

F / MP / 1992 / 031

PENGARUH KECEPATAN PUTAR ATOMISER DAN LAJU ALIRAN TERHADAP KARAKTERISTIK BUTIRAN PADA ATOMISER PIRINGAN BERPUTAR

Oleh
RUDI PARTONO
F 24. 1092



1 9 9 2
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R

Rudi Partono. F 24 1092. Pengaruh kecepatan putaran atomiser dan laju aliran semprotan terhadap karakteristik butiran pada atomiser piringan berputar. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Frans Jusuf Daywin, MSc.

RINGKASAN

Penelitian ini didasarkan pada pentingnya karakteristik butiran dalam mempengaruhi mutu penyemprotan. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan pola hubungan antara kecepatan putar atomiser dan laju aliran semprotan dengan VMD butiran. Untuk pengamatan ini digunakan dua jenis piringan atomiser yaitu piringan terbuka dan piringan dengan penutup. Penyemprotan pada masing-masing piringan dilakukan dengan tiga tingkat laju aliran dan empat tingkat kecepatan putaran atomizer. Pola hubungan antar faktor dianalisa menggunakan analisis regresi berganda.

Type piringan yang digunakan sangat mempengaruhi keragaman VMD butiran. Dengan menggunakan piringan terbuka didapatkan semprotan dengan VMD butiran yang lebih kecil dibanding jika menggunakan piringan tertutup. Tingkat keseragaman yang diperoleh relatif lebih baik dibanding pada piringan tertutup. Pada masing-masing piringan penyemprotan dengan beberapa tingkat kecepatan atomizer berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%. Hubungan VMD butiran dengan kecepatan putaran atomizer menunjukkan korelasi negatif dengan tingkat penurunan yang semakin mengecil. Terhadap tingkat keseragaman butiran faktor N menghasilkan nilai





VMD/NMD berbeda nyata. Pola hubungan secara matematis dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi $VMD = f(Q, Q^2, Q^3, N, N^2)$.

Penyemprotan dengan tingkat laju aliran yang berbeda tidak menunjukkan ragam VMD butiran yang berbeda nyata. Hubungan VMD dan faktor Q mempunyai korelasi positif dan negatif yang berlawanan pada masing-masing type piringan. Pola hubungan secara matematis dapat dinyatakan dalam fungsi $VMD/NMD = f\{Q, Q^2, Q^3, N \cdot 10^{-3}, (N \cdot 10^{-3})^2, (N \cdot 10^{-3})^3\}$.

Untuk mendapatkan penyemprotan yang baik sangat disarankan untuk menggunakan kecepatan putar yang tinggi. Dari segi teknis sebaiknya digunakan tipe terbuka dengan diameter piringan yang kecil.

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR ATOMISER DAN LAJU ALIRAN
TERHADAP KARAKTERISTIK BUTIRAN
PADA ATOMISER PIRINGAN BERPUTAR**

Oleh :

Rudi Partono

F 24 1092

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada Jurusan Mekanisasi Pertanian

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

1992

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

B O G O R

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

PENGARUH KECEPATAN PUTAR ATOMISER DAN LAJU ALIRAN
TERHADAP KARAKTERISTIK BUTIRAN
PADA ATOMISER PIRINGAN BERPUTAR

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Jurusan Mekanisasi Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Oleh :

Rudi Partono

F 24 1092

Tanggal lulus : 21 Agustus 1992

Disetujui,
Bogor, 11/9/



Dr. Ir. Frans Jusuf Daywin MSc.
Dosen pembimbing



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah swt atas segala karunia dan bimbingan-Nya. Hanya dengan kehendak dan ridla-Nya penelitian dapat diselesaikan.

Ucapan terimakasih secara tulus terutama kami sampaikan pada :

- Ibunda, Ayahanda, Kakak-kakak kami yang telah berupaya mendukung secara moral dan material selama menjalani masa pendidikan;
- Dr. Ir. Frans Jusuf Daywin MSc., dosen pembimbing kami yang secara langsung maupun tidak telah memberi dorongan, inspirasi, dan bimbingan selama dan setelah pelaksanaan penelitian;
- Ir. E. Namaken Sembiring MS., dosen pembimbing pertama yang telah membantu kami dalam tahap-tahap awal hingga penelitian dapat terlaksana;
- Bp. Panut dan Bp. Asep Darajat, staf Ciba Geigy Research and Development Div., Cikampek, yang membantu kami mendapatkan literatur dan bahan penelitian ini;
- Kawan-kawan dan semua pihak yang turut membantu secara langsung maupun tidak dalam pelaksanaan penelitian.

