	Laki-laki	27	43	0,4
2	Malau	Laki-laki	28	50	0,5
3	Idris	Laki-laki	32	41,3	0,3
4	Handoko	Laki-laki	30	39,5	0,4
5	Asbarruddin	Laki-laki	34	51,5	0,5
6	Rudi	Laki-laki	34	50	0,3
7	Yopa	Laki-laki	25	42	0,4
8	Hendri	Laki-laki	28	52	0,5
9	Fauzan	Laki-laki	25	53	0,3
10	Agus	Laki-laki	25	49	0,5

Dari perhitungan data *antropometri* untuk mendapatkan data persentil dari genggam tangan adalah 54,29 mm sedangkan untuk lebar telapak tangan adalah 97,87 mm. Data tersebut berguna untuk perbaikan jangkauan genggam tangan untuk alat pemotong ranting tersebut.

Menghitung gaya yang bekerja pada hidrolis

Jadi untuk menghitung gaya yang bekerja pada hidrolis adalah dengan mengetahui diameter pipa minyak 0,9 cm, panjang pipa vertikal 3 m diameter hidrolis pertama dan kedua adalah 3 cm, dan tekanan yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$23 \frac{N}{mm^2} (234,39 \frac{Kg}{cm^2}) \quad (5)$$

diambil dari tabel diameter Kakao berdasarkan pengujian tingkat keletihan yaitu rata-rata 5,9 mm. Di tabel uji keteguhan geser diambil diameter 5 mm.

$$A = \frac{\pi \cdot d}{4} = \frac{3,14 \cdot 3}{4} = 0,023 \text{ m} = 23 \text{ mm} \quad (6)$$

$$P = 23 \frac{N}{mm^2} \quad (9)$$

Sehingga,

$$23 \frac{N}{mm^2} = \frac{F_1}{23 \text{ mm}}$$

$$F_1 = \left(23 \frac{N}{mm^2} \right) 23 \text{ mm} = 529 \text{ N}$$

Jadi bila dilakukan tekanan kepada alat pemotong ranting tersebut sebesar $23 \frac{N}{mm^2} (234,39 \frac{Kg}{cm^2})$ akan menghasilkan gaya 529 N. Bila dikonversikan akan sepadan dengan memotong ranting cengkeh dengan diameter 5 mm (490,33 N).

Batasan beban yang boleh diangkat dengan biomekanika

Adapun metode yang dipakai adalah dengan penggunaan persamaan NIOSH (National Occupational Health and Safety Commission (Worksafe Australia))

$$AL \text{ (kg)} = 40 (15/H)(1-0,004/V-75)(0,7+7,5/D)(1-F/F_{max}) \quad (7)$$

Dimana:

- H = Posisi horizontal (centimeter atau *Inches*), arah titik tengah mata kaki pada tempat asal sebelum beban diangkat
- V = Posisi vertikal (centimeter atau *Inches*), pada tempat asal sebelum beban Diangkat
- D = jarak angkat vertikal (centimeter atau *Inches*). Antara tempat asal dan tujuan dari aktifitas angkat tersebut
- F_{max} = Frekwensi maksimum yang dapat dilaksanakan

Variabel-variabel tersebut diasumsikan mempunyai batasan-batasan sebagai berikut :

- H adalah antara 15 cm dan 80 cm suatu beban tidak dapat lebih dekat dari 15 cm tanpa bersentuhan dengan badan operator sedangkan beban yang berposisi lebih jauh dari 80 cm akan sulit untuk dijangkau oleh kebanyakan orang.
- V adalah diasumsikan antara 0 cm dan 175 cm yang menggambarkan rentang jarak untuk aktifitas angkat vertikal pada kebanyakan orang.
- D adalah antara 25 cm dan (200-V) cm. Untuk jarak perpindahan vertikal yang kurang dari 25 cm gunakan D = 2.
- F adalah antara 0,2 (satu aktifitas angkat setiap 5 menit) adan F_{max} (lihat tabel). Sedangkan aktivitas angkat yang kurang dari satu angkat per 5 menit gunakan F= 0.
- Tabel penentuan F_{max} (angkatan per menit)

		V > 75 (30)	V ≤ 75 (30)
		Berdiri	Membungkuk
PERIODE	1 Jam	18	15
	8 Jam	15	12

Gambar 7 Action Limit (Batas gaya angkat normal)

