



KAJIAN PEMILIHAN ALTERNATIF PENYIANGAN GULMA PADI SAWAH (STUDY ON SELECTION OF WEEDING ACTIVITIES ALTERNATIVES IN WETLAND PADDY FIELD)

Novi Sulistyosari¹⁾, M. Faiz Syuaib²⁾ dan Sam Herodian²⁾

¹⁾Perekayasa Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian
Situgadung, Tromol Pos 2, Serpong, Tangerang, Banten
Telepon : 021 - 70936787, Fax : 021 - 71695497
Email : bbpmektan@litbang.deptan.go.id

²⁾Staf pengajar pada Departemen Teknik Pertanian FATETA IPB
Kampus IPB Darmaga, Bogor

Diteima : 11 Februari 2011; Disetujui : 8 April 2011

ABSTRAK

Salah satu tahapan penting dalam kegiatan budidaya padi adalah penyiangan. Penyiangan secara konvensional memerlukan banyak tenaga kerja, sementara itu jumlah tenaga kerja pertanian makin berkurang. Sehingga penyiangan yang dilakukan menggunakan alat, baik semi mekanis maupun mekanis diharapkan mampu menangani permasalahan yang ada. Namun dalam penggunaan alat-alat tersebut perlu diperhatikan faktor manusia dan aktivitasnya sehingga dimungkinkan adanya suatu rancangan sistem manusia-mesin yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi nilai beban kerja operator dan efektivitas kerja pada beberapa tipe alat penyiang (manual, semi mekanis dan mekanis); dan melakukan pemilihan tipe penyiangan yang tepat untuk diaplikasikan ditinjau dari beberapa aspek. Parameter yang diukur meliputi kapasitas kerja alat, efektivitas penyiangan, jumlah anakan, tingkat kerusakan tanaman dan konsumsi energi operator serta biaya operasional alat. Metode penentuan efektivitas penyiangan dan jumlah anakan menggunakan rancangan acak sedangkan metode konsumsi energi operator ditentukan dengan pengukuran denyut jantung operator. Metode analisis untuk pemilihan tipe penyiangan terbaik menggunakan analisa logika fuzzy (*Fuzzy logic analysis*). Hasil menunjukkan bahwa konsumsi energi operator (WEC) pada penyiangan menggunakan tipe gasrok, tipe roller, mekanis dan manual berturut-turut adalah 1,375 kkal/menit; 1,175 kkal/menit; 0,855 kkal/menit dan 0,745 kkal/menit. Efektivitas penyiangan rata-rata pada penyiangan secara manual, tipe gasrok, tipe roller dan mekanis berturut-turut adalah 63,25%; 69,83%; 61,87% dan 79,19%. Berdasarkan model pemilihan alat menggunakan analisa fuzzy logic operasi fuzzy OR (fungsi maksimum) yang mencakup beberapa aspek maka dapat ditentukan tipe alat penyiang yang terbaik yaitu alat penyiang secara mekanis (*power weeder*).

Kata kunci : Alat dan mesin penyiang padi, ergonomika, analisa logika.

ABSTRACT

One of the major problems in organic rice farming is weed eradication activity, or commonly called weeding. Conventional weeding is extremely time consuming work and require a lot of labor. To cope with this existing problem, switching from conventional to mechanical or semi-mechanical tools is needed for most agricultural areas. However, the use of these tools should also take the human factor into consideration so that optimal human-machine system may be possible to be applied. In addition, the design of the equipment should also consider the safety and health as well as ergonomic factors of operator. The objective of the research was to find out the operator workload value and work effectiveness resulting from weeding activities i.e. hand weeding, semi mechanical weeding and mechanical weeding. Semi-mechanical weeding involved two types of weeder, namely local gasrok-weeder type (Indonesian weeder) and Japanese roller-weeder type. In order to determine the most appropriate weeding type, the technical and economic aspects of each weeding types were investigated. The method of weeding effectiveness and vegetative analysis are used random sampling while energy consumption measured by heartbeat operator. Data processing was implemented in fuzzy logic-fuzzy inference system (FIS) for generating fuzzy rules operation. Model input consists of five parameters i.e. work capacity, weeding effectiveness, vegetative analysis, energy consumption and cost. Workload measurements indicated the average energy requirement of local gasrok weeder type, roller type, mechanical, and hand weeding were 1.375 kcal/min, 1.175 kcal/min, 0.855 kcal/min and 0.745 kcal/min respectively. For weeding effectivity measurements indicated the average weeds appearance of roller type, hand weeding, local gasrok weeder type, and mechanical were 61.87%; 63.25%; 69.83% and 79.19% respectively. Based on weeding selection model using fuzzy-FIS, the maximum output value was achieved by mechanical (*Power Weeder*).

Key words: Weeding device, paddy, ergonomics, fuzzy logic.

