
Perancangan dan Pengujian Garu Ergonomis Bagi Petani Palawija di Sukabumi (Rancangan untuk Petani Perempuan di Desa “SG”)

Okie Sunardi

osunardi@bundamulia.ac.id

Penulis

Okie Sunardi adalah staf pengajar di Jurusan Teknik Industri, Universitas Bunda Mulia, Jakarta. Saat ini, penulis dipercaya sebagai Ketua Jurusan Teknik Industri di universitas yang sama. Bidang peminatan: Ergonomi, *Methods Engineering*, *Supply Chain Logistics*, Manajemen SDM.

Abstract

Many developing countries have their significant income from agricultural or basic industries. Thereafter, many problems in ergonomics started to occur. Researches and activities about ergonomics have arisen since the early of 1960. At the beginning, environmental ergonomics and work physiology were the most selected topics. In India, ergonomics researches began with work physiology, workplace study, design equipment or product, and the manual material handling in agriculture. In China, ergonomics began with information display, signal form in control chamber, and display for instrument. Then, other developing countries have started to implement the ergonomics as a tool to increase and fix productivity and work safety, especially in agriculture and small-scale industries, which man and manual tools are the main actors. These countries are Vietnam, Indonesia, and Thailand.

This research found the benefits of implementing ergonomics principles to the design of manual agricultural equipment (the length of bar and the angle of head-rack). Using criteria: biomechanics analysis, psychophysical analysis, productivity analysis, and energy consumption, the design was tested in the field, with several locally-made rack as comparison. Results found that using the ergonomics design, safety and productivity can be achieved in a significant way.

Keywords

ergonomics, productivity, safety

PENDAHULUAN

Pada awalnya, istilah “palawija” ditujukan bagi tanaman pangan yang biasa ditanam di sawah pada saat musim kemarau. Pada musim ini, tanaman padi tidak dapat tumbuh dengan baik karena minimnya ketersediaan air. Beberapa jenis tanaman palawija yang banyak ditemui di Indonesia, antara lain: kedelai, ubi jalar, ubi kayu, jagung, kacang hijau, dan kacang tanah. Dewasa ini, tanaman palawija tidak hanya ditanam pada musim kemarau, tetapi juga pada musim hujan di lahan kering (tadah hujan) atau di lahan pasang surut.

Jika dilihat secara ekonomis, tanaman palawija ini sangat berperan bagi kehidupan manusia karena kemampuannya untuk dijadikan bahan pangan pengganti padi. Selain itu, palawija dapat pula dijadikan bahan baku industri pengolahan bahan makanan dan makanan ternak. Karena kemampuannya untuk tumbuh pada lahan yang minim kadar airnya, pada saat musim paceklik, bahan pangan ini, terutama jagung, singkong, dan ubi kayu sering dijadikan bahan makanan pokok petani di pedesaan. Sedangkan di bidang industri, jagung digunakan untuk makanan unggas, ubi kayu untuk pembuatan tepung, kedelai untuk industri susu dan tahu, dan kacang tanah digunakan untuk menghasilkan minyak goreng.

Produksi total beberapa tanaman palawija di Indonesia masih di bawah kebutuhan, sehingga pemerintah masih harus mengimpor dari luar negeri. Pada tahun 1990 misalnya, Indonesia membutuhkan kedelai sebanyak 1,9 juta ton, sedangkan produksi pada tahun itu hanya mencapai 1,1 juta ton. Selain itu, menurut data yang dihimpun oleh Sri Najiyati dan Danarti (1999), Biro Pusat Statistik pada tahun 1988 menemukan bahwa usahatani komoditi palawija memberikan penghasilan bersih rerata antara Rp. 212.280 hingga Rp. 730.959 per hektar. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keuntungan Bersih Rerata Petani Indonesia dalam Usahatani Palawija

No.	Komoditi	Keuntungan (Rp.) / hektar
1	Kacang Tanah	566.138
2	Jagung	212.280
3	Kedelai	495.280
4	Ubi Kayu	584.359
5	Ubi Jalar	730.959

Sumber: Biro Pusat Statistik, 1988

Kondisi ini sebenarnya masih dapat ditingkatkan mengingat Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki lahan cukup luas dan subur. Oleh karenanya, berbagai usaha tani dilaksanakan Pemerintah melalui pola intensifikasi dan ekstensifikasi. Rendahnya produksi per hektar tanaman palawija di Indonesia antara lain karena penggunaan varietas yang kurang baik dan penggunaan sarana pengolahan lahan pertanian yang belum optimal (Sri Najiyati dan Danarti, 1999).

Penggunaan sarana pengolahan lahan yang belum optimal dapat disebabkan oleh banyak hal. Keterbatasan dana petani dalam penyediaan alat-alat pertanian bermesin merupakan penyebab utama yang harus dimaklumi. Kemampuan pemerintah dalam menyediakan alat dan mesin pertanian juga masih harus ditingkatkan. Sampai awal tahun 1997, kebutuhan dan permintaan alat dan mesin pertanian baru dapat dipenuhi sekitar 20% (Warta Pertanian, 1997). Alat maupun mesin pertanian tersebut merupakan sarana pengolah lahan pertanian yang mutlak harus dimiliki oleh setiap petani.

Pada kegiatan pengolahan tanah yang dilakukan secara manual, alat pertanian yang digunakan biasanya dibuat oleh industri kecil, dimana bentuk dan ukuran alat yang dibuat ditentukan atas dasar kondisi tanah pertanian di daerah tersebut dan ukuran tubuh si pembuat, sehingga alat pertanian yang beredar di pasaran sangat beragam bentuk dan ukurannya. Selanjutnya, keanekaragaman alat pertanian yang beredar ini menyebabkan ketidakpaduan sistem petani-alat, sebab ukuran tubuh petani pengguna dengan alat yang digunakan cenderung tidak sesuai. Akibatnya, kapasitas kerja aktual yang dihasilkan oleh petani dengan menggunakan alat tersebut tidak optimal. Sebagai contoh, Purwanto (1991) pernah melakukan penelitian mengenai perancangan cangkul ergonomis terhadap petani di Yogyakarta. Hasilnya, petani yang bekerja dengan menggunakan beberapa jenis cangkul buatan masal memiliki kapasitas kerja aktual 60 hingga 80 persen saja jika dibandingkan dengan menggunakan cangkul yang telah dirancang dengan memperhatikan aspek-aspek ergonomi petani setempat.

