

Modifikasi Nosel pada Sistem Penyemprotan untuk Pengendalian Gulma Menggunakan Sprayer Gendong Elektrik

Modification of Spraying System For Weed Control Utilize With Knapsack Electric Sprayer

Muhammad Nafis Rahman, Alumni Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Mayor Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Email : muhammadnafis.tmb@gmail.com
Mad Yamin, Staf pengajar Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Email : madyamin2011@gmail.com

Abstract

This research aimed to modify the Nozzle of spraying system on the sprayer output to reduce the shift in spraying points on sprayed granules as a result of the wind blow from the environment. This electric sprayer consists of several components which are not found in a power sprayer or manual sprayer such as a 12-V battery or a 5.8 bar-pressure water pump. The result of the pressure comparison on the outlet showed a significant difference, namely in a 3-bar manual sprayer and a 4-bar electric sprayer. The pressure difference resulted in the difference in discharge, the length and width of the spraying.

Keywords : discharge, electric, manual, pressure, sprayer

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi Nosel pada system penyemprotan yaitu pada hasil keluaran sprayer untuk mengurangi pergeseran titik semprot pada butiran semprot yang timbul akibat adanya dorongan angin dari lingkungan. Sprayer elektrik terdiri dari beberapa komponen yang tidak terdapat pada power sprayer maupun manual sprayer seperti aki 12 V, pompa air tekanan 5.8 bar. Hasil perbandingan tekanan pada lubang keluaran menunjukkan perbedaan tekanan yang cukup signifikan, yaitu pada sprayer manual 3 bar dan sprayer elektrik 4 bar. Perbedaan tekanan tersebut mengakibatkan adanya perbedaan debit, panjang penyemprotan dan luas penyemprotan.

Kata Kunci : debit, elektrik, manual, sprayer, tekanan

Diterima: 12 November 2013; Disetujui: 27 Februari 2014

Pendahuluan

Begitu luasnya lahan pertanian di Indonesia berkisar pada 13 juta ha. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Litbang Pertanian pada Tahun 2012 rata-rata serangan gulma pada lahan pertanian terolah memiliki tutupan 30–40 % setiap hektar, maka dapat diasumsikan tutupan gulma secara keseluruhan dapat mencapai 5.2 juta ha, sehingga diperlukan pengendalian gulma. Penyemprotan adalah salah satu teknik pengendalian gulma dengan cara mengaplikasikan herbisida dengan melarutkan pada air dan disemprotkan pada gulma yang terdapat di lahan pertanian.

Penggunaan berbagai jenis sprayer gendong yang diterapkan oleh petani baik jenis manual, *engine power* maupun *electric power* memiliki kendala dengan besarnya *overlapping* yang diakibatkan

oleh terpaan angin dari lingkungan kerja, meskipun penggunaan sprayer dilakukan pada pagi hari atau sore hari yang dapat dikatakan kecepatan angin relatif sangat kecil berkisar pada 0.03 m/s, akan tetapi perpindahan titik semprot yang dilakukan oleh petani pada umumnya akan menyebabkan terjadinya tekanan udara luar yang tinggi mencapai 0.3–1.7 m/s, hal ini akan mengakibatkan pergeseran titik jatuhnya droplet hasil penyemprotan.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama bulan April 2013 sampai dengan Juli 2013 di Laboratorium Lapang Siswadi Supardjo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem di Leuwikopo Bogor dan Laboratorium

Tabel 2. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian

Bahan dan peralatan	Spesifikasi	Kegunaan
<i>Knapsack electric sprayer</i>	Jenis bahan pembuat tangki <i>high density /HDPE</i>	Alat yang akan dimodifikasi
Nosel	Terdapat tiga tipe yang digunakan <i>Flat fan spray nozzle, Cone nozzle, dan Deflektor nozzle</i>	Sebagai perlakuan perbedaan dan pengaruh jenis nosel
Corong	Bahan plastik	Penyearah udara
Kertas <i>concorde</i>	Warna putih 160 gram	Media untuk mengetahui droplet dari sprayer
Tinta negra		Pemberi warna pada cairan dalam tangki
Pengukur waktu	Digital	Mengukur lama waktu
Peralatan timbang	Kapasitas maksimal 25 kg	Mengukur bobot
Gelas ukur	Kapasitas 1 liter	Mengukur volume cairan
Penggaris / mistar	Metal, 50 cm	Mengukur panjang
Peralatan uji penyemprot/ <i>patternator</i>	2m x 1m	Mengukur sudut, lebar, dan tinggi penyemprotan
Busur derajat	Kayu, 180°	Mengukur Sudut

Sprayer CREATA, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat IPB.

Bahan dan Alat

Bahan semprotan yang digunakan pada penelitian ini adalah air yang diasumsikan sebagai pupuk cair yang telah dilarutkan dengan air. Sedangkan alat-alat yang digunakan tertera pada Tabel 2.