PENDAHULUAN

Padi adalah komoditi strategis di Indonesia, karena merupakan makanan pokok hampir seluruh masyarakat Indonesia. Produksi padi di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduk Indonesia yang juga terus meningkat.

Data statistik pertanian menunjukkan produksi padi dari tahun 2005 sampai dengan 2010 secara berturut-turut dihasilkan 54,15 juta ton, 54,45 juta ton, 57,16 juta ton, 60,33 juta ton, 64,39 juta ton dan 66,41 juta ton (Statistik Pertanian 2006, 2010). Sementara saat ini tercatat luas panen padi 13,24 juta ha (Statistik Pertanian 2010) meningkat 8,1 % dari tahun 2005 (Statistik Pertanian 2006). Hal ini perlu dipertahankan dan ditingkatkan dalam upaya peningkatan produktivitas dengan menerapkan beberapa sistem, diantaranya yaitu sistem kegiatan budidaya padi.

Salah satu tahapan penting dalam kegiatan budidaya padi adalah kegiatan pemberantasan gulma yang biasa disebut penyiangan. Penyiangan adalah pekerjaan untuk menghilangkan gulma, dengan cara mencabut, memotong atau membongkar gulma sampai ke akarnya.

Menurut Haryono (2007), kerugian hasil panen padi oleh gulma dapat mencapai 36% dan usaha pengendalian gulma yang efektif dapat meningkatkan produksi gabah sampai dengan 1,8 ton/ha. Sedangkan penyiangan yang dilakukan secara konvensional memerlukan banyak tenaga kerja dan membutuhkan waktu yang relatif lama. Sementara itu jumlah tenaga kerja pertanian berkurang. Menurut Haryono (2007), pengendalian gulma tanaman padi sawah secara manual (menggunakan tangan) membutuhkan waktu 172 jam/ha dan penyiangan secara semi mekanis (menggunakan landak/gasrok) membujur melintang membutuhkan waktu 132 jam/ha.

Penyiangan yang dilakukan dengan menggunakan alat, baik secara semi mekanis maupun mekanis diharapkan mampu menangani permasalahan yang ada. Namun dalam penggunaan alat-alat tersebut perlu juga memperhatikan faktor manusia dan aktivitasnya sehingga dimungkinkan adanya suatu rancangan sistem manusia-mesin yang optimal. Selain faktor fungsional, suatu desain alat juga harus memperhatikan faktor keselamatan, kesehatan, keamanan dan kenyamanan bagi operator karena beban kerja yang terlalu berat, melebihi kapasitas kemampuan tubuh manusia akan menimbulkan kelelahan yang terakumulasi

(Sander et al, 1993). Penggunaan alat penyiang secara manual dan semi mekanis seperti menggunakan tangan dan landak banyak digunakan di beberapa wilayah hanya saja masih memiliki banyak kekurangan, baik dilihat dari segi kinerja dan efisiensi alat maupun dari segi ergonomika yang akan menimbulkan kejerihan cukup tinggi serta kendala kapasitas yang rendah. Namun dari segi biaya sangat murah dan mudah dalam pengoperasiannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai beban kerja dan efektivitas kerja masing-masing tipe penyiangan secara manual (*hand weeding*), semi mekanis (gasrok dan tipe *roller/Japanese weeder*), serta mekanis (*power weeder*); serta untuk pemilihan alternatif tipe penyiangan yang tepat untuk diaplikasikan ditinjau dari beberapa aspek yaitu: aspek teknis (termasuk ergonomika) dan aspek ekonomi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Alat yang digunakan terdiri dari penyiang gasrok (*Indonesian weeder*), penyiang tipe roller (*Japanese weeder*) dan *power weeder* model YA-1 menggunakan motor penggerak 2 tak. Instrumen yang digunakan adalah *Heart rate monitor*, *metronome*, *stopwatch*, meteran, *step bench* dan *tachometer*.

Kondisi Lahan

Topografi lahan sawah di lokasi pengujian berbentuk terasering, dimana kondisi lahan uji memiliki genangan air yang berbeda. Pada lahan uji yang berada dekat sumber air (penyiang manual) memiliki genangan air lebih tinggi dibandingkan lahan uji yang letaknya jauh dari sumber air (penyiang menggunakan alat dan mesin). Hal ini mempengaruhi tingkat pelumpuran yang terjadi, genangan air yang tinggi memiliki lapisan lumpur lunak sedangkan genangan air yang sedikit memiliki lapisan lumpur tipis mengakibatkan tanah sedikit keras. Disamping itu tinggi genangan air berbeda juga menyebabkan populasi gulma berbeda.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan terhadap 4 tipe penyiangan, yaitu manual (*hand weeding*), semi-mekanis (tipe gasrok/*Indonesian weeder* dan tipe roller/*Japanese weeder*), dan mekanis (*Power Weeder*). Pengujian dan pengamatan



pada masing-masing tipe penyiangan dilakukan dalam 4 kali ulangan dengan luas lahan masing-masing plot adalah 15 m x 2,5 m. Penyiangan dilakukan pada saat tanaman berumur 30 hari setelah tanam (hst).