Pada umumnya kegiatan pengolahan lahan pertanian dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengolahan primer (membajak) dan pengolahan sekunder (menggaru). Tergantung dari kondisi tanah dan kebiasaan setempat maka pekerjaan membajak dan menggaru dapat dilakukan lebih dari satu kali hingga lahan siap untuk ditanami (Wijanto, 1996).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Purwanto (1991) disebutkan bahwa cara bertani di Pulau Jawa dan Bali sebagian besar masih bersifat tradisional. Penyebabnya adalah sempitnya luas pemilikan lahan (\pm 0.8 hektar) dan kondisi tanah yang berteras. Hal tersebut dibuktikan dengan upaya pemerintah untuk mengatasinya dengan program intensifikasi, dimana program ini memang dirancang untuk pertanian dengan keterbatasan lahan sebagai kendala utama.

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah masalah kebutuhan tenaga kerja. Kegiatan pertanian meliputi kegiatan pengolahan tanah, penanaman, pemeliharaan, pemanenan, dan masa sesudah panen. Dari kegiatan-kegiatan tersebut, pengolahan tanah merupakan kegiatan yang paling banyak menyerap tenaga kerja, waktu dan biaya, baik pada pertanian tradisional maupun pada pertanian mekanisasi.

Kendala lain yang menyebabkan rendahnya produksi, adalah kecepatan pengolahan per hektar lahan secara manual yang masih sangat lamban. Hal ini dijelaskan oleh Purwanto (1991), sebagai berikut:

1. petani bekerja dengan menggunakan traktor untuk menarik alat pengolahan tanah = 83,96 jam kerja
2. petani bekerja dengan menggunakan hewan untuk menarik alat pengolahan tanah = 112,47 jam kerja
3. petani bekerja secara manual mengolah tanah = 773,67 jam kerja.

Pengolahan tanah manual biasanya dilakukan oleh petani pria karena proses tersebut memerlukan tenaga fisik yang relatif besar. Namun di beberapa tempat di Indonesia, seperti di desa "SG" di Sukabumi, ada pula kegiatan pengolahan tanah, yaitu pada kegiatan pengolahan sekunder, yang dilakukan sepenuhnya oleh kaum perempuan. Di desa ini pengolahan primer tetap dilakukan oleh petani laki-laki. Tentunya, jika dilihat dari faktor fisik, maka petani perempuan ini harus mengeluarkan usaha yang lebih besar. Oleh sebab itu perlu dikaji kembali alat-alat pengolahan tanah yang sudah ada, khususnya alat pengolahan tanah sekunder, dan perlu dipikirkan suatu rancangan alat yang lebih sesuai dengan kondisi fisik petani perempuan tersebut. Hingga saat ini, penelitian terhadap petani laki-laki sudah sering dilakukan, dan biasanya dihubungkan dengan pengolahan tanah primer.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suatu rancangan alat garu yang secara ergonomis aman dan nyaman untuk digunakan oleh petani, dalam hal

ini untuk digunakan oleh petani perempuan di desa "SG". Tujuan lainnya adalah untuk menguji dan membandingkan kinerja alat garu yang telah ada sebelumnya, atau yang biasa digunakan oleh para petani, dengan alat garu yang dirancang dengan memperhatikan aspek-aspek ergonomi petani setempat.

METODE PENELITIAN

Pembatasan Masalah Penelitian

Penelitian hanya dilakukan terhadap petani perempuan di desa "SG" yang berusia antara 25 tahun hingga 50 tahun. Pembatasan ini dilakukan berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Purwanto (1991) sebelumnya, yang menyebutkan bahwa pada rentang tersebut kemampuan kerja petani relatif sama.

Bagian alat yang dirancang adalah panjang tangkai garu dan sudut kemiringan mata garu. Perancangan ini tidak memperhatikan dimensi lain dari alat garu, mengingat mata garu yang digunakan dibuat secara masal dan sehingga berat, panjang, dan lebar mata garu relatif sama. Selain itu, tangkai garu yang digunakan juga dibuat masal, sehingga berat, dan diameter tangkai relatif sama.

Penelitian dilakukan pada suatu kadar lengas tanah tertentu saja, dalam hal ini untuk kadar lengas lunak gembur.

Studi Lapangan

Studi lapangan bertujuan untuk mengetahui secara visual mengenai cara kerja petani, kondisi fisik petani, kondisi alam dan lahan pertanian, iklim dan cuaca, serta alat-alat yang digunakan, yang diperlukan dalam perancangan alat maupun pengujian lapangan.

Identifikasi Kebutuhan Perancangan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi aspek-aspek apa saja yang dibutuhkan dalam perancangan. Aspek-aspek yang diperhatikan adalah aspek agronomi, aspek teknis dalam menggaru, serta aspek ergonomi.

Aspek agronomi meliputi: jenis lahan yang akan diolah dan kedalaman pengolahan. Aspek teknis meliputi mekanisme pengangkatan, pengayunan, dan penarikan alat garu. Aspek ergonomi meliputi antropometri, biomekanika dan fisiologi. Aspek antropometri membutuhkan ukuran bagian-bagian tubuh petani berupa: tinggi badan, tinggi bahu, tinggi siku, tinggi pinggul, panjang lengan bawah, dan panjang kaki bawah. Dari sisi biomekanika dibutuhkan nilai-nilai berupa kekuatan tarik maksimum dari tangan, dan torsi maksimum yang diijinkan bekerja pada bagian-bagian tubuh tertentu. Dari sisi aspek fisiologi akan ditentukan nilai konsumsi energi petani dalam bekerja. Aspek fisiologi ini akan diperoleh sewaktu pengujian di lapangan.

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data antropometri petani, sesuai dengan kebutuhan perancangan yang telah diidentifikasi sebelumnya. Data antropometri akan diambil langsung di desa "SG" yang dilakukan sendiri oleh peneliti. Teknik pengambilan sampel menggunakan *Stratified Random Sampling* dengan *stratum* data adalah petani perempuan yang berusia antara 25 hingga 50 tahun.