Metode Penelitian

Pada tahap ini akan dilakukan uji coba terlebih dahulu, dimana membuat sistem pengaliran fluida paksa menggunakan motor listrik DC yang terintegrasi terhadap penggunaan daya dari aki pada sprayer elektrik, *blower* tersebut dipasang di atas nosel untuk memberikan tekanan dalam penyaluran droplet hasil keluaran.

Parameter yang diukur

Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah:

1. Debit cairan
2. Jumlah butiran semprot per satuan luas.
3. Kecepatan angin *blower* dan angin samping.
4. Sebaran dengan menggunakan analisis perhitungan CU pada *patternator* untuk mengetahui perbedaan luasan semprot antara sprayer manual dan sprayer elektrik.
5. Luasan penyemprotan terhadap perbedaan tekanan antara sprayer manual dan elektrik.
6. Hasil penyemprotan di lapang antara penerapan nosel N1, N2, N3 dari penggunaan sprayer manual dan sprayer elektrik.

Uji penyemprotan mengetahui lebar penyemprotan

Uji penyemprotan untuk menentukan besar sudut penyemprotan, lebar penyemprotan dan tinggi penyemprotan.

Kapasitas lapang teoritis (KLT) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$KLT = 0.36 (v \times l)$$

Dimana :

KLT = Kapasitas lapang teoritis (ha/jam)

v = Kecepatan rata-rata (m/detik)

l = Lebar penyemprotan atau jarak antar tanaman (m)

Untuk menghitung kapasitas lapang efektif (KLE) hanya diperlukan data waktu keseluruhan dari mulai bekerja hingga selesai (WK) dan luas hasil area yang disemprot (L). Persamaan yang dipakai adalah:

$$KLE = \frac{L}{WK}$$

Dimana:

KLE = Kapasitas lapang efektif (ha/jam)

L = Luas area yang disemprot (ha)

WK = Waktu kerja (jam)

Persamaan yang dipakai untuk menghitung efisiensi lapang (Eff) adalah:

$$Eff = (KLE/KLT) \times 100 \%$$

Metode yang digunakan untuk mengkuantitatifkan keseragaman sistem penerapan nosel. Metode

ini dilakukan dengan cara menempatkan gelas penampung di alat ukur. Sebuah sampel yang ditampung dari gelas penampung untuk mengevaluasi keseragaman sistem irigasi nosel dengan jarak *rectangular*. Christian's *uniformity coefficient*.

$$CU = \left(1,0 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{\bar{X} \times n} \right)$$

- CU = Koefisien keseragaman Christiansen
- X_i = Kedalaman air dalam gelas penampung i (mm)
- \bar{X} = Rata-rata kedalaman penampung (mm)
- n = Jumlah gelas penampung

Analisis dan Perhitungan Teknis

Proses analisis ini untuk mendapatkan kondisi hasil rancangan yang tepat dan sesuai dengan konsep yang telah direncanakan. Berikut adalah analisis yang perlu dilakukan dalam proses perancangan ini. Pada hasil konsep desain yang direncanakan memiliki area outlet diameter 20 cm dan menghasilkan aliran udara dengan kecepatan 3 m/s, pada tekanan statis 390 kPa (tekanan minimum lubang nosel yang telah diukur) dan kebutuhan daya 15 Watt, maka dapat diketahui tekanan yang dapat dihasilkan *blower* dan efisiensi totalnya :

$$V = 3 \text{ m/s}$$

$$P_t = p_s + v^2 \rho / 2$$

$$= 390 + (3^2)(1.2 \text{ kg/m}^3) / 2$$

$$= 395.4 \text{ kPa}$$

$$e_{total} = p_t Q / P$$

$$= 395.4 (0.012) / 15$$

$$= 33 \%$$

Berdasarkan hasil pengukuran tekanan sebesar 395.4 kPa tersebut maka desain sudah layak untuk kemudian dirancang dan diimplementasikan.

Pengujian dan Pengambilan Data

Persiapan alat semprot yang belum dimodifikasi.

Alat semprot nosel dimodifikasi dengan desain pada Gambar 2.

Mengukur debit air.

Dilakukan pengukuran lebar penyebaran dan pola distribusi cairan dengan menderetkan gelas air mineral.

Knapsackelectric sprayer dikenakan pada seorang operator dan dipersilahkan untuk berjalan lurus pada suatu lintasan.

Tepat dibawah nosel akan diletakkan *water sensitive paper*. Kemudian dilakukan penyesuaian ketinggian 60 cm dan akan dikombinasikan jenis nosel yang dipakai, dengan ini terdapat 9 kombinasi data yang berbeda.