Penyiangan secara manual dilakukan dengan cara mencabut dan menginjak gulma untuk ditanamkan ke dalam tanah. Penyiangan menggunakan alat semi mekanis dilakukan dengan cara menggosok gulma sampai tercabut yang kemudian gulma tercabut tersebut terinjak oleh operator. Sedangkan penyiangan menggunakan alat mekanis dilakukan dengan cara mengaduk-aduk tanah sampai perakaran gulma yang kemudian terinjak oleh operator sehingga gulma terpendam ke dalam tanah.

Selama pengujian kinerja dari masing-masing tipe penyiangan dilakukan pengukuran dan pengambilan data yang meliputi aspek teknis dan ekonomi. Pengambilan data yang terkait dengan aspek teknis yaitu kapasitas kerja alat, efektivitas penyiangan, jumlah anakan, tingkat kerusakan tanaman dan konsumsi energi operator. Sedangkan dari aspek ekonomi yaitu biaya operasional alat.

Pengukuran kapasitas kerja alat penyiangan dihitung berdasarkan rumus persamaan (1) (Imran, 2006).

$$Ke = \frac{TL}{TW} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

Ke = Kapasitas kerja efektif (ha/jam)

TW = Total waktu (jam)

TL = Total luas lahan yang disiangi (ha)

Metode yang digunakan untuk mengukur efektivitas penyiangan didasarkan pada jumlah populasi gulma yang ada sebelum dan setelah penyiangan. Pengambilan data gulma menggunakan metode rancangan acak. Pada masing-masing plot percobaan diambil 3 sampel gulma pada luasan 1 m² secara acak. Pengukuran data sampel gulma setelah penyiangan dilakukan 1 minggu sesudah penyiangan. Besarnya persentase gulma yang tersiangi dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$Eft = \frac{JGB - JGS}{JGB} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

Eft = Efektivitas penyiangan

JGB = Jumlah gulma sebelum penyiangan (batang)

JGS = Jumlah gulma setelah penyiangan (batang)

Metode pengambilan data jumlah anakan tanaman padi menggunakan rancangan acak. Pengambilan sampel dilakukan dengan memberikan tanda pada beberapa rumpun dalam luasan sampel gulma dan pengukuran jumlah anakan setelah penyiangan dilakukan satu minggu sesudah dilakukan penyiangan. Perhitungan persentase pertambahan jumlah anakan tanaman padi menggunakan persamaan (3).

$$J_A = \frac{J_{AS} - J_{AB}}{J_{AB}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

di mana :

J_A = Persentase jumlah anakan (%)

J_{AS} = Jumlah anakan setelah penyiangan (batang)

J_{AB} = Jumlah anakan sebelum penyiangan (batang)

Persentase kerusakan tanaman pokok diperoleh dengan membandingkan jumlah tanaman yang rusak dengan jumlah tanaman pokok, dan dihitung dengan menggunakan persamaan (4) (Imran, 2006).

$$PKT = \frac{TR}{TP} \times 100 \% \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

PKT = Persentase kerusakan tanaman (%)

TR = Jumlah tanaman rusak dalam satu plot uji (rumpun)

TP = Jumlah tanaman pokok dalam satu plot uji

Metode pengambilan data konsumsi energi operator dilakukan dengan cara pengukuran denyut jantung operator. Sebelum dilakukan pengukuran denyut jantung terlebih dahulu dilakukan kalibrasi pada alat ukur dengan menggunakan metode *step test* (Herodian, 2007). Kalibrasi pengukuran denyut jantung dilakukan dengan cara naik turun tangga pada ketinggian 30 cm. Ritme kecepatan langkah yang diukur pada frekuensi 15, 20, 25, dan 30 siklus/menit yang sebelumnya dilakukan pengukuran denyut jantung pada saat istirahat.

Denyut jantung direkam secara kontinyu pada interval 5 detik. Kemudian pada tahapan kalibrasi ini dihitung tenaga masing-masing operator yang dibutuhkan menggunakan persamaan (5) (Irawan, 2008).

$$TEC_{ST_n} = \frac{w * g * 2f * h}{4.2 * 10^3} \dots\dots\dots (5)$$

dimana :

TEC = Total Energy Cost saat step test (kkal/menit)

w = berat badan (kg)

f = frekuensi step test (siklus/menit)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/detik²)

h = tinggi bangku step test (meter)