Selanjutnya kami berharap hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang sekiranya memerlukan informasi yang berkaitan dengan obyek penelitian ini.

Penulis.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI..... iii

DAFTAR GAMBAR..... v

DAFTAR TABEL..... vii

DAFTAR LAMPIRAN..... viii

I. PENDAHULUAN 1

 A. LATAR BELAKANG..... 1

 B. TUJUAN 4

II. TINJAUAN PUSTAKA 5

 A. SPRAYER 5

 1. Fungsi Sprayer 5

 2. Macam-macam sprayer 6

 B. ATOMISASI..... 8

 C. NOSEL 9

 1. Nosel Hidrolik 9

 2. Nosel Sentrifugal..... 11

 D. BUTIR SEMPROTAN (DROPLET)..... 15

 1. Ukuran Butiran..... 15

 2. Sifat-Sifat Butiran 18

 3. Gerakan Butiran 23

 4. Penguapan dan Pelayangan..... 24

 E. PENGUKURAN DIAMETER BUTIRAN..... 26

Halaman ini merupakan bagian dari karya ilmiah yang dihasilkan oleh mahasiswa IPB University dan merupakan hak cipta dari IPB University. Tidak diperkenankan untuk disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin dari IPB University.

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.	Tipe pemecahan lembaran air menjadi butiran, a: rim, b: perforated, c: wavy sheet (Fraser, 1958 <u>dalam</u> Matthews, 1979).....	11
Gambar 2.	Proses pembentukan butiran (Matthews, 1979)...	12
Gambar 3.	Penampang lintang <i>spinning disc</i> dan sebuah <i>Mini Ulva</i> (Boize dan Dombrowski, 1976; Micron sprayer Ltd. <u>dalam</u> Matthews, 1979) ...	14
Gambar 4.	Ilustrasi ukuran butiran berdasar VMD (Wanner, 1984)	16
Gambar 5.	Hubungan VMD - Kecepatan putar atomiser menggunakan air <i>surfactan</i> (0.1% v/v), dengan volume semprotan 36 ml/mnt (Taylor dkk., 1976 <u>dalam</u> Matthews, 1979)	16
Gambar 6.	Hubungan VMD - RPM pada penyemprotan dengan HLP 40 Oil (Matthews, 1979)	17
Gambar 7.	Hubungan VMD - Q pada penyemprotan HLP 40 Oil (Matthews, 1979)	17
Gambar 8.	Hubungan ukuran butiran dengan prosentase penangkapan (% catch) (Gunkel dan Richey, dalam Ridney, 1961)	19
Gambar 9.	Perbedaan jatuhnya butiran besar dan halus (Anwar Arif, 1982).....	20
Gambar 10.	Hubungan antara kerapatan dan VMD (Ciba Geigy, 1984).....	20
Gambar 11.	Graticule untuk klasifikasi butiran (Graticule Ltd. <u>dalam</u> Matthews, 1979)	27
Gambar 12.	Bagan prosedur pengukuran	35
Gambar 13.	Hubungan VMD-kecepatan putar atomiser pada piringan terbuka	42
Gambar 14.	Hubungan VMD-kecepatan putar atomiser pada piringan tertutup	43
Gambar 15.	Hubungan VMD semprotan dan kecepatan putar atomiser pada penyemprotan dengan HLP 40 Oil (Matthews, 1979)	45