Pengumpulan kembali *water sensitive paper* setelah diberikan beberapa saat dengan maksud supaya butir-butir yang halus sudah mencapai permukaan kolektor.

Setelah *water sensitive paper* dirasakan kering maka segera dimasukkan kedalam plastik, hal ini untuk menghindari kotoran dan kerusakan akibat kontak dengan udara luar yang terjadi pada *water sensitive paper*.

Water sensitive paper yang telah manampung butiran semprot, dilakukan *scan* dengan menggunakan *scanner*.

Dilakukan pengujian lapang pada lahan datar yang memiliki kepadatan gulma beragam untuk mendapatkan KLT, KLE dan efisiensi lapang.

Hasil Modifikasi Nosel Udara Paksa

Proses modifikasi nosel dengan udara paksa hanya diterapkan pada elektrik sprayer untuk meratakan hasil penyemprotan. Tujuan fungsional yang ingin dicapai adalah pola sebaran yang tepat pada titik semprot sesuai pada perpindahan batang nosel di lokasi penyemprotan, *blower* mendapatkan sumber listrik dari aki yang terdapat pada elektrik



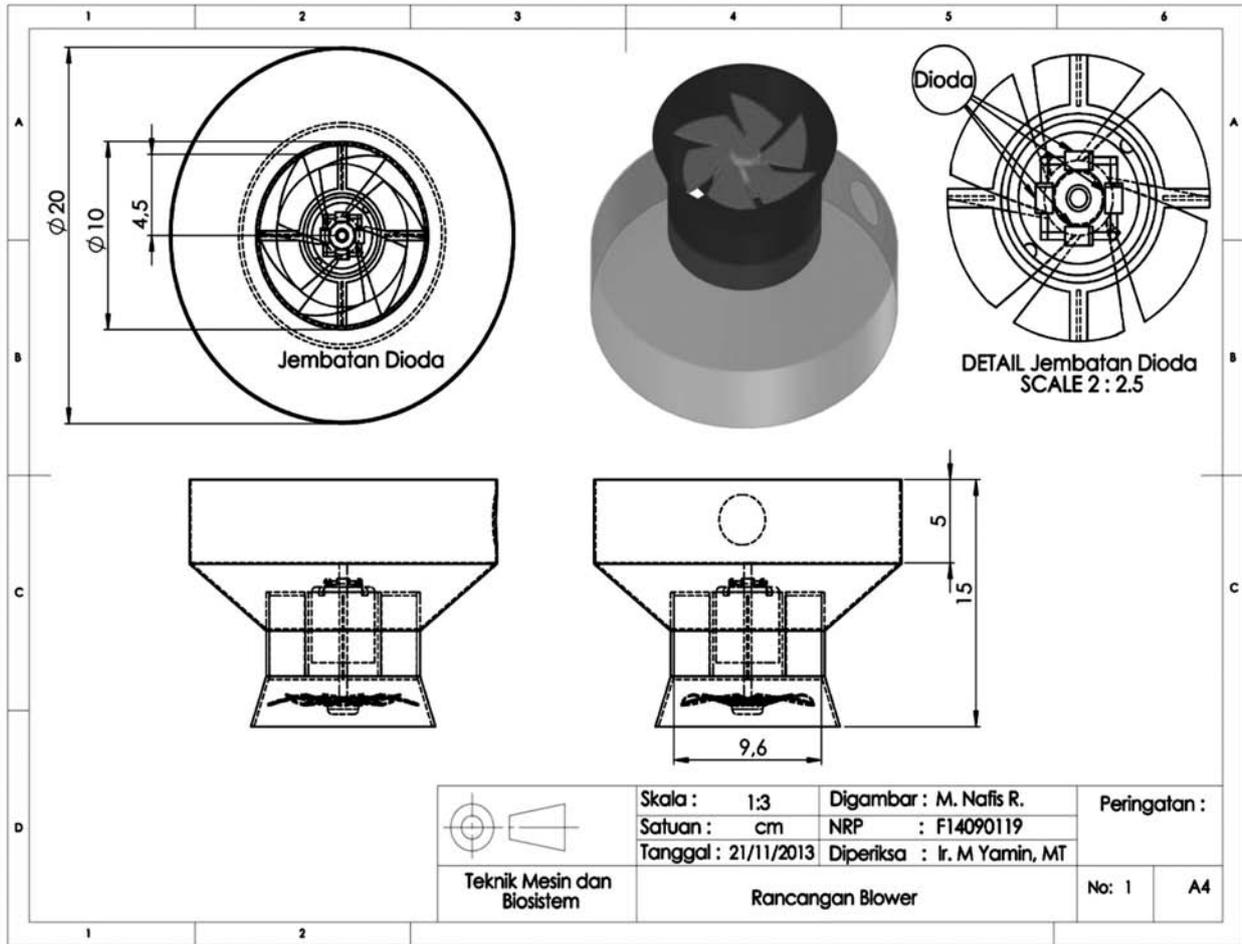
Gambar 1. Diagram alir kegiatan penelitian