Menurut Syaib (2003), untuk meminimalisir subyektifitas nilai denyut jantung (HR) yang umumnya sangat dipengaruhi faktor-faktor personal, psikologis dan lingkungan, maka perhitungan nilai HR harus dinormalisasikan agar diperoleh nilai HR yang lebih obyektif. Normalisasi dilakukan dengan cara perbandingan denyut jantung saat step test (HR_{st}) terhadap denyut jantung saat istirahat (HR_{rest}). Nilai perbandingan tersebut dinamakan IRHR (*Increase Ratio of Heart Rate*) dengan persamaan (6).

$$IRHR = \frac{HR_{ST}}{HR_{rest}} = \frac{HR_{work}}{HR_{rest}} \dots\dots\dots (6)$$

Kemudian nilai-nilai tersebut diplotkan dalam grafik untuk melihat korelasi antara TEC dengan IRHR pada step test sehingga diperoleh persamaan linear yang merupakan bentuk umum untuk masing-masing subyek seperti persamaan fungsi : $IRHR = f(TEC)$ yang kemudian digunakan untuk mengetahui nilai total energi operator pada saat bekerja.

Pengukuran konsumsi energi operator di lahan dilakukan dengan pengukuran denyut jantung operator pada saat bekerja dan istirahat. Kemudian dari hasil pengukuran denyut jantung ini diperoleh nilai kuantitatif yaitu nilai IRHR, TEC, WEC sedangkan nilai kualitatif diperoleh berdasarkan tingkat beban kerja seseorang seperti ringan, sedang, berat, sangat berat dan luar biasa berat.

Pengukuran kebutuhan energi total pada saat bekerja (TEC) dilakukan dengan menginterpolasi nilai IRHR saat bekerja kedalam persamaan linier dari grafik korelasi. Pengukuran nilai energi pada saat melakukan

penyiangan (WEC) dilakukan dengan persamaan (7) (Irawan, 2008).

$$WEC = TEC_w - BME \dots\dots\dots (7)$$

dimana :

WEC = Work Energy Cost (kkal/min)

TEC = Total Energy Cost (kkal/min)

BME = Basal Metabolic Energy (kkal/min)

Untuk menghitung biaya operasional penggunaan alat penyiang maka dilakukan analisa ekonomi dengan menggunakan metode garis lurus. Berdasarkan biaya tetap dan biaya tidak tetap serta kapasitas kerja alat, maka perhitungan biaya operasional alat dihitung dengan menggunakan persamaan (8) (Pramudya B, 2001).

$$BP = \frac{\frac{BT}{X} + BTT}{Ke} \dots\dots\dots (8)$$

dimana :

BP = Biaya operasional (Rp/ha)

BT = Biaya tetap (Rp/th)

BTT = Biaya tidak tetap (Rp/jam)

Ke = Kapasitas kerja alat (ha/jam)

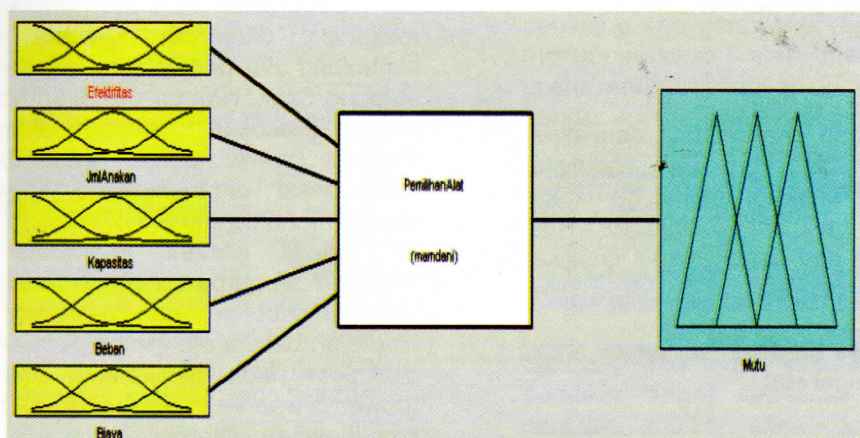
x = Jumlah jam kerja (jam/th)

Sedangkan biaya tetap, terdiri dari biaya penyusutan; bunga modal dan asuransi; pajak dan biaya garasi. Biaya tidak tetap terdiri dari biaya perbaikan dan pemeliharaan alat; biaya bahan bakar; biaya operator.