Selanjutnya dilakukan penentuan segmen atau "*range*" tertentu dari ukuran tubuh petani yang akan digunakan dalam proses perancangan.

Perancangan Alat

Berdasarkan ukuran tubuh yang didapat dari hasil segmentasi, maka pada tahap ini akan dirancang sebuah alat yang nantinya akan dibandingkan dengan beberapa alat lain yang biasa digunakan sebelumnya.

Pengujian Lapangan

Pada tahap ini dilakukan *testing* untuk mengetahui kinerja alat yang telah dirancang. Rancangan ini akan dibandingkan dengan alat-alat yang biasa digunakan sebelumnya.

Kriteria yang akan digunakan dalam mengukur kinerja rancangan yang baru tersebut adalah kapasitas kerja aktual petani dalam melakukan pengolahan tanah sekunder. Kriteria lainnya adalah dengan membandingkan besarnya energi yang dibutuhkan dalam melakukan kerja.

Analisis dan Evaluasi Hasil Rancangan

Pada tahap ini dilakukan analisis hasil yang didapat dari pengujian yang telah dilakukan di lapangan. Analisis meliputi perbandingan dari kriteria-kriteria biomekanika dan fisiologi, dari beberapa jenis alat garu yang ada. Setelah itu dilakukan evaluasi dari keseluruhan hasil pengujian.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Fisiologi

Dari hasil perhitungan konsumsi energi, penggunaan garu ergonomis dapat menghemat pengeluaran energi dalam bekerja. Dengan garu ergonomis pengeluaran energi dapat dikurangi hingga 95.05 kilokalori/jam, atau sebesar 29.64%, jika dibandingkan dengan jenis garu setempat yang menunjukkan penggunaan konsumsi energi relatif paling baik (garu Karawang). Jika dibandingkan dengan jenis garu setempat yang menunjukkan konsumsi energi relatif paling besar (garu Surau), maka penggunaan garu ergonomis dapat mengurangi konsumsi energi hingga 136.66 kilokalori/jam, atau sebesar 37.72%.

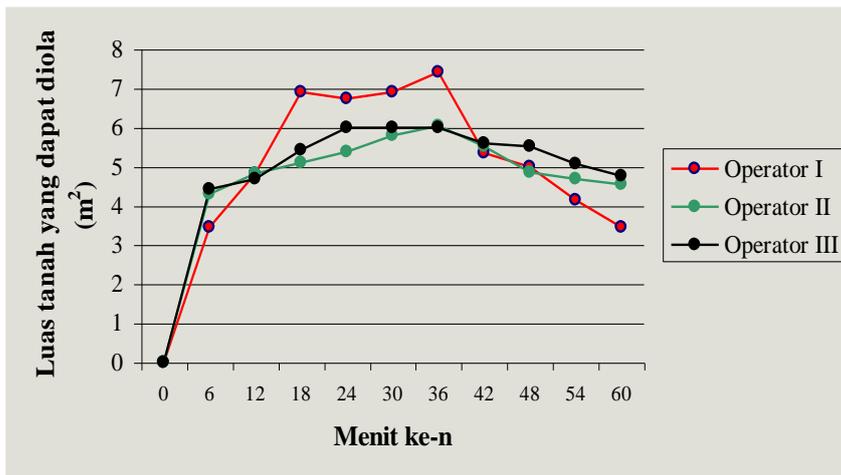
Untuk penggunaan garu ergonomis, waktu istirahat yang dibutuhkan setelah satu jam bekerja adalah -32.92 menit. Tanda negatif (-) menunjukkan bahwa belum dibutuhkan waktu istirahat setelah bekerja selama satu jam. Untuk penggunaan garu jenis Buaya, waktu istirahat yang dibutuhkan setelah bekerja selama satu jam adalah 11.28 menit, garu jenis Sedeng sebesar 8.66 menit, garu jenis Karawang sebesar 5.45 menit, dan garu jenis Surau selama 13.74 menit.

Dari hasil perhitungan waktu istirahat (yang secara langsung berhubungan dengan besarnya konsumsi energi yang dikeluarkan selama bekerja), dapat dikatakan bahwa penggunaan garu ergonomis dapat meningkatkan daya tahan petani dalam bekerja (petani tidak akan merasa cepat lelah, dan lamanya waktu istirahat akan dapat dikurangi). Keunggulan ini lebih disebabkan oleh kesesuaian rancangan garu (panjang tangkai dan sudut kemiringan garu) dengan antropometri petani, sehingga dapat membentuk postur kerja yang alamiah selama menggaru. Sedangkan untuk jenis garu lain selain garu ergonomis, maka garu jenis Karawang dapat dikatakan merupakan jenis garu lokal yang memiliki performansi paling baik, dari segi konsumsi energi dan kebutuhan akan waktu istirahat. Perbedaan waktu istirahat ini disebabkan karena penggunaan energi yang berbeda untuk mengoperasikan tiap-tiap jenis garu. Semakin besar energi yang dikeluarkan, maka waktu istirahat akan semakin lama.

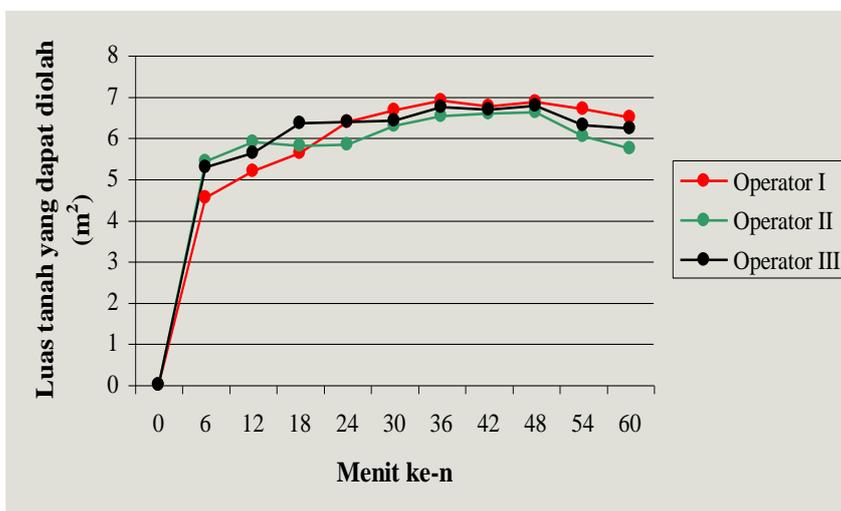
Kriteria Hasil Kerja

Luas tanah yang berhasil diolah, untuk masing-masing jenis garu, yang diukur setiap enam menit kerja selama satu jam pengujian, pada grafik perbandingan performansi kerja (Gambar 1 – 5).