Tabel 3. Spesifikasi kipas

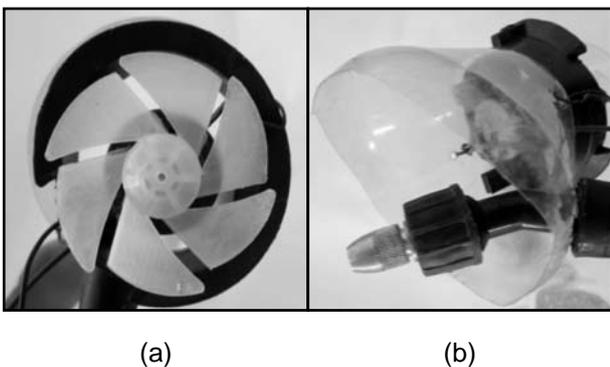
Spesifikasi	Besaran atau bahan
Daya	15 Watt
Arus	DC
Putaran maksimum	750 rpm
Panjang keseluruhan	12 cm
Lebar kipas	15-20 cm
Berat	74 gram

Tabel 4. Hasil pengukuran tekanan

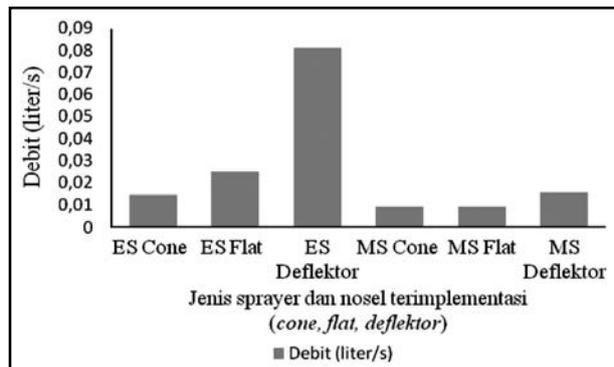
Ulangan	Tekanan Sprayer	Tekanan Sprayer
	Manual (bar)	Elektrik (bar)
1	3.2	4
2	2.8	4.6
3	3.6	3.9
Rata-rata	3.2	4.1



Gambar 2. Desain orthogonal rancangan blower udara paksa untuk memodifikasi penyemprotan



Gambar 3. Hasil perancangan nosel blower (a)Tampak atas, (b) Tampak samping.



Gambar 4. Histogram hasil pengukuran debit rata-rata jenis sprayer dan dengan beragam nosel

sprayer untuk memutar pompa. Kegiatan modifikasi ini tidak terdapat perubahan dalam tangki, pompa dan tuas pompa.

Blower

Modifikasi yang pertama dilakukan adalah menentukan *blower* yang hendak diaplikasikan pada sprayer dengan kriteria yang sesuai dengan yang diharapkan meliputi bobot *blower* 20-50 gram, penyearah fluida dengan diameter 15-20 cm, beban listrik 5-15 Watt seperti pada Gambar 3. Melalui perhitungan teknis dan *survey* pasar pada jenis kipas maka dipilih kipas dengan spesifikasi berikut ini (Tabel 3).

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Perbedaan Nosel Terhadap Debit Keluaran Cairan

Berdasarkan data pada Tabel. 4, hal ini mempengaruhi debit keluaran yang terukur seperti pada Gambar 18.

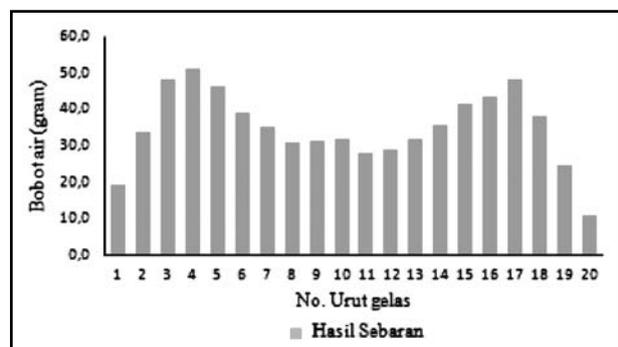
Sebaran Penyemprotan

Nilai sebaran berpengaruh pada cara aplikasi untuk tiap jenis sprayer, semakin tinggi nilai sebarannya maka penggunaan sprayer diharapkan dapat menyesuaikan dalam hal perpindahan batang nosel yang hendak mendistribusikan. Gambar 5. di bawah ini menunjukkan sebaran droplet pada

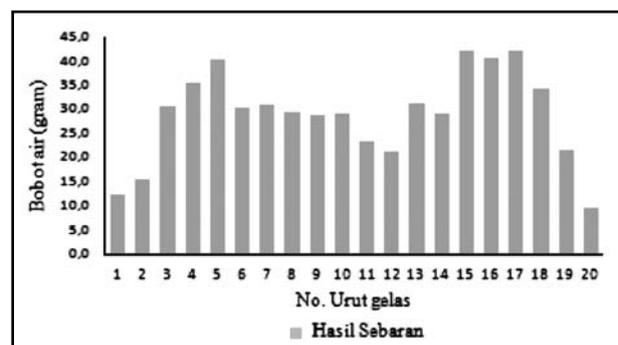
pengujian di aprat uji sprayer.