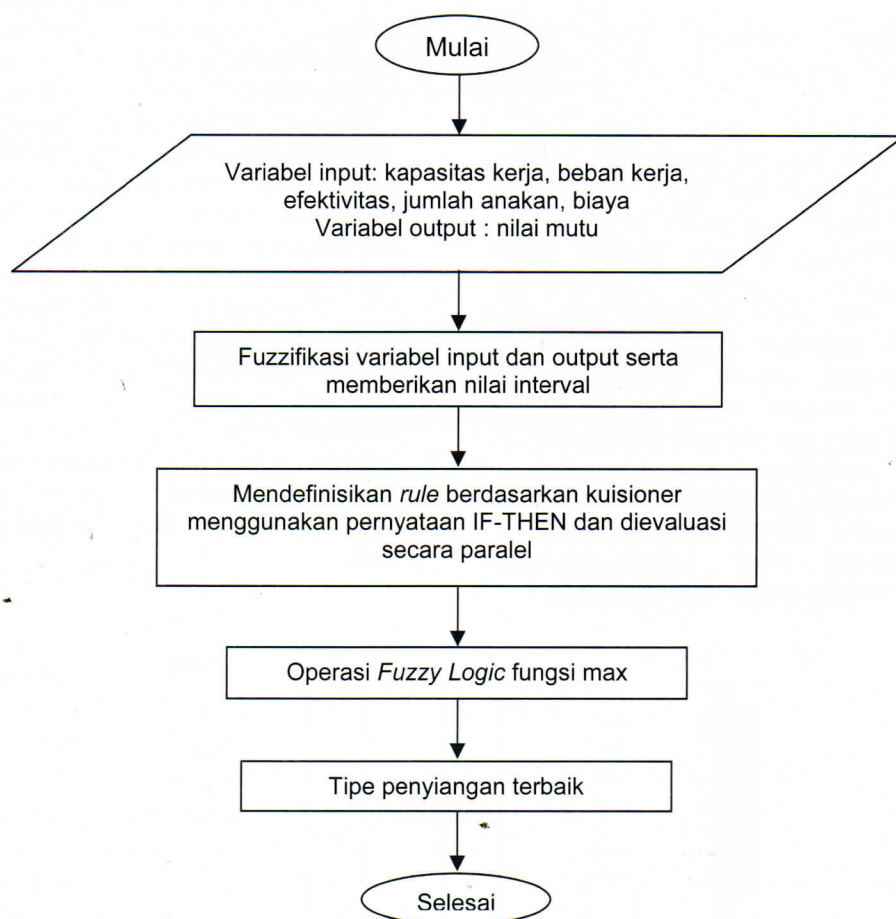
Analisis Pemilihan Alat Penyiangan dengan Analisa Logika Fuzzy

Analisa Logika Fuzzy digunakan untuk model pemilihan alternatif alat penyiangan yang dilakukan menggunakan program MATLAB R2009a. Fuzzy logic bekerja berdasarkan analisa nilai dan logika yang dinyatakan dalam bentuk pernyataan IF-THEN dalam operasi fuzzy (A. Naba, 2009). Variabel input menggunakan 5 parameter yaitu efektivitas penyiangan, kapasitas kerja, beban kerja, biaya, dan jumlah anakan (Gambar 1).

Nilai output yang dicapai yaitu nilai mutu, dimana dalam proses fuzzifikasi nilai interval yang diberikan [0 1] dengan kriteria mutu buruk diberikan pada range [0 0,5] dan mutu baik nilai range yang diberikan [0,5 1]. Semakin besar nilai mutu maka semakin baik alat tersebut. Prosedur proses analisa logika terlihat dalam bagan berikut (Gambar 2).



Gambar 1. Skema sistem pemilihan alat



Gambar 2. Bagan prosedur proses analisa logika

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspek Teknis

Pengukuran dan analisa data dari aspek teknis meliputi kapasitas kerja alat, efektivitas penyiangan, jumlah anakan, tingkat kerusakan tanaman dan konsumsi energi operator. Hasil analisa pengukuran dari aspek teknis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisa berdasarkan aspek teknis pada berbagai alat

Tipe penyiang	Kapasitas kerja alat Ha/jam	Efektifitas penyiangan %	WEC kkal/menit
Manual (HW)	0,0320	63,25	0,745
Gasrok (IW)	0,0240	69,83	1,375
Roda/Roller (JW)	0,0285	61,87	1,175
Mekanis (PW)	0,0905	79,19	0,855

WEC = Work Energy Cost

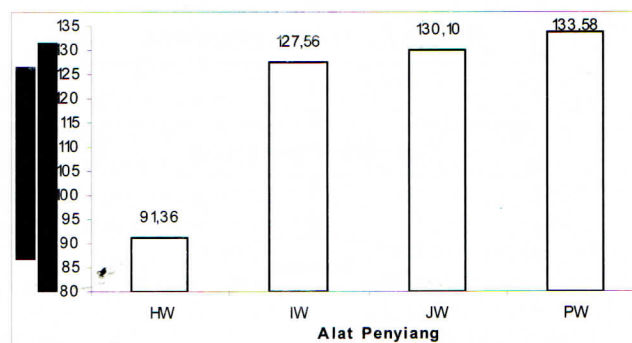
Berdasarkan kapasitas kerja yang dihasilkan, penyiangan secara manual menghasilkan nilai kapasitas kerja yang lebih besar dibandingkan penyiangan menggunakan alat semi mekanis (gasrok dan roller). Hal ini disebabkan karena kondisi lahan penyiangan secara manual memiliki genangan air yang lebih banyak dibandingkan dengan kondisi lahan yang digunakan untuk penyiangan menggunakan alat semi mekanis, sehingga mengakibatkan populasi gulma pada lahan dengan penyiangan secara manual memiliki populasi gulma sangat sedikit dibandingkan pada lahan dengan penyiangan menggunakan alat. Pada penyiangan secara manual konsentrasi penyiangan hanya tertuju pada gulma yang muncul. Hal ini yang menyebabkan waktu penyiangan lebih cepat sehingga menghasilkan besarnya nilai kapasitas kerja.