Untuk garu jenis Buaya, hasil kerja rerata secara keseluruhan adalah 52.91 m²/jam. Kecenderungan penurunan kapasitas kerja aktual petani dimulai antara menit ke-36 dan 42. Menurunnya kemampuan kerja ini berlangsung terus hingga menit ke-60. Hal ini menandakan bahwa pada selang waktu tersebut, petani mulai merasakan kelelahan akibat kerja yang dilakukannya. Pada selang waktu tersebutlah sebaiknya istirahat dilakukan, yang lamanya kurang lebih 11.28 menit, sebelum petani memulai kembali aktivitasnya. Dari Gambar 1 dapat pula dilihat bahwa penggunaan garu jenis Buaya tidak menunjukkan adanya stabilitas kerja aktual.



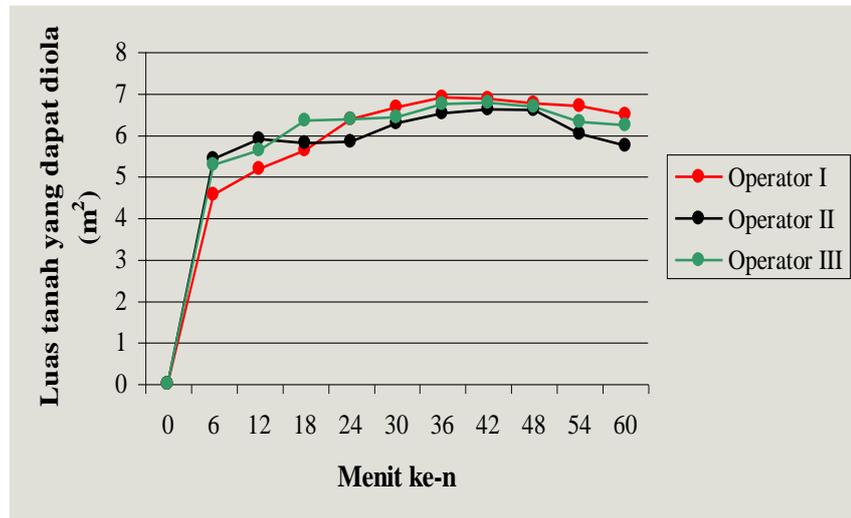
Gambar 1. Perbandingan kapasitas kerja aktual petani (m²) dengan menggunakan garu jenis Buaya, yang diukur tiap enam menit kerja, selama satu jam pengujian.



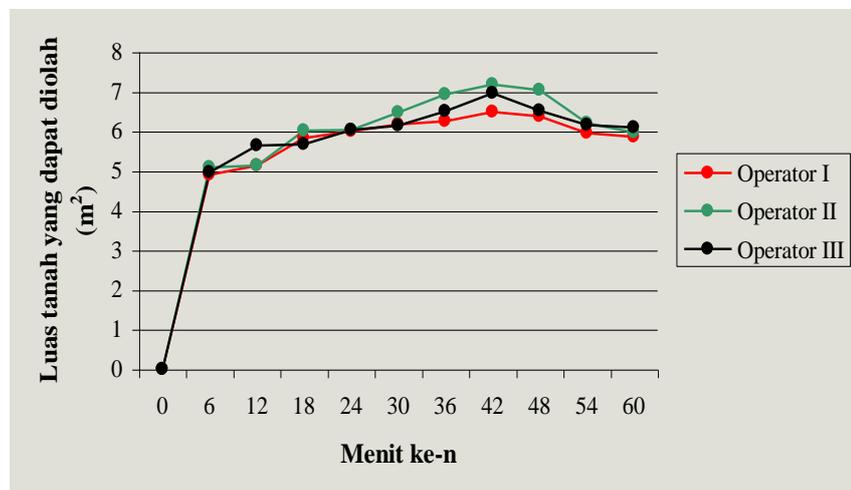
Gambar 2. Perbandingan kapasitas kerja aktual petani (m²) dengan menggunakan garu jenis Sedeng, yang diukur tiap enam menit kerja, selama satu jam pengujian.

Kecenderungan penurunan kapasitas kerja aktual dengan menggunakan garu jenis Sedeng dimulai antara menit ke-48 dan 54, dan berlangsung terus hingga menit ke-60 (Gambar 2). Stabilitas kerja aktual hanya berlangsung kurang lebih 18 menit (antara menit ke-30 dan 48). Rerata hasil kerja dengan garu jenis ini adalah 61.87 m²/jam. Untuk garu jenis Karawang, penurunan

kapasitas kerja aktual terjadi antara menit ke-42 dan 48, dan berlangsung terus hingga menit ke-60 (Gambar 3). Hasil kerja rerata dengan menggunakan garu jenis Karawang ini adalah 60.61 m²/jam. Sedangkan stabilitas kerja aktual berlangsung selama kurang lebih 18 menit (antara menit ke-30 dan 48). Lamanya stabilitas kerja aktual ini tidak terlalu berbeda dengan garu jenis Sedeng, dan luas tanah yang dapat diolah pun berkisar pada 6-7 m²/6 menit kerja.



Gambar 3. Perbandingan kapasitas kerja aktual petani (m²) dengan menggunakan garu jenis Karawang, yang diukur tiap enam menit kerja, selama satu jam pengujian.