Berdasarkan Gambar 6. di atas menunjukkan sebaran pada sprayer manual lebih merata dengan nilai sebaran yang ditentukan dengan menghitung CU sebesar 74.2% sedangkan sprayer elektrik 72.7%. Perbedaan tekanan mempengaruhi jumlah droplet yang dikeluarkan terlihat dari jumlah dropletnya sprayer elektrik lebih besar dengan titik puncak 50 gram dan sprayer manual nilai maksimalnya 45 gram. Hasil analisis penggunaan sprayer elektrik nosel *cone* dapat lebih baik penerapannya dengan meningkatkan kecepatan perpindahan penyemprotan untuk menghindari *overlapping* yang diakibatkan jumlah nosel yang ada.

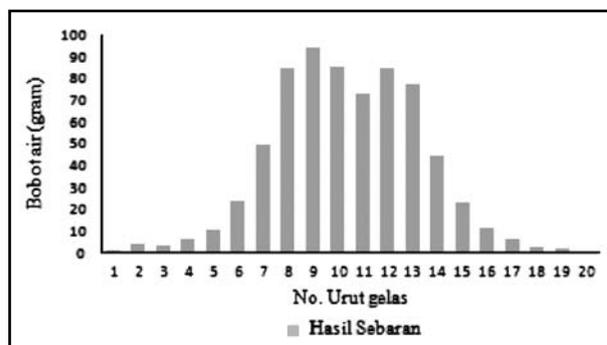
Perbandingan sebaran pada tiap jenis sprayer dengan nosel tipe *flat* menunjukkan sedikit



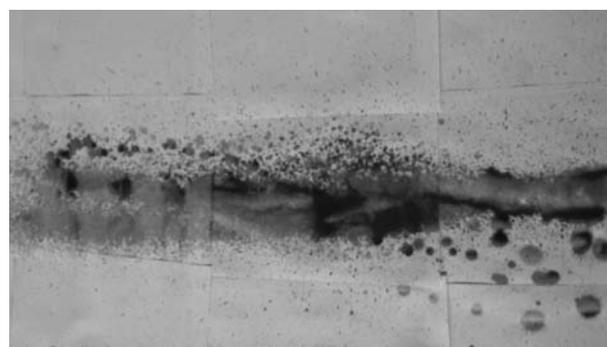
Gambar 5. Histogram sebaran sprayer elektrik dengan nosel tipe *cone*



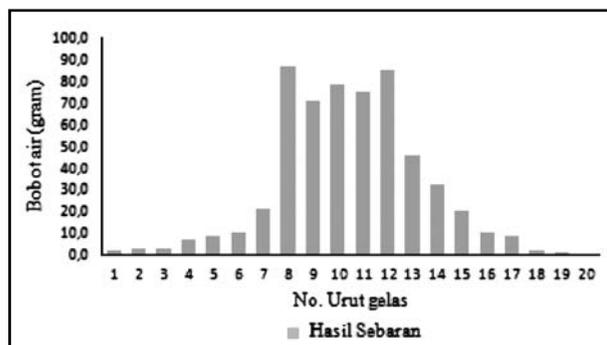
Gambar 6. Histogram sebaran sprayer manual dengan nosel tipe *cone*



Gambar 7. Histogram sebaran sprayer elektrik dengan nosel tipe *flat*



Gambar 8. Pola sebaran nosel *flat* pada sprayer elektrik.



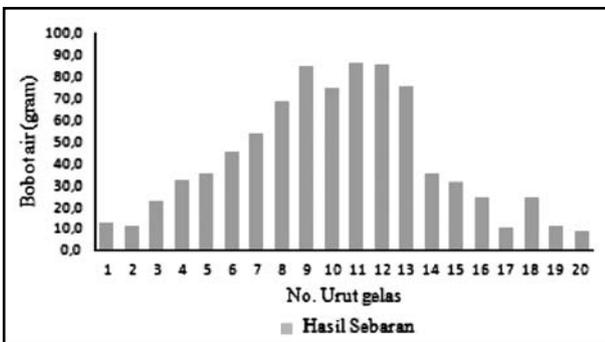
Gambar 9. Histogram sebaran sprayer manual dengan nosel tipe *flat*

perbedaan pada nilai CU seperti ditunjukkan pada histogram Gambar 9., pada penggunaan nosel ini berlaku nilai sebaran sprayer elektrik lebih merata dengan CU 75.3 % sedangkan sprayer manual 59.6% dengan histogram hasil sebaran seperti pada Gambar 10.