DAFTAR TABEL

Tabel	1. Ukuran butir semprotan optimum untuk berbagai jenis bahan pestisida	2
Tabel	2. Klasifikasi partikel	18
Tabel	3. Klasifikasi semprotan berdasar volume	21
Tabel	4. Kematian instar ketiga dari ulat penggerek pucuk tembakau (<i>Helianthis virescens</i>) dengan perlakuan ULV	22
Tabel	5. Pengendalian <i>Amaranthus</i> sebagai fungsi dari droplet/cm ² dan volume semprotan per ha	23
Tabel	6. Kecepatan akhir (Terminal Velocity)	23
Tabel	7. Waktu penguapan butiran dalam udara tenang pada pada kondisi suhu dan kelembaban yang berbeda	25
Tabel	8. Tabel annalisa sidik ragam faktorial 3	32
Tabel	9. Taksiran kombinasi optimum dari regresi	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	1.	Data perlakuan dalam pengambilan data pada penyemprotan dengan piringan terbuka..	66
Lampiran	2.	Data perlakuan dalam pengambilan data pada penyemprotan dengan piringan tertutup	67
Lampiran	3.	Tabel frekuensi data pengamatan pada penyemprotan dengan piringan terbuka ...	68
Lampiran	4.	Tabel frekuensi data pengamatan pada penyemprotan dengan piringan tertutup ..	69
Lampiran	5.	VMD semprotan butiran hasil perhitungan untuk piringan terbuka (D1)	70
Lampiran	6.	VMD semprotan butiran hasil perhitungan untuk piringan tertutup (D2)	71
Lampiran	7.	Tabel contoh perhitungan VMD untuk semprotan dengan piringan terbuka (D1)	72
Lampiran	8.	Disain dan konstruksi unit atomizer	73
Lampiran	9.	Tabel analisa sidik ragam untuk VMD	74
Lampiran	10.	Tabel analisa sidik ragam untuk keseragaman butiran	74
Lampiran	11.	Tabel analisa sidik ragam VMD untuk piringan terbuka (D1)	74
Lampiran	12.	Tabel analisa sidik ragam VMD untuk piringan tertutup (D2)	75
Lampiran	13.	Tabel analisa sidik ragam VMD/NMD untuk piringan terbuka (D1)	75
Lampiran	14.	Tabel analisa sidik ragam VMD/NMD untuk piringan tertutup (D2)	75
Lampiran	15.	Ukuran butiran pada <i>spinning cup</i> 'Mini Ulva' dengan minyak HLP 40 'volatilitas' rendah	76
Lampiran	16.	Ukuran butiran pada <i>spinning disc</i> menggunakan air dengan <i>surfactan</i> (0.1% v/v) pada Q=36 ml/mnt	76

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Dalam proses budidaya pertanian pestisida mempunyai peran penting untuk pengendalian hama dan penyakit tanaman. Meskipun terdapat beberapa macam cara untuk aplikasi pestisida namun yang paling umum digunakan adalah dengan penyemprotan. Cara ini lebih populer karena relatif lebih mudah. Cairan atau larutan yang akan diaplikasikan dipecah menjadi butiran-butiran halus sehingga dapat disebarakan secara merata pada permukaan atau ruang sasaran.

Besarnya ukuran butiran yang terjadi pada aplikasi bahan kimia merupakan satu parameter yang penting dalam kaitannya dengan efisiensi dan efektifitas semprotan. Anonim (1985) dalam pengamatannya terhadap populasi ulat penggerek pucuk tembakau (*Heliothis virescens*) yang dikendalikan dengan semprotan ULV mendapatkan suatu bukti bahwa pada ukuran butir semprotan yang berbeda diperoleh prosentase kematian yang berbeda. Selain itu ukuran butir semprotan juga berpengaruh terhadap sifat-sifat butiran. Butiran yang besar mempunyai karakteristik penetrasi yang baik, resiko pelayangan kecil, tetapi pencakupan semprotan kurang baik, dan penggunaan volume semprotan tinggi. Sedangkan butiran yang kecil mempunyai sifat-sifat pencakupan semprotan

baik, efektifitas umumnya baik, butir semprotan lebih seragam, tetapi resiko pelayangan tinggi. Fenomena pelayangan ini penting diperhatikan untuk menghindari kerugian karena semprotan tidak mencapai target atau meracuni lokasi yang tidak dikehendaki. Karenanya ukuran butiran yang tepat perlu ditentukan pada penyemprotan untuk mendapatkan semprotan yang ideal.