Untuk angkatan alat pemotong ranting didapat:

$$\begin{aligned}
 H &= 100 \text{ cm} \\
 V &= 80 \text{ cm (beban diangkat sampai ketinggian tangan (Kneckle Height)} \\
 D &= 80 \text{ cm} \\
 F_{\max} &= 0 \text{ (aktifitas angkat kurang dari satu angkat per 5 menit)} \\
 AL \text{ (kg)} &= 40 (15/H)(1-0,004/V-75)(0,7+7,5/D)(1-F/F_{\max}) \\
 &= 40(15/100)(1-0,004/80-75)(0,7+7,5/65)(1-0/F_{\max}) \\
 &= 6 (1-0,004 / 5)(0,7+7,5/65) \\
 &= 4,89 \text{ Kilogram}
 \end{aligned}$$

Dari analisa NIOSH didapat batasan angkatan normal adalah 4,89 Kg, dimana berat alat tersebut adalah ± 3 kg, sehingga terdapat *allowance* (kelonggaran) 1,89 kg. Sehingga alat tersebut masih layak untuk digunakan dalam kurun waktu beberapa lama. Namun hal ini juga harus memperhatikan konsep *ergonomi* yang benar dimana individu bertubuh besar dan sedang memiliki tingkat *risiko ergonomi* yang cukup tinggi bila dibanding dengan individu bertubuh kecil (Budiman, 2015)

Analisa QEC (Quick Exposure Checklist)

Analisa QEC adalah metode untuk penilaian terhadap risiko kerja yang berhubungan dengan gangguan otot di tempat kerja. Penilaian pada QEC dilakukan pada tubuh statis (*body static*) dan kerja dinamis (*dynamic*)

task) untuk memperkirakan tingkat risiko dari postur tubuh dengan melibatkan unsur pengulangan gerakan. Pengujian sampel dilakukan dengan sampel *random* di wilayah kampus MST-UGM, dengan melibatkan 10 sampel.

Tabel 4 Perhitungan nilai QEC

No	Nama	Punggung	Bahu	Pergelangan tangan	Leher	Total	Xmaks	X/Xmaks*100
1	Rudy	22	26	18	12	78	168	46,43
2	Malau	22	28	16	12	78	168	46,43
3	Idris	22	28	16	12	78	168	46,43
4	Handoko	22	28	16	12	78	168	46,43
5	Asbarudin	22	26	18	12	78	168	46,43
6	Rudi	22	26	18	12	78	168	46,43
7	Yopa	22	28	18	12	80	168	47,62
8	Henry	22	26	18	12	78	168	46,43
9	Fauzan	22	26	16	12	76	168	45,24
10	Agus	22	28	16	12	78	168	46,43

Tabel 5 Nilai Level QEC

Level tindakan	Persentase skor	Tindakan	Total skor exposure
1	0-40%	Aman	32-70
2	41-50%	Diperlukan beberapa waktu ke depan	71-88
3	51-70%	Tindakan dalam waktu dekat	89-123
4	71-100%	Tindakan sekarang juga	124-176

Setelah dianalisa dengan metode QEC, dapat ditentukan untuk tindakan penggunaan alat pemotong ranting *adjustable* tersebut bahwa nilai level presentase skornya paling tinggi adalah 47,62. Itu berarti diperlukan perbaikan untuk alat tersebut dalam waktu kedepan.

Penilaian beban kerja berdasarkan denyut nadi kerja

Grandjean (1986) mengatakan bahwa kategori beban kerja dan perhitungan denyut nadi per menit adalah seperti pada Tabel 6.

Tabel 6 Kategori Denyut Nadi

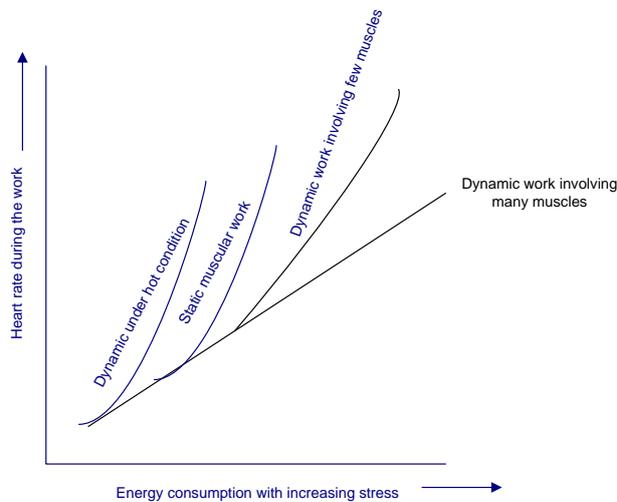
Kategori Denyut Nadi	Jumlah Denyut Nadi/Menit
Sangat Rendah	60-70
Rendah	75-100
Sedang	100-125
Tinggi	125-150
Sangat Tinggi	150-175
Ekstrim	>175

Sumber: Kroemer (1994).