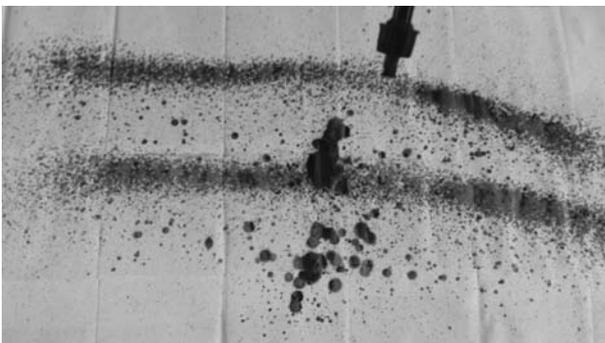
Penerapan nosel tipe deflektor berdasarkan pada hasil pengujian memiliki tingkat penyebaran yang kurang menginterpretasikan droplet yang merata (Gambar 10) dengan nilai CU pada sprayer manual 57.3 % secara visual histogramnya seperti pada Gambar 12. dan Gambar 26 untuk sprayer manual 51 %.

Pengaruh Angin pada Distribusi Droplet

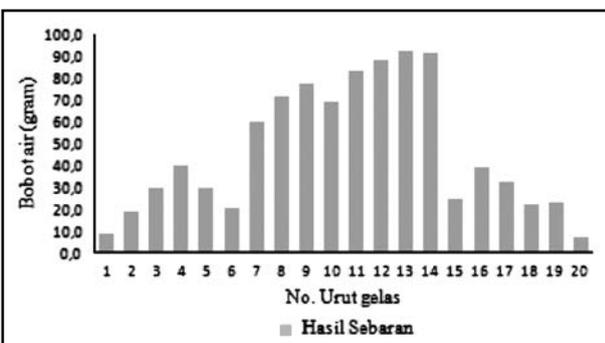
Penyebaran droplet yang terjadi dari hasil pengamatan menunjukkan perbedaan pada tiap-



Gambar 10. Histogram sebaran sprayer elektrik dengan nosel tipe deflektor



Gambar 11. Pola sebaran nosel deflektor sprayer elektrik



Gambar 12. Histogram sebaran sprayer manual dengan nosel tipe deflektor

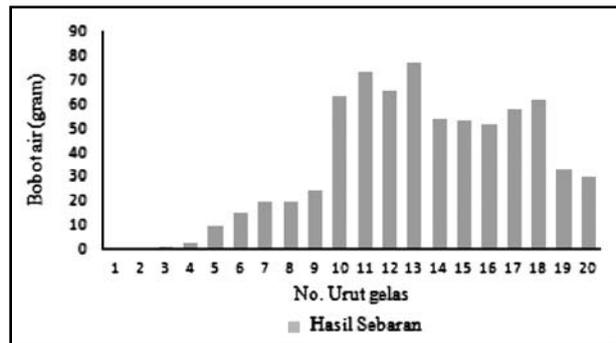
tiap nosel. Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap pengaruh angin yang terjadi pada sebaran droplet, sebagai contoh investasi angin (1.32 m/s) akan menunjukkan sebaran droplet seperti pada Gambar 27.

Berdasarkan hasil yang digambarkan pada Gambar 13. di atas menunjukkan bahwa angin memiliki dampak yang cukup besar dalam investasi *inefficiency* penerapan sprayer di lapangan. Pada pengujian-pengujian sebelumnya bobot tertampung pada gelas setiap menit sebesar 775 gram dan setelah dilakukan modifikasi kondisi angin sebesar 1.23 m/s total bobot air tertampung / menit sebesar 709 gram, hal itu membuat terjadinya *inefficiency* pada penyebaran droplet sebesar 66 gram yang jika di lapangan biasanya menjadi *overlapping* pada target penyemprotan. Pendekatan teknis dalam pengaruh gaya samping dari angin ini dapat digambarkan dalam simulasi berikut ini.