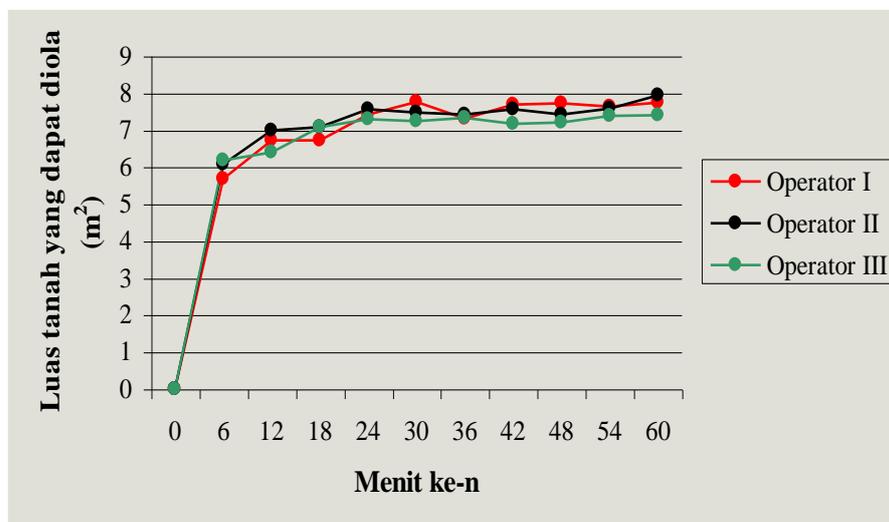
Gambar 4. Perbandingan kapasitas kerja aktual petani (m²) dengan menggunakan garu jenis Surau, yang diukur tiap enam menit kerja, selama satu jam pengujian.

Pada penggunaan garu jenis Surau, tidak tampak adanya kestabilan hasil kerja (Gambar 4). Penurunan kapasitas kerja dimulai pada selang waktu menit ke-42 dan 48. Kapasitas kerja yang dihasilkan pun cukup rendah. Penggunaan garu jenis Surau ini menghasilkan kerja rerata sebesar 49.35 m²/jam.

Dilihat dari hasil kerja maupun stabilitas kerja, kondisi di atas menunjukkan bahwa di antara garu jenis lokal, penggunaan garu jenis

Sedeng relatif memberikan performansi kerja yang lebih baik dibandingkan dengan jenis garu lainnya. Hal ini dapat disebabkan karena garu jenis Sedeng memiliki bentuk sudut yang relatif paling baik (62°) dibandingkan garu lokal lainnya (57° untuk garu Buaya, 58° untuk garu Karawang, dan 60° untuk garu Surau), serta panjang tangkai yang mendekati rancangan panjang tangkai garu ergonomis, yaitu 82.2 cm. Stabilitas kerja aktual terburuk dihasilkan oleh garu Buaya. Hasil kerja yang relatif buruk ini dapat disebabkan karena kecilnya sudut kemiringan garu, yang disertai ukuran tangkai yang relatif sangat pendek (75 cm), sehingga dapat menyebabkan postur kerja yang membungkuk terus-menerus, terutama bagi operator yang memiliki tubuh relatif tinggi. Kapasitas kerja aktual terburuk dihasilkan oleh garu jenis Surau. Hal ini dapat disebabkan karena panjang tangkai yang terlalu panjang (89.8 cm) menyebabkan beban pengoperasian alat semakin berat, sehingga berpengaruh pada kecepatan kerja. Namun demikian, dari segi stabilitas kerja, garu Surau ini masih lebih baik daripada garu Buaya, yang disebabkan karena sudut kemiringan garunya relatif lebih baik, sehingga postur tubuh selama penggaruan tidak lebih bungkuk dibandingkan ketika menggunakan garu Buaya, sehingga kelelahan akibat posisi tubuh yang membungkuk lebih kecil.

Untuk garu ergonomis, hasil kerja aktual yang dihasilkan relatif cukup tinggi dibandingkan dengan jenis garu lokal (Gambar 5). Stabilitas kerja dimulai pada menit ke-24 dan stabil sampai menit ke-60, dengan kapasitas pengolahan antara 7-8 $m^2/6$ menit kerja. Hasil kerja aktual total rerata selama 60 menit pengujian adalah 72.11 m^2/jam . Kapasitas kerja ini 16.55% lebih baik dibandingkan dengan garu lokal yang memiliki kapasitas kerja aktual terbaik (garu Sedeng), dan 46.12% lebih baik dibandingkan jenis garu lokal yang memiliki kapasitas kerja aktual terburuk (garu Surau).



Gambar 5. Perbandingan kapasitas kerja aktual petani (m^2) dengan menggunakan garu ergonomis, yang diukur tiap enam menit kerja, selama satu jam pengujian.

Analisis Psikofisik

Penilaian keergonomisan suatu rancangan dapat dilakukan dengan berdasarkan pendapat subjektif pemakainya, yang biasanya mencakup 80% pendapat pengguna (Woodson, 1981). Target penerimaan untuk tingkat kenyamanan maupun tingkat kemudahan pengoperasian garu dalam penelitian ini adalah 80%. Sedangkan untuk beban pengangkatan, target penerimaan secara psikologis untuk wanita adalah 75% (Snook dan Ciriello, 1991).

Secara umum, penggunaan garu ergonomis dapat memberikan tingkat kenyamanan bagian-bagian tubuh hampir 100% (98.333%), kecuali untuk bagian paha, dimana baik untuk garu lokal maupun garu ergonomis, keluhan terhadap paha ini selalu ada. Kondisi ini menandakan bahwa rancangan garu ergonomis belum dapat mengeliminasi keluhan pada bagian-bagian tubuh secara keseluruhan. Untuk penilaian tingkat kesulitan pengoperasian, garu ergonomis ini dinilai oleh ketiga operator benar-benar tidak memberikan kesulitan dalam pengoperasiannya (100%).

Garu lokal yang dinilai paling menyebabkan ketidaknyamanan pada bagian-bagian tubuh adalah garu jenis Surau, dengan tingkat kenyamanan rerata 35.001%. Garu lokal yang dinilai relatif paling nyaman adalah garu jenis Sedeng, dengan tingkat kenyamanan rerata 80.001%. Sedangkan garu jenis Buaya, dan Karawang memiliki tingkat kenyamanan rerata sebesar 53.334% dan 76.667%. Secara umum, dari jenis-jenis garu lokal yang diuji, garu Sedeng merupakan jenis garu yang secara psikologis dianggap relatif nyaman oleh petani.