Sedangkan pada penyiangan secara semi mekanis dilakukan secara menyeluruh sepanjang alur penyiangan baik terdapat gulma ataupun tidak. Namun demikian kapasitas kerja yang dilakukan menggunakan penyiang mekanis (*power weeder*) yaitu 0,0905 ha/jam lebih besar dibandingkan dengan penyiang secara manual yaitu 0,0320 ha/jam.

Hasil analisa efektivitas penyiangan berdasarkan perbandingan populasi gulma yang muncul sebelum dan sesudah penyiangan diperoleh bahwa efektivitas penyiangan tertinggi dilakukan pada penyiangan secara mekanis (*power weeder*) yaitu 79,19%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena desain pada cakar penyiang dapat berfungsi secara optimal untuk mengaduk tanah sampai mengenai perakaran gulma sehingga gulma benar-benar tercabut. Disamping itu fungsi memutuskan perakaran antar tanaman padi untuk merangsang pertumbuhan anakan baru juga beroperasi dengan baik.

Pengamatan terhadap pertumbuhan anakan, diperoleh bahwa perbedaan pertambahan jumlah anakan jika penyiangan menggunakan 3 alat (tipe gasrok, tipe roller dan mekanis) dibandingkan penyiangan secara manual berkisar 28 – 31%. Hal ini terlihat bahwa penyiangan menggunakan alat baik semi mekanis maupun mekanis mampu untuk memutuskan perakaran antar tanaman padi yang akan memicu tumbuhnya anakan baru.

Berdasarkan kondisi kerusakan tanaman padi yang diakibatkan terutama bila dilakukan penyiangan menggunakan alat mekanis (*power weeder*) sebesar 2%. Namun kerusakan tersebut bukan merupakan kerusakan permanen artinya tanaman padi tersebut tidak mengalami kematian, tanaman hanya merunduk dan tanaman tersebut akan kembali tumbuh dengan baik.



Gambar 3. Grafik persentase pertambahan jumlah anakan



Berdasarkan nilai kuantitatif hasil analisa beban kerja, konsumsi energi (WEC) yang diperoleh dengan menggunakan alat (semi mekanis dan mekanis) lebih besar dibandingkan penyiangan secara manual. Hal ini selain disebabkan karena beban fisik yang ditimbulkan oleh alat, kondisi lahan juga sangat mempengaruhi. Pada kondisi lahan tergenang persoalan gulma tidak terlalu sulit karena penggenangan merupakan cara yang sangat efektif untuk menekan pertumbuhan gulma. Pada lahan uji penyiangan secara manual, kondisi genangan air tinggi mengakibatkan gulma yang muncul sedikit dan pelumpuran tanah lunak. Pada kondisi demikian, tingkat kesulitan dalam mencabut gulma pun rendah sehingga tidak membutuhkan banyak energi untuk penyiangan gulma, berbeda dengan kondisi lahan yang tergenang air sedikit (penyiang alat semi mekanis dan mekanis).

Genangan air yang sedikit mengakibatkan kondisi tanah keras dan populasi gulma lebih banyak sehingga dibutuhkan energi yang besar untuk dapat mencabut gulma. Namun demikian berdasarkan analisa beban kerja kualitatif, penyiangan pada seluruh tipe penyiang termasuk dalam kategori pekerjaan dengan tingkat beban kerja ringan sampai dengan berat.

Aspek Ekonomi

Analisa ekonomi dilakukan berdasarkan beberapa faktor kondisi yang telah dilakukan di lapangan dan faktor yang sesuai dengan kondisi yang ada. Hasil analisa tersaji pada Tabel 2.