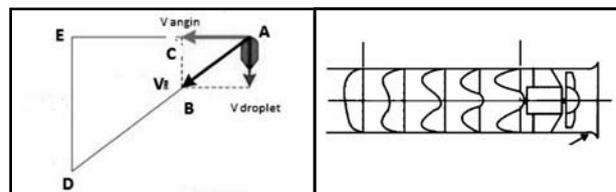
Pada analisis ini (Gambar 14.) gaya gravitasi tidak diperhitungkan karena berdasarkan hasil pengamatan secara visual pada proses penelitian menunjukkan bahwa angin akan lebih cepat mengakibatkan pergeseran pada titik penyemprotan, hal ini dipengaruhi kecilnya bobot yang terdapat pada droplet. Perhitungan dari resultan, perpindahan dan arah droplet akibat pengaruh angin dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Hasil Uji Fungsional Modifikasi Nosel Udara Paksa

Hasil pengukuran pada *blower* yang memiliki spesifikasi DC 12 V, Pemaksaan udara pada penyemprot pada penerapan *blower*, jika dilihat secara visual maka terlihat pengaruh yang ditimbulkan yakni aliran udara turbulen, hal itu



Gambar 13. Histogram pergeseran titik jatuh droplet



Gambar 14. Profil kecepatan angin dan pengaruh gaya yang ditimbulkan

Tabel 5. Pengaruh angin pada pergeseran titik droplet

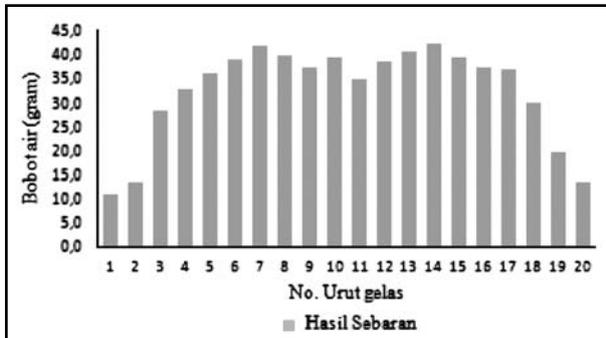
Tinggi penyemprotan (m)	Hasil pengukuran V angin (m/s)	Kecepatan blower max (m/s)	Resultan	Pergeseran titik droplet (m)
0.6	0.5	2.7	2.75	0.61
0.6	0.75	2.7	2.80	0.62
0.6	1	2.7	2.88	0.64
0.6	1.25	2.7	2.98	0.66
0.6	1.5	2.7	3.09	0.69
0.6	1.75	2.7	3.22	0.72
0.6	2	2.7	3.36	0.75

secara umum memiliki pengaruh yang signifikan pada pola sebaran sprayer elektrik, karena faktor pembatas pada implementasi *blower* paksa ini adalah ketersediaan energi listrik untuk memutar *fan* maka nosel dengan *blower* hanya diterapkan pada sprayer elektrik. Pada pengujian secara umum memiliki pengaruh pada pola sebaran droplet, hal itu dapat dilihat pada Gambar 15. di bawah ini.

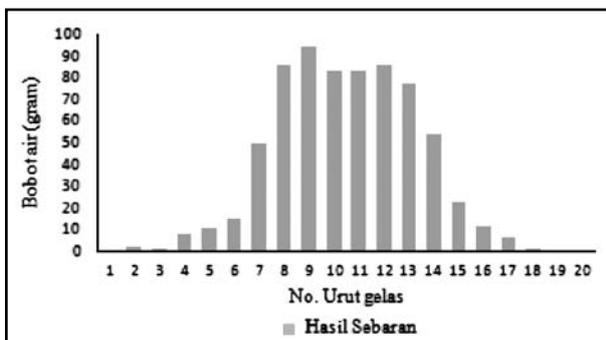
Pengujian lapang pada sprayer elektrik menunjukkan hasil yang baik, secara substantif efisiensi lapang penggunaan sprayer dapat dijadikan dasar dalam pemilihan jenis sprayer yang sesuai. Pengujian ini menggunakan lahan di Laboratorium Lapang Siswadi Supardjo Departemen Teknik Mesin dan Biosistem dengan luas tiap lahan uji 400

m² dengan jumlah area lahan uji tiga lahan, yakni dengan penerapan sebagai berikut lahan 1: sprayer manual, lahan 2: sprayer elektrik, lahan 3: sprayer elektrik dengan nosel termodifikasi. Pada penelitian ini keseluruhan menggunakan nosel *cone* dengan herbisida tipe kontak (merek *gramoxone*), penentuan herbisida terpilih ini berdasarkan dominasi gulma yang terdapat di lahan uji (Gambar 17).

Pengukuran KLT dan KLE dalam pengujian kinerja sprayer dari tiap lahan pengujian dengan KLT sebesar 0.36 ha/jam untuk kecepatan penyemprotan 2 m/s. Hasil pengujian untuk luas lahan 400 m² membutuhkan 12 liter sprayer manual dan 16.8 liter sprayer elektrik. Secara teoritis data ini dapat dijadikan acuan pada semua lahan uji.



Gambar 15. Histogram sebaran hasil dorongan udara paksa menggunakan *blower* pada nosel *cone*.