Tabel 1. Ukuran butir semprotan optimum untuk berbagai jenis bahan pestisida

Ukuran butiran (μm)	Jenis pestisida dan vol. aplikasinya
400 - 600 μm	LV Herbisida
200 - 400 μm	LV insektisida/fungisida
200 - 300 μm	CDA herbisida
50 - 150 μm	ULV insektisida
30 - 50 μm	Vector control

Ukuran butir semprotan juga mempunyai kaitan dengan jenis bahan kimia/pestisida yang diaplikasikan. Menurut Wanner (1984) terdapat ukuran butiran semprotan optimum untuk berbagai jenis bahan pestisida yang diaplikasikan (Tabel 1.).

Atomiser piringan berputar merupakan salah satu jenis atomiser (pemecah cairan menjadi butiran-butiran halus) yang menggunakan prinsip atomisasi sentrifugal. Atomiser piringan berputar mampu menghasilkan semprotan dengan volume yang sangat rendah sekali (ULV, *Ultra Low*

Volume). Selain itu mempunyai kelebihan yakni dapat menghasilkan semprotan dengan butiran yang halus dan dengan tingkat keseragaman yang baik (Matthews dalam Nigel Scope dan Michael Leiden, 1983). Konsep ULV menekankan pada aplikasi dengan volume rendah yang kemudian berkembang menjadi CDA (*Controlled Droplet Application*) yang selain menekankan pada pentingnya ketepatan ukuran juga keseragamannya. Hal ini bertujuan untuk optimalisasi penggunaan bahan kimia dengan volume dan dosis yang minimum untuk mendapatkan pengendalian yang efektif (Matthews, 1979). Matthews (1979) menyatakan bahwa petani dewasa ini memerlukan sprayer yang mempunyai karakteristik bobot ringan, mudah dioperasikan, penggunaan energi rendah, dan tahan lama. Untuk ini direkomendasikan penyemprotan dengan volume yang rendah (*low volume*). Dari segi mekanis pengembangan diarahkan pada penggunaan atomiser tipe rotary (*spinning disk sprayer*).

Pada sprayer dengan atomiser tipe rotary besarnya butiran yang dihasilkan dapat diatur dengan merubah kecepatan putaran atomiser dan/atau laju aliran semprotan (Matthews dalam Nigel Scope, 1983). Kombinasi antara kedua parameter tersebut penting untuk mendapatkan ukuran butiran yang benar-benar tepat. Karena itulah diperlukan satu pengamatan untuk mencari kombinasi yang tepat antara kedua parameter tersebut.

Dengan demikian penggunaan sprayer dapat memenuhi kriteria-kriteria yang diperlukan dewasa ini untuk menghindari hal yang tidak diharapkan.

B. TUJUAN

Tujuan dari penelitian adalah untuk mendapatkan pola hubungan antara laju aliran semprotan dan kecepatan putar piringan dengan ukuran butir semprotan yang dihasilkan pada atomiser yang diamati. Dengan diketahuinya pola hubungan antara faktor-faktor tersebut dapat diperkirakan nilai-nilai yang diperlukan untuk mendapatkan semprotan dengan ukuran butir semprotan tertentu dan dengan tingkat keseragaman butir semprotan yang baik. Sementara untuk menentukan besar butir semprotan yang baik perlu dilihat pertimbangan lingkungan dan efektifitas dari semprotan itu sendiri. Jika butir semprotan terlalu besar penggunaan bahan semprotan menjadi boros dan cenderung kurang efektif. Jika terlalu kecil akan terjadi pelayangan dan semprotan dapat meracuni lokasi yang bukan menjadi target.

Hubungan antara ketiga faktor dinyatakan dalam suatu persamaan regresi dengan kecepatan putar atomiser dan laju aliran sebagai peubah bebas, sementara ukuran butiran sebagai peubah terikatnya.

II TINJAUAN PUSTAKA

A. SPRAYER

1. Fungsi Sprayer

Pengertian tentang sprayer dapat didefinisikan dari fungsi utamanya yaitu untuk memecah cairan menjadi butiran-butiran air dengan ukuran efektif dan mendistribusikannya secara merata pada permukaan atau ruangan yang hendak dilindungi. Fungsi yang lain dari sprayer ini adalah untuk mengatur jumlah pestisida yang disemprotkan sehingga dapat dihindari penggunaan obat secara berlebihan yang dapat menimbulkan kerusakan dan pemborosan (Bronson dan Anderson dalam Smith, 1965). Pada prakteknya sprayer dapat dipergunakan untuk mengaplikasikan insektisida, herbisida, fungisida, hormon perangsang tumbuh, dan zat-zat hara secara langsung di permukaan daun (Bainer, 1960).