Pada asumsi upah operator, nilai upah operator penyiang mekanis lebih besar karena dalam mengoperasikan alat mekanis memerlukan suatu keterampilan yang lebih dibandingkan pengoperasian dengan alat lainnya

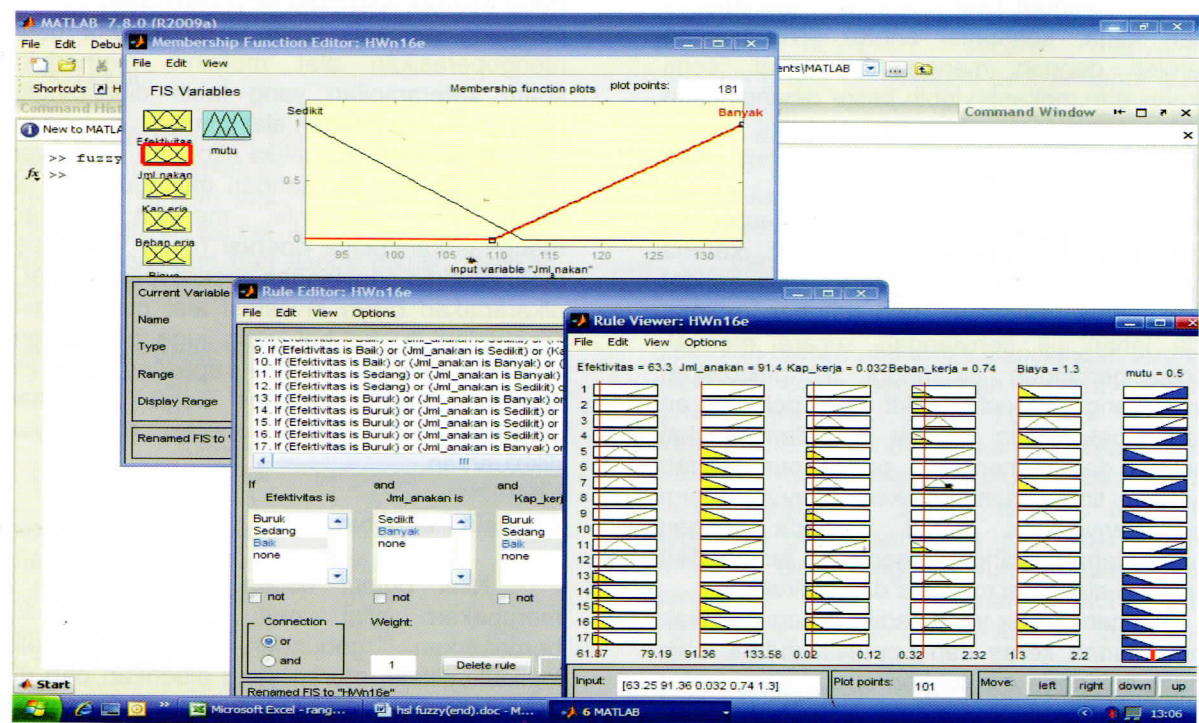
Berdasarkan analisa ekonomi, biaya yang dikeluarkan bila penyiangan menggunakan alat baik semi mekanis maupun mekanis menghasilkan biaya operasi (cost) lebih besar dibandingkan penyiangan secara manual. Hal ini dikarenakan biaya investasi alat cukup besar. Disamping itu hal-hal yang juga berpengaruh terhadap total biaya yaitu kapasitas kerja alat, semakin tinggi kapasitas kerja alat maka semakin murah biaya operasi (cost) yang dikeluarkan.

Analisis Pemilihan Alat

Nilai *output* dalam analisa logika ini merupakan nilai mutu yang dihasilkan berdasarkan gabungan antara analisa logika/kualitatif, aturan yang diberikan dan nilai kuantitatif dari hasil pengukuran masing-masing variabel input. Berdasarkan hasil *trial*/ulangan kombinasi *rule* yang dilakukan sebanyak 17 kali dengan memasukkan nilai variabel input pada masing-masing alat (Gambar 4) diperoleh kesimpulan bahwa alat yang terbaik untuk digunakan pada kegiatan penyiangan yang ditentukan berdasarkan nilai mutu rata-rata maksimum atau nilai yang mendekati satu yaitu dicapai pada alat penyiang mekanis (*Power weeder*).

Tabel 2. Analisa ekonomi masing-masing alat

Parameter data/asumsi	<i>Hand weeding</i>	<i>Indonesian weeder</i>	<i>Japanese weeder</i>	<i>Power weeder</i>
Kapasitas kerja (ha/jam)	0,032	0,024	0,029	0,091
Umur ekonomis (thn)	-	5	5	5
Bunga bank (%)	-	10	10	10
Asuransi (%)	-	3	3	3
Pajak alsin (%)	-	2	2	2
Garasi alsin (%)	-	1	1	1
Biaya garasi dan pajak (Rp/thn)	-	15.000	60.000	180.000
Bunga modal dan asuransi (Rp/thn)	-	39.000	156.000	468.000
Upah operator (Rp/orang/hari)	25.000	25.000	25.000	35.000
Jumlah operator (orang)	1	1	1	1
Harga alat (Rp)	-	500.000	2.000.000	6.000.000
Kebutuhan bbm (liter/jam)	-	-	-	0,98
Biaya operasi (Rp/ha)	130.208,33	193.718,25	220.091,95	213.300,03