Gambar 16. Histogram sebaran hasil dorongan udara paksa menggunakan *blower* pada nosel deflektor



Gambar 17. Salah satu gulma pada lahan uji *Ageratum conyzoides* (Babadotan)

Sedangkan untuk data Kapasitas Lapang Efektif dengan kecepatan penyemprotan yang terukur untuk lahan 1 (sprayer manual) sebesar 11 menit, lahan 2 (sprayer elektrik) sebesar 8 menit dan lahan 3 (sprayer elektrik dengan nosel termodifikasi) 9 menit, penentuan hasil perhitungan KLE meliputi 0.21 ha/jam (lahan uji 1); 0.13 ha/jam (lahan uji 2); 0.26 ha/jam (lahan uji 3). Berdasarkan perhitungan dengan perbandingan KLE dan KLE didapatkan nilai efisiensi sebagai berikut 60% (lahan uji 1); 83% (lahan uji 2); 74% (lahan uji 3). Kegiatan pengambilan data lapang seperti yang ditampilkan pada Gambar 18. di bawah ini.

Penyemprotan Gulma pada Lahan Aplikasi Sprayer Elektrik

Penggunaan sprayer elektrik memiliki nilai aplikasi pada lahan pertanian yang cukup tinggi, hal tersebut dapat dilihat dengan efisiensinya yang cukup besar mencapai 83%, selain itu penggunaan sprayer jenis ini juga lebih mudah digunakan karena tanpa melakukan pemompaan sehingga tekanan yang dihasilkan dapat secara konstan 4 bar, karena besarnya tekanan tersebut maka debit yang dikeluarkan juga besar sehingga titik penyemprotan harus benar-benar tepat untuk menghindari terbuangnya cairan herbisida yang akan berpengaruh pada biaya bahan kimia. Penerapan *blower* untuk memaksa aliran droplet



Gambar 18. Kegiatan pengujian sprayer elektrik nosel termodifikasi



(a)

(b)

Gambar 19. (a) Nosel dengan *blower* tidak aktif dan (b) Nosel dengan *blower* yang aktif

dan memperkecil pengaruh aliran udara luar yang diakibatkan dari perpindahan titik penyemprotan ke titik yang lainnya ataupun angin alami yang sering terjadi pada saat proses penyemprotan. Modifikasi nosel dengan *blower* kecepatan > 800 rpm memiliki tekanan udara hingga 0.92 bar yang diukur menggunakan timbangan tekan digital yang sensitif terhadap aliran udara pada jarak 0.40 meter dari *blower*. Mekanisme kerja nosel termodifikasi ini seperti ditampilkan pada Gambar 19. di bawah ini.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Hasil modifikasi Nosel pada proses penyemprotan memiliki pengaruh yang cukup signifikan untuk mengurangi pergeseran titik semprot, melalui hasil rancangan *blower* dengan tenaga listrik yang terintegrasi pada sumber listrik pada aki elektrik sprayer maka tidak lagi membutuhkan komponen penyimpan daya tambahan. Berdasarkan hasil pengujian maka dengan kecepatan angin sebesar 1.32 m/s maka dapat mengurangi pergeseran droplet sepanjang 0.75 m, kondisi ini akan semakin baik jika kecepatan angin yang dihasilkan oleh *blower* lebih besar.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menentukan penggunaan kedua sprayer ini dengan dianalisis melalui nilai ekonomi, selain itu secara teknis perlu adanya data hasil penelitian mengenai jenis aliran yang terjadi.

Daftar Pustaka

- [BSN] Badan Standar Nasional. 2008. *SNI Alat Pemeliharaan Tanaman Sprayer Gendong Semi-Otomatis Unjuk Kerja dan Metode Uji*. Jakarta (ID) :BSN Indonesia.
- Daywin FJ, Sitompul RG, Imam H. 1992. *Mesin-Mesin Budidaya Pertanian*. Bogor (ID) : JICA-DGHE/IPB Project.
- Houmy K. 1999. *Knapsack sprayer A Partical user's Guide*. Morocco (MA) :Institute Agronomique et Veterinaire Hasan II.
- Matthews GA. 1992. *Pesticide Application Methodes*. London (GB) :Longman
- Patel LS. 1978. *Plant Protection Equipment For Small and Marginal Farmers*. Bulletin Agricultural Mechanization In Asia.
- Prasetyo AB. 2013. *Jenis-jenis Gulma pada Tanaman Padi dan Cara Penanggulangannya*. Jawa Timur (ID) : BPP Gading Kabupaten Probolinggo.
- Smith HP, Wilkes LH. 2006. *Mesin dan Peralatan Usaha Tani* (edisi ke 6 Penerjemah Itri Purwadi, MEng.). Yogyakarta (ID) : UGM pr.