Kondisi di atas terkait kembali dengan ukuran panjang tangkai maupun sudut kemiringan garu. Keluhan paling mencolok (tingkat kenyamanan paling rendah) adalah pada punggung (tingkat kenyamanan 0%), yang disebabkan oleh penggunaan garu jenis Buaya. Keluhan pada punggung ini disebabkan karena terlalu pendeknya tangkai garu, sehingga petani harus selalu membungkuk selama menggaru (terutama petani yang tubuhnya tinggi). Pendeknya tangkai garu ini diikuti dengan sudut kemiringan garu yang kecil (57°), yang menyebabkan arah pemotongan tanah yang tidak maksimal. Keluhan pada punggung ini juga timbul setelah para operator menggunakan garu Surau (tingkat kenyamanan 16.67%), yang disebabkan karena panjang tangkai garu Surau ini menyebabkan para operator sulit untuk membentuk sudut punggung yang relatif baik, yaitu 100° . Terlalu panjangnya tangkai garu mengharuskan operator yang bertubuh kecil untuk membentuk sudut punggung $>100^\circ$, yang tentunya akan membawa si operator pada posisi "membungkuk tidak tegak pun tidak".

Keluhan-keluhan lainnya yang dapat dikategorikan "sangat tidak nyaman", terletak pada leher dan bahu (dengan tingkat kenyamanan 16.67%), lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan (16.67%), di mana semuanya itu juga terkait dengan komponen panjang tangkai dan sudut garu. Keluhan-keluhan tersebut ditimbulkan setelah menggunakan garu jenis Buaya (untuk leher dan bahu), serta garu jenis Surau (untuk lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan).

Dari sisi tingkat kesulitan pengoperasian, gerakan menarik yang dianggap paling sulit timbul setelah mengoperasikan garu Buaya (tingkat kesulitan 100%). Untuk gerakan mengayun, keluhan timbul setelah mengoperasikan garu Surau (83.33%), dan untuk gerakan mengangkat, keluhan juga dirasakan setelah menggunakan garu Surau (83.33%). Garu Buaya memberikan proporsi tingkat kesulitan sebesar 0% untuk gerakan mengangkat, yang lebih disebabkan karena ukuran panjang tangkai jenis ini cukup pendek dan ringan. Meskipun demikian, kemudahan mengangkat tersebut justru menyebabkan keluhan lain, yaitu pada punggung. Dengan demikian, secara keseluruhan, dilihat dari penerimaan petani terhadap tingkat kemudahan pengoperasian alat garu, hanya garu ergonomis yang memiliki tingkat penerimaan di atas 80%, yaitu sebesar 100%. Untuk garu Sedeng dan Karawang tingkat penerimaan mencapai 77.777%, garu Buaya sebesar 50%, dan garu Surau hanya sebesar 22.223%.

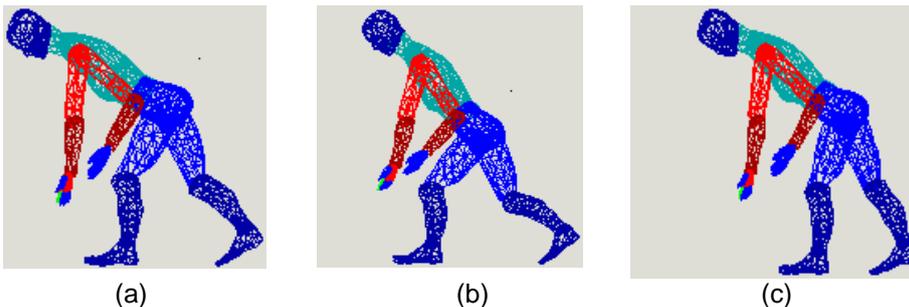
Untuk kriteria beban pengangkatan, yang dinilai dari keluhan petani terhadap sulit tidaknya pengangkatan alat garu selama pengujian berlangsung, baik garu ergonomis maupun garu lokal (kecuali garu Surau) dapat diterima secara psikologis oleh para petani (tingkat kemudahan pengangkatan di atas 75%). Untuk garu Surau, tingkat kemudahan pengangkatan secara psikologis hanya 16.67%. Dengan kata lain, dari segi

beban pengangkatan, secara psikologis, garu ergonomis, Buaya, Sedeng, dan Karawang dapat diterima oleh petani.

Analisis Biomekanika

Analisis biomekanika pada dasarnya dilakukan untuk mengetahui batasan torsi atau gaya maksimum yang bekerja pada bagian-bagian tubuh, terutama pada bagian punggung pada saat menggaru, untuk menghindari terjadinya cedera akibat kerja (*back pain*). Sikap kerja yang berbeda pada saat penggaruan akan menghasilkan nilai torsi yang berbeda pada bagian-bagian tubuh. Analisis biomekanika ini dilakukan terhadap tiga posisi kerja petani, yang didapat melalui pengamatan lapangan. Selain itu analisis biomekanika juga dilakukan terhadap model petani pada Persentil 50 dan 95, untuk mengetahui bagaimana torsi yang ditimbulkan akibat menggunakan rancangan panjang tangkai dan sudut kemiringan garu yang dirancang dengan menggunakan model petani pada Persentil lima. Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada tangan dilakukan dengan bantuan *software* GRASP, sedangkan perhitungan torsi pada bagian tubuh dilakukan dengan bantuan *software* Mannequin Pro.

Posisi punggung petani terdiri dari tiga kelompok besar, yaitu 90° (dengan sudut kaki 160°), 100° (dengan sudut kaki 140°), dan 115° (dengan sudut kaki 150°). Posisi kerja ini dapat dilihat pada Gambar 6. Masing-masing posisi ini dianalisa dan kemudian dibandingkan satu sama lain.