Sebuah sprayer mempunyai tiga komponen utama yang selalu ada pada semua tipe. Komponen-komponen tersebut adalah unit penghasil tenaga untuk semprotan, tangki atau tempat untuk bahan yang disemprotkan, dan nosel. Pada sprayer hidrolik tenaga pemecah dihasilkan dari tekanan oleh pompa. Sedangkan pada sprayer dengan atomiser tipe rotary tenaga

pemecahan didapatkan dari gaya sentrifugal akibat putaran piringan atomiser. Komponen pemecah inilah yang biasa disebut nosel. Nosel hidrolis yang umum digunakan adalah tipe kerucut (*cone nozzle*) dan tipe kipas (*fan nozzle*). Sedangkan untuk sprayer dengan atomiser tipe rotary nosel berupa piringan (*disc*) yang berputar (Smith, 1965; Matthews, dalam Ridney, 1961).

2. Macam-macam sprayer

Menurut Smith (1965); Mudjiarto Pratomo dan Abdul Kohar Irwanto (1983) berdasar sumber tenaga penggerak sprayer dibedakan atas dua kelompok yaitu:

- a. Sprayer dengan penggerak tangan (*hand operated sprayer*), yang terdiri atas:
 - 1) *Hand sprayer*; yaitu sprayer yang berukuran kecil dan khusus untuk keperluan di lingkungan rumah, taman, atau penyemprotan-penyemprotan ringan lainnya.
 - 2) Sprayer otomatis; yaitu sprayer dengan tekanan tinggi dimana tekanan diberikan atau dibentuk melalui pemompaan sebelum penyemprotan dilakukan. Sprayer ini disebut juga *Compressed Air Sprayer* dengan tekanan dalam tangki sekitar 140-200 psi atau 10-15 kg/cm².

3) Sprayer semi otomatis; yaitu sprayer yang bentuk fisiknya menyerupai sprayer otomatis tetapi tidak memerlukan tekanan tinggi. Pembentukan tekanan melalui pemompaan diberikan sebelum dan selama penyemprotan berlangsung.

4) Jenis-jenis lain seperti *bucket sprayer*, *barrel sprayer*, *cheel barrow sprayer*, *slide pump sprayer*. Pada tipe-tipe ini tangki dan pompa tidak tersusun dalam satu unit.

b. Sprayer bermotor (*power sprayer*); yang menggunakan sumber tenaga penggerak dari motor bakar atau motor listrik, atau PTO traktor. Sprayer bermotor sendiri dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1) Sprayer hidrolis; yaitu sprayer bermotor yang dalam mekanisme penyemprotannya tekanan diberikan langsung pada cairan. Tekanan dari pompa langsung mendorong cairan keluar dari nosel hingga kemudian terpecah menjadi butiran-butiran halus.

2) *Hidro pneumatic sprayer*; adalah sprayer yang pada mekanisme penyemprotannya tekanan diberikan pada udara di atas cairan. Tekanan dibentuk oleh kompressor udara yang digerakan mesin. Cairan yang disemprotkan tidak melalui pompa atau bagian yang bergerak lainnya.

- 3) *Blower sprayer*; disebut juga penyemprot kabut atau penyemprot konsentrat. Tipe ini dikembangkan untuk aplikasi pestisida berkonsentrasi tinggi dimana air pelarut yang digunakan lebih sedikit 20 - 80 % dibanding dengan penyemprotan konvensional.
- 4) *Aerosol generator*; dapat memecah larutan semprotan dengan ukuran butiran yang sangat kecil (1 - 50 μ m) hingga dapat bertahan di udara untuk waktu yang cukup lama.