Denyut Jantung (denyut/min)	Konsumsi Oksigen (l/min)
75 – 100	0,5 – 1,0
100 – 125	1,0 – 1,5
125 – 150	1,5 – 2,0
150 – 175	2,0 – 2,5
> 175	2,5 – 4,0

Sumber: Christensen (1991:1699), *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*, ILO Geneva

Untuk mengkonversi satuan energi adalah 1 liter O₂ menghasilkan 4,8 kcal energi = 20 kJ, Jika seseorang bekerja pada tingkat energi diatas 5,2 kcal per menit, maka pada saat itu akan timbul rasa lelah (*fatigue*).



Gambar 8 Hubungan denyut jantung dengan berbagai macam kondisi kerja.

Pada diagram tersebut telah ditunjukkan bahwa konsumsi energi dapat menghasilkan denyut jantung berbeda-beda. Oleh karenanya dapat dikatakan bahwa meningkatnya denyut jantung dikarenakan oleh:

- 1) Temperatur sekeliling yang tinggi,
- 2) Tingginya pembebanan otot statis, dan
- 3) Semakin sedikitnya otot terlibat dalam suatu kondisi kerja.

Untuk berbagai alasan itulah, sehingga denyut jantung telah dipakai sebagai index beban kerja. Berkaitan dengan hal tersebut, Menteri Tenaga Kerja melalui Keputusan Nomor 51 (1999) menetapkan kategori beban kerja menurut kebutuhan kalori sebagai berikut:

- Beban kerja ringan : 100 – 200 Kilo/jam
- Beban kerja sedang : > 200 – 350 Kilo/jam
- Beban kerja berat : > 350 – 500 kilo/jam

Lebih lanjut, Manuba & Vabwongerghem (1996) menentukan klasifikasi beban kerja berdasarkan denyut nadi kerja yang dibandingkan dengan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskuler (*cardiovascular load = % CVL*) yang dirumuskan dengan rumus sebagai berikut:

$$\% CVL = \frac{100 \times (\text{Denyut } r)}{\text{Denyut nadi } m} \tag{8}$$

Lama waktu bekerja dirumuskan sebagai berikut:

$$Tw = \frac{25}{E-5} \tag{9}$$

E = Konsumsi energi selama pekerjaan berlangsung, (kcal/menit)

(E – 5,0) = habisnya cadangan energi (kcal/menit)

Tw = waktu kerja (working – time), (menit)

TR = waktu istirahat

$$TR = \frac{Tw (M-5)}{3,5} \quad (10)$$

Lama waktu bekerja merupakan rumusan untuk menentukan optimasi seseorang dalam bekerja sebelum timbul rasa letih (*fatigue*) yang ditandai munculnya asam laktat. Menurut Murrell (1965) jika seseorang bekerja pada tingkat energi di atas 5,2 kkal per menit, maka saat itu akan timbul rasa lelah.

Tabel 7 Pengujian ranting kakao

No	Nama	Jenis kelamin	Umur (tahun)	Lama pemotongan (menit)	Diameter (cm)
1	Rudy	Laki-laki	27	30	0,4
2	Idris	Laki-laki	32	49	0,3
3	Hendri	Laki-laki	28	55	0,5
4	Yopa	Laki-laki	25	52	0,5
5	Handoko	Laki-laki	30	50	0,3
6	Malau	Laki-laki	28	47	0,3
7	Asbarruddin	Laki-laki	34	40	0,4
8	Juardi Lubis	Laki-laki	31	22,5	0,3
9	Agus	Laki-laki	26	25,1	0,2
10	Didi	Laki-laki	30	20	0,3