Gambar 6 (a) Posisi punggung petani pada sudut 90° (dengan sudut kaki 160°)
(b) Posisi punggung petani pada sudut 100° (dengan sudut kaki 140°)
(c) Posisi punggung petani pada sudut 115° (dengan sudut kaki 150°)

Sumber: keluaran *software* Mannequin Pro

Untuk mengetahui torsi yang bekerja pada bagian-bagian tubuh petani pada saat akan menarik garu, perlu terlebih dahulu diketahui berapa gaya yang bekerja pada tangan kiri maupun tangan kanan. Informasi awal yang diketahui dari observasi lapangan adalah besarnya *drag force*, massa garu, panjang tangkai garu, dan posisi pemegangan. Perhitungan gaya perlu dikonversikan menjadi satuan lbs ($1 \text{ lb} = 4.4482 \text{ N}$), agar sesuai dengan satuan yang dipakai oleh *software* Mannequin Pro.

Drag force bernilai 11.416 kgf atau dalam sistem *US Customary* (USC) sebesar 25.18 lbs ($= 11.416 \times 9.81 / 4.4482$). Massa garu tergantung pada panjang tangkai garu. Untuk posisi (a), panjang tangkai adalah 72.596 cm dengan massa sebesar 2.34 kg, sehingga berat garu dapat dihitung, yaitu sebesar 5.11 lbs ($= 2.34 \times 9.81 / 4.4482$). Untuk posisi (b), panjang tangkai adalah 84.546 cm dengan massa 2.66 kg (berat = 5.87 lbs). Untuk posisi (c), panjang tangkai adalah 106.426 cm dengan massa 3.25 kg (berat = 7.17 lbs). Estimasi gaya yang bekerja pada kedua tangan dilakukan berdasarkan *input* berupa panjang tangkai, berat garu, *drag force*, posisi pemegangan tangkai, dan sudut antara tangkai dengan permukaan tanah.

Secara keseluruhan nilai torsi yang bekerja untuk semua bagian tubuh petani dengan sudut punggung 100° lebih baik dibandingkan jika sudut

punggung petani 90°. Dengan mengacu pada Tabel 2, maka untuk semua bagian tubuh petani dengan sudut punggung 100°, nilai-nilai torsi yang bekerja berada pada batas yang diperbolehkan, kecuali untuk bagian bahu. Pada bahu (kiri) petani dengan posisi sudut punggung 100°, torsi yang bekerja adalah sebesar 39 lb.ft (= 52.88 N.m). Nilai tersebut melebihi batas maksimal kekuatan bahu dalam menahan torsi, yaitu 43 N.m. Untuk posisi punggung 90°, torsi yang bekerja pada bahu kiri lebih besar lagi, yaitu 49 lb.ft (= 66.43 N.m).

Tabel 2. Kemampuan Rata-rata Mengangkat Beban Pria dan Wanita pada Tingkatan Usia yang Berbeda

Frekuensi Pengangkatan	25 - 50 tahun		15 - 25 tahun	
	Pria	Wanita	Pria	Wanita
Kadang-kadang	50 kg	20 kg	20 kg	15 kg
Sering	18 kg	12 kg	11-16 kg	7 - 11 kg

Sumber: Sastrowinoto (1985)

Sudut punggung 100° akan memberikan nilai torsi secara keseluruhan yang lebih baik, dibandingkan sudut punggung 115°. Pada posisi punggung 115°, torsi yang bekerja pada bahu kiri juga melebihi batas maksimum bahu untuk menahan torsi, yaitu sebesar 37 lb.ft (= 50.16 N.m). Posisi punggung 115° (dengan sudut kaki 160°) ini lebih memberikan nilai torsi yang lebih kecil untuk bagian siku kiri dan bahu kiri, dibandingkan dengan posisi punggung 100° (dengan sudut kaki 140°). Hal yang sama juga terjadi, di mana nilai-nilai torsi untuk pergelangan tangan, siku, dan bahu (kiri) petani dengan posisi punggung 115° akan lebih baik dibandingkan dengan posisi punggung 90° (dengan sudut kaki 150°). Kesimpulan sementara yang didapat, bahwa pada posisi punggung 115° (dengan sudut kaki 160°) akan memberikan nilai torsi yang relatif paling baik di antara ketiga posisi kerja yang diteliti. Namun hal ini berlawanan dengan bagian lainnya, di mana posisi punggung 115° justru merupakan posisi yang menyebabkan nilai torsi paling besar pada bagian kaki, pinggul, dan bagian punggung, dibandingkan dengan dua posisi lainnya. Dengan kata lain, posisi punggung 115° belum merupakan posisi kerja yang optimal. Dengan demikian, berdasarkan perhitungan nilai torsi yang bekerja pada bagian- bagian tubuh ini, maka posisi punggung 100° (dengan sudut kaki 140°) merupakan posisi kerja yang relatif paling optimal, dibandingkan dengan dua posisi yang lainnya.

Selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap petani pada Persentil 50 dan 95, jika bekerja dengan menggunakan rancangan panjang tangkai dan sudut kemiringan garu berdasarkan petani pada Persentil lima. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa rancangan panjang tangkai dan sudut kemiringan garu yang digunakan oleh petani pada Persentil 50 dan 95 justru akan memberikan nilai torsi yang lebih baik untuk bagian punggung, daripada jika digunakan oleh petani pada Persentil lima itu sendiri. Perbedaan yang tampak nyata adalah untuk bagian bahu (kiri), dimana penggunaan rancangan panjang tangkai dan sudut kemiringan garu tersebut akan menyebabkan torsi yang lebih besar bagi petani pada P50 dan P95. Namun nilai-nilai torsi petani pada P50 dan P95 ini, secara keseluruhan lebih baik dibandingkan dengan nilai torsi petani yang bekerja dengan posisi punggung 90° (dengan sudut kaki 150°) dan 115° (dengan sudut kaki 160°), terutama untuk bagian punggung. Dapat disimpulkan, bahwa rancangan panjang tangkai dan sudut kemiringan garu dengan menggunakan data antropometri petani pada Persentil lima tidak akan memberikan pengaruh fisik yang terlalu berbeda jika rancangan tersebut digunakan oleh petani pada Persentil 50 dan 95.