Gambar 4. Proses pada sistem Fuzzy logic

Tabel 3. Nilai mutu (output) masing-masing alat menggunakan sistem fuzzy dengan kombinasi rule yang diberikan

No.	Rule yang digunakan	JW	PW	HW	IW
1	1 – 2	0,837	0,837	0,837	0,828
2	1 – 3	0,837	0,837	0,837	0,828
3	1 – 4	0,837	0,837	0,837	0,832
4	1 – 5	0,522	0,837	0,500	0,496
5	1 – 6	0,500	0,505	0,500	0,496
6	1 – 7	0,500	0,505	0,500	0,496
7	1 – 8	0,500	0,500	0,500	0,496
8	1 – 9	0,500	0,500	0,500	0,496
9	1 – 10	0,500	0,500	0,500	0,496
10	1 – 11	0,500	0,500	0,500	0,496
11	1 – 12	0,500	0,500	0,500	0,496
12	1 – 13	0,500	0,500	0,500	0,496
13	1 – 14	0,500	0,500	0,500	0,496
14	1 – 15	0,500	0,500	0,500	0,496
15	1 – 16	0,500	0,500	0,500	0,496
16	1 – 17	0,500	0,500	0,500	0,496
17	1 - 5, 12, 16, 17	0,500	0,500	0,500	0,496
Rata-rata		0,561	0,580	0,559	0,555



KESIMPULAN

1. Nilai kapasitas kerja, efektivitas penyiangan, pertambahan jumlah anakan tertinggi secara berturut-turut yaitu 0,0905 ha/jam, 79,19 % dan 133,58 % diperoleh penyiangan menggunakan alat penyiang tipe mekanis (*Power Weeder*). Hasil pengukuran beban kerja masing-masing alat yaitu konsumsi energi (WEC) untuk penyiangan menggunakan tipe gasrok, tipe roller, mekanis dan manual berturut-turut diperoleh sebesar 1,375 kkal/menit, 1,175 kkal/menit, 0,855 kkal/menit, 0,745 kkal/menit.
2. Berdasarkan analisa ekonomi, tingginya biaya operasi yang dikeluarkan oleh alat mekanis diimbangi dengan tingginya nilai kapasitas kerja, efektivitas dan persentase pertambahan jumlah anakan yang dihasilkan sehingga akan dapat menghasilkan produktivitas yang optimum.
3. Berdasarkan analisis pemilihan alat menggunakan analisa *fuzzy logic* dari beberapa parameter input, diperoleh alat yang terbaik yaitu alat penyiang mekanis (*Power weeder*). Namun dalam penggunaannya tentu harus disesuaikan dengan tingkat kemampuan, kebutuhan dan tujuan yang ingin dicapai oleh masing-masing pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Naba, 2009. *Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. ANDI Yogyakarta.
- Haryono. 2007. *Modifikasi Power Weeder*. Majalah Elektronik KTI GW Edisi 1 Senin 28 September 2009.
- Herodian S. 1997. *Work Load Calibration by Using Step Test Method*. dalam: The XXVII International Congress on Work Science. Proceedings of XXVII CIOSTA-CIGR Congress. Hlm 41 – 46.
- Irawan, Ludy Catur. 2008. *Analisis Beban Kerja pada Kegiatan Tebang dan Muat Tebu secara Manual di PG Bungamayang Milik PTPN VII (Persero) Lampung*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Imran M. Santosa, dan Andasuryani 2006. *Pengembangan dan Uji Teknis Mata Penyiang Alat Penyiang Padi (Oryza Sativa) di Lahan Sawah dengan Penggerak Mesin Potong Rumput Tipe Sandang (Brush Cutter) Bg – 328*. Program Studi Teknik Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Andalas Padang.
www.scribd.com/doc/6307310/Makalah-Jurnal-TP-M-Imran-1-200108
- Pramudya, Bambang. 2001. *Ekonomi Teknik. Proyek peningkatan perguruan tinggi*. Institut Pertanian Bogor, Tahun anggaran 2001/2002.
- Sanders, Ms. and Mc. Cormick, Ernest J., 1993. *Human Factors in Engineering and Design*. New York: Mc. Graw-Hill Book Co.
- Syuaib, M.F. 2003. *Ergonomic Study on the Process of Mastering Tractor Operation*. Disertasi. Tokyo University of Agriculture and Technology. Tokyo.
- Sinaga, Dolly R. 2009. *Kapasitas Lapang, Efisiensi dan Tingkat Pelumpuran Pengolahan Tanah Sawah di Kelurahan Situgede, Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor* (Skripsi). Departemen Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Statistik Pertanian. 2006.
www.deptan.go.id/pusdatin/statistik/statistik.htm.