Tabel 8 Pengujian ranting jeruk purut

No	Nama	Jenis kelamin	Umur (tahun)	Lama pemotongan (menit)	Diameter (cm)
1	Rudy	Laki-laki	27	38,5	0,6
2	Malau	Laki-laki	28	20,3	0,5
3	Idris	Laki-laki	32	30	0,55
4	Handoko	Laki-laki	30	41	0,9
5	Asbarruddin	Laki-laki	34	50	0,5
6	rudi	Laki-laki	34	30	0,4
7	Yopa	Laki-laki	25	52	0,7
8	Hendri	Laki-laki	28	53	0,6
9	Fauzan	Laki-laki	25	30	0,6
10	Agus	Laki-laki	25	40	0,6

Dari perhitungan % CVL tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi yang telah ditetapkan sebagai berikut:

- < 30% = Tidak terjadi kelelahan
- 30 s/d 60% = Diperlukan perbaikan
- 60 s/d 80% = Kerja dalam waktu singkat
- 80 s/d 100 % = Diperlukan tindakan segera
- >100% = Tidak diperbolehkan beraktifitas

Tabel 9 Perhitungan nilai QEC

No	Nama	Punggung	Bahu	Pergelangan tangan	Leher	Total	Xmaks	X/Xmaks*100
1	Rudy	22	26	18	12	78	168	46,43
2	Malau	22	28	16	12	78	168	46,43
3	Idris	22	28	16	12	78	168	46,43
4	Handoko	22	28	16	12	78	168	46,43
5	Asbarudin	22	26	18	12	78	168	46,43
6	Rudi	22	26	18	12	78	168	46,43
7	Yopa	22	28	18	12	80	168	47,62
8	Henry	22	26	18	12	78	168	46,43
9	Fauzan	22	26	16	12	76	168	45,24
10	Agus	22	28	16	12	78	168	46,43

Setelah dilakukan analisa %CVL, didapat nilai rata-rata dari %CVL adalah 44,23 % yang dikategorikan “Diperlukan perbaikan” atau terjadi kelelahan dalam pekerjaan serta lamanya waktu yang optimal untuk melakukan pekerjaan agar tidak terjadi keletihan memotong ranting tersebut adalah 8,40 menit. Dan lamanya waktu istirahat 7,14 menit. Penelitian yang sama juga telah dilakukan namun dengan praktik kerja *chassis* didapat bahwa Pada tubuh persentil 95 didapat 59%, tubuh persentil 50 didapat 59%, tubuh persentil 5 didapat 52,2%, yang berarti harus diselidiki dan segera dirubah untuk mengurangi risiko ergonomi (Ramdhani1 2018).

4 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Dari pengambilan 95 persentil diameter genggam tangan didapat genggam tangan yang didisain adalah 54,29 mm sedangkan untuk lebar telapak tangan adalah 97,87 mm.
2. Dari analisa NIOSH didapat batasan angkatan normal adalah 4,89 Kg, dimana berat alat tersebut adalah ± 3 kg, sehingga terdapat *allowance* (kelonggaran) 1,89 kg. Sehingga alat tersebut masih layak untuk digunakan dalam kurun waktu beberapa lama, dan dengan metode QEC didapat nilai level presentase skornya paling tinggi adalah 47,62, berarti masih diperlukan perbaikan untuk alat tersebut ke depan.
3. Analisa %CVL, didapat nilai rata-rata 44,23 persen yang dikategorikan “Diperlukan perbaikan” atau terjadi kelelahan dalam pekerjaan serta lamanya waktu yang optimal untuk melakukan pekerjaan agar tidak terjadi keletihan memotong ranting tersebut adalah 8,40 menit, lamanya waktu istirahat 7,14 menit. Kesimpulan ini telah menjawab hipotesis yang dibuat bahwasanya Semakin lama penggunaan alat pemotong ranting akan cenderung diikuti berkurangnya kekuatan genggam tangan.

Hasil penelitian ini masih banyak kekurangan dalam penggunaan dan fungsinya, peneliti menyampaikan saran-saran antara lain:

1. Pembuatan alat sejenis harus lebih ringan dari yang telah dibuat peneliti yaitu kurang dari 2 kg yang komposisi bahan menggunakan almunium, walaupun setelah dianalisa dengan metode NIOSH berat yang direkomendasikan adalah 4 Kg.
2. Perlu diteliti lebih lanjut peningkatan kapasitas pemotong ranting dengan mendisain penggunaan kaki sebagai pendorong hidrolik agar didapat potongan ranting lebih dari 2 cm.
3. Pengembangan alat yang dapat disangga di tanah serta dimodifikasi dengan penambahan pompa udara untuk menyimpan energi yang lebih besar untuk setiap pemotongan ranting.