Evaluasi Hasil Pengujian Lapangan

Dilihat dari kriteria energi yang digunakan dalam bekerja maupun kriteria kapasitas kerja aktual, kita belum bisa mendapatkan gambaran yang pasti cangkul lokal mana yang memiliki performansi paling baik. Satu hal yang tampak sangat jelas adalah bahwa kinerja petani akan sangat optimal bila menggunakan garu ergonomis. Sebagai contoh, garu jenis Karawang jika dilihat dari kriteria konsumsi energi menduduki ranking ke-2, tetapi bila dilihat dari kriteria kerja aktual menduduki ranking ke-3. Ketidaksebandingan tersebut mengindikasikan bahwa baik kriteria konsumsi energi maupun kriteria kapasitas kerja aktual kurang sesuai apabila digunakan untuk membandingkan performansi kerja petani secara terpisah. Untuk itu perlu dicari suatu tolok ukur baru yang dapat digunakan untuk membandingkan performansi kerja petani, dengan melibatkan kedua kriteria tersebut. Dengan mengacu pada produktivitas kerja, dimana produktivitas merupakan perbandingan antara *output* yang dihasilkan dengan *input* yang diberikan, maka kedua kriteria sebelumnya direkayasa dalam bentuk persamaan baru, yaitu:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Kapasitas kerja aktual (m}^2\text{/jam)}}{\text{Konsumsi energi (kkal/jam)}} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan menggunakan persamaan (1), maka dibuat Tabel 3, yang bertujuan untuk menentukan urutan performansi dari kelima jenis garu yang diujikan di lapangan.

Tabel 3. Urutan performansi lima jenis garu yang diujikan di lapangan

Jenis garu	Konsumsi energi (kilokalori/jam)	Kapasitas kerja aktual (m ² /jam)	Produktivitas (m ² /kilokalori)	Ranking
Buaya	348.56	52.91	0.15	4
Sedeng	335.22	61.87	0.18	3
Karawang	320.70	60.61	0.19	2
Surau	362.31	49.35	0.14	5
Ergonomis	225.65	72.11	0.32	1

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa garu ergonomis merupakan jenis garu yang memberikan produktivitas terbaik. Sedangkan untuk garu lokal, garu jenis Karawang merupakan garu lokal yang memberikan produktivitas terbaik. Penggunaan garu ergonomis akan memberikan produktivitas 68.42% lebih baik dibandingkan garu jenis lokal dengan produktivitas terbaik (Karawang), dan 128.57% lebih baik dibandingkan dengan garu jenis lokal dengan produktivitas terburuk (Surau).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Rancangan alat garu yang sesuai dengan tubuh penggunanya adalah rancangan yang memanfaatkan data anthropometri penggunanya itu sendiri, serta dengan mempertimbangkan posisi alamiah petani dalam bekerja. Dengan memanfaatkan data anthropometri persentil lima, dengan posisi sudut punggung 100° dan sudut kaki 140°, maka rancangan panjang tangkai dan sudut garu yang optimal bagi para petani perempuan di desa "SG" adalah 84.5 cm dan 67°.

Dari sisi fisiologis petani, penggunaan rancangan dengan panjang tangkai 84.5 cm dan sudut garu 67° akan dapat menghemat konsumsi energi rerata hingga 95 kkal/jam dibandingkan jika menggunakan rancangan garu yang sudah ada sebelumnya.

Dari sisi biomekanika, posisi alamiah pada sudut punggung 100° dan sudut kaki 140° dapat mengurangi beban torsi sebesar 9% dibandingkan posisi alamiah pada sudut punggung 90° dan sudut kaki 150°, serta 15% jika dibandingkan dengan posisi alamiah pada sudut punggung 115° dan sudut kaki 160°.

Dari segi psikofisik, penggunaan rancangan garu ergonomis dapat memberikan tingkat kenyamanan tubuh rerata hingga 98,333%, dan tingkat kemudahan pengoperasian alat hingga 100%.

Dari sisi kapasitas kerja aktual, penggunaan rancangan garu ergonomis dapat memberikan hasil hingga 46.12% lebih baik dibandingkan dengan garu lokal sebelumnya. Penghematan waktu kerja dapat mencapai 63.95 jam untuk mengolah 1 ha tanah.

Dari segi konsumsi energi, penggunaan garu ergonomis mampu memberikan produktivitas hingga 128.57% lebih baik, yaitu 0.32 m²/kcal dibandingkan dengan garu lokal terburuk, yaitu 0.14 m²/kcal.

Saran

Perlu dilakukan pengukuran data antropometri petani perempuan di desa - desa lain, sehingga kecenderungan distribusi datanya dapat diketahui. Dengan demikian, dapat dilakukan analisis apakah rancangan garu ergonomis ini dapat digunakan secara general. Perlu pula dilakukan penelitian mengenai seberapa besar pengaruh 1 N.m nilai torsi terhadap bagian-bagian tubuh manusia.

REFERENSI

- Astrand, P. O. *Textbook of Work Physiology*. New York, NY: McGraw-Hill Book Company, 1992.
- Barnes, R. M. *Motion and Time Study Design and Measurement of Work*. 7th edition. Toronto, Canada: John Wiley & Sons Inc., 1980.
- Helander, Martin. *A Guide to Human Factors and Ergonomics*. 2nd edition. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, 2006.
- Niebel, Benjamin, dan Andris Freivalds. *Methods, Standards, and Work Design*. 11th edition. New York, NY: McGraw-Hill, 2003.
- Purwanto, Wahyu. *Perancangan Cangkul Ergonomis untuk Meningkatkan Kapasitas Kerja Aktual Petani dalam Mengolah Tanah Sawah di Daerah Istimewa Yogyakarta* [tesis]. ITB, Bandung, 1991.
- Sastrowinoto, S. *Meningkatkan Produktivitas dengan Ergonomi*. Seri Manajemen, No: 116. Jakarta: Pustaka Binaman Presindo, 1985.
- Snook, S. H., dan V. M. Ciriello. *Low Back Pain in Industry*. New York, NY: American Society of Safety Engineers, 1991.
- Sri Najiyati, dan Danarti. *Palawija: Budidaya dan Analisis Usahatani*. Jakarta: Penebar Swadaya, 1999.
- Warta Pertanian No. 167/Th. XIV/April. *Gebyar Panen Raya Padi*. Jakarta: Departemen Pertanian, 1997.
- Wijanto. *Memilih, menggunakan, dan Merawat Traktor Tangan*. Jakarta: Penebar Swadaya, 1996.