Referensi

- Ahmad Zaelani, Cucu Cunayah, Etsa Indra Irawan (2006), *Bimbingan Pemantapan Fisika untuk SMA/MA*, Yrama Widya. Bandung.
- Anonim, 1998, *Buku Panduan Kehutanan Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan*. Jakarta.
- _____, 1998, *Pedoman Pembangunan Hutan Tanaman Industri*, Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta.
- _____, 2004, *Pembangunan Hutan Tanaman Acacia mangium Pengalaman di PT.Musi Hutan Persada, Sumatera Selatan*, Polydoor Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo. (1993), *Hidraulika II*, Yogyakarta: Beta Offset
- Budiman, M.A. (2015). Analisis Penilaian Tingkat Risiko Ergonomi Pada Pekerja Kontruksi Proyek Ruko Graha Depok. *Jurnal Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah*
- Brown S. (1997), *Estimating biomass change of tropical forest*, a primer. FAO Forestry paper 134, FAO, Rome.
- Daniel, Th.W., John Helms dan F.S. Baker, (1987), *Prinsip-Prinsip Silvikutur*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Dwi Ayu Mulia Sari, (2008), *Analisa Pengaruh postur tangan dan jenis kelamin terhadap tingkat getaran, waktu reaksi pengereman, dan kekuatan genggam*. Skripsi, TI-FTMI, FT-UGM.
- Evans, (1982), *Plantation Forestry in The Tropics*, Clarendon Press Oxford.
- Grandjean, E. (1986). *Fitting the Task to the Man*. 4th ed. Taylor & Francis Inc. London.
- Kroemer, K.H.E. (1994). *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Li, G. dan Buckle, P. (1999). Current Teechniques for assessing Physical Exposure to Work-Related Musculoskeletal Risk, with Emphasis on Posturew-Based Methods, *Ergonomics*, 42(5): 674-695
- Nurmianto, E. (1991 b), *Desain Stasiun Kerja Industri: Tinjauan Ergonomi dalam industri*. Seminar Nasional Desain Produk Industri, FTSP-FTI ITS, Surabaya.
- Nurmianto, E (2003), *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Guna Widaya, ITS, Surabaya.
- Pheasant, S. (1986), *Body Space: Anthropometry, Ergonomics and Design*, London: Taylor and Francis.
- Purnomo, Dwi Edi, Mayor Infantri (1991), *Studi Ergonomi pada bentuk pistol P-1 9 mm buatan PT. PINDAD*. Tugas mata kuliah Ergonomi, TMNI-XII, STTAL- KODIKAL, Surabaya.
- Ramdhani, Ridwan Adam M. Noor. (2018). Analisis Ergonomi Menggunakan Metode Quick Exposure Checklist Pada Praktikan Bidang Keahlian Chassis Otomotif, *Journal of Mechanical Engineering Education* 5: 84-90.
- Riduwan, Akdon, (2007), *Rumus dan Data Dalam Analisis Statistika*, Alfabeta, Bandung.
- Sunardi. B. S. P. (1977), *Ilmu Kayu*, Yayasan Pembina Fakultas kehutanan UGM Yogyakarta.
- Stevenson.M.G. (1989), *Lecture Notes The Principles of Ergonomics*, Center for safety science, Univ. of New South Wales, Sydney.
- T.A. Prayitno, (1995). Terjemahan, *Pengujian sifat fisika dan mekanika menurut ISO*, Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Tarwaka, Solichul HA. Bakri, Lilik Sudiajeng, (2004), *Ergonomi untuk Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Produktivitas*, UNIBA Press, Surakarta, Indonesia.
- Thomas Krist, (1991), *Hidarulika*, Erlangga
- Van Noordwijk, (1999). *Functional Branch Analysis to derive alometrik equations of trees*. In: Murdyarso D, Van Noordwijk M and Suyamto D A (eds.) *Modelling Global Change Impactson the Soil Environment*. IC-SEA Report No 6: 77-79.
- Wagaurd, F., (1950), *The mechanical properties of wood*, John wiley & sons, Inc. New York, Chapmen Q hell, limited, London.
- Yustadi Y CE, (1986), *Seri penyelesaian-Mekanika Fluida*, Cipta Offset.