B. ATOMISASI

Atomisasi adalah proses pemecahan cairan menjadi butiran-butiran dengan diameter yang sangat kecil. Pemecahan cairan ini dapat terjadi dengan beberapa prinsip sebagai berikut :

- 1) Atomisasi hidrolis atau tekanan; dalam hal ini tekanan menjadi sumber utama terjadinya pemecahan cairan. Tekanan diberikan melalui udara di atas cairan atau langsung pada cairan tersebut. Cairan yang keluar dari nosel dipecah karena tumbukan serta sifatnya yang tidak stabil terhadap atmosfer, suatu plat, atau suatu zat tertentu.
- 2) Atomisasi gas; yakni proses pemecahan cairan terjadi karena melalui aliran gas atau udara yang sangat

cepat. Pemecahan dapat terjadi di dalam nosel atau di luar nosel (exit orifice).

- 3) Atomisasi sentrifugal; pemecahan cairan terjadi karena pengaruh gaya sentrifugal dari suatu piringan. Cairan dialirkan dengan tekanan rendah ke pusat suatu alat yang berputar cepat seperti piringan atau mangkuk, dan dipecah karena gaya sentrifugal pada saat meninggalkan bagian tepi piringan (Bainer, 1960).

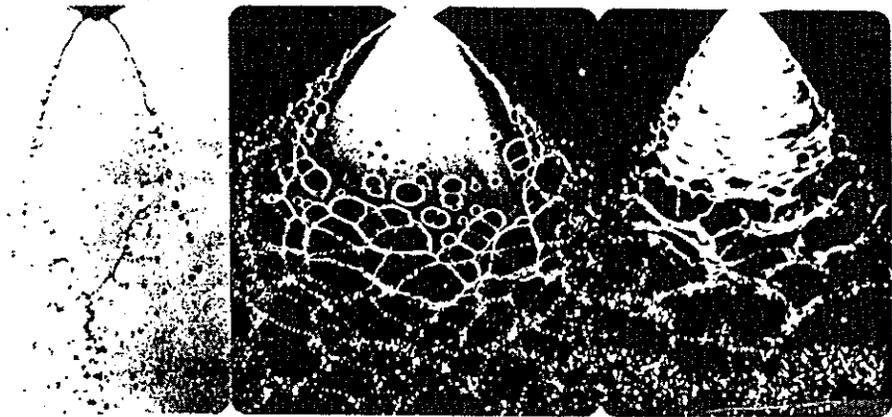
C. NOSEL

1. Nosel Hidrolik

Nosel hidrolik terdiri atas tiga komponen dasar. Ketiga komponen dasar tersebut adalah badan nosel, ujung nosel, dan tutup nosel. Badan nosel dan penutup berulir dibuat dalam berbagai tipe untuk memudahkan pemasangan dan penyesuaian serta penempatan pada posisi yang tepat. Disebabkan fungsinya nosel menjadi bagian yang terpenting yang menentukan karakteristik semprotan meliputi pengeluaran, sudut semprotan, lebar penutupan, pola semprotan, dan pola penyebaran yang dihasilkan (Bainer, 1960). Smith (1965) menyebutkan dua tipe nosel yang biasa dipergunakan pada sprayer hidrolik yaitu nosel kerucut (*cone nozzle*) dan nosel kipas (*fan nozzle*).

Fraser (1958) dalam Matthews (1979) menunjukkan tiga tipe pemecahan lembaran air dari nosel hidrolis. Ketiga tipe tersebut adalah pembentukan lubang (*perforated*), pembentukan *rim*, dan lembaran bergelombang (*wavy sheet*) (Gambar 1.). Akan tetapi hanya ada satu mekanisme pemecahan yang memisahkan serabut-serabut cairan menjadi butiran-butiran.

Pemecahan secara *perforated* terjadi ketika terbentuk lubang-lubang yang membesar pada lembaran air dan pada sisi luar membentuk benang-benang tak stabil yang kemudian pecah menjadi butiran-butiran air. Pada pemecahan tipe *rim* tegangan permukaan lembaran cairan meregangkan bagian tepi dan membentuk rim yang menghasilkan butiran-butiran besar pada tekanan rendah. Pada tipe lembaran bergelombang pemecahan terjadi saat seluruh bagian dari lembaran berubah bentuk sebelum mencapai sisi bebas (*free edge*) (Clark dan Dombrowski, 1972 dalam Matthews, 1979). Droplet yang terbentuk bervariasi pada selang 10-1000 μm . Ini juga berarti volume dari butiran terbesar berlipat jutaan kali dari volume terkecil (Matthews, 1979)..



a. rim b. perforated c. wavy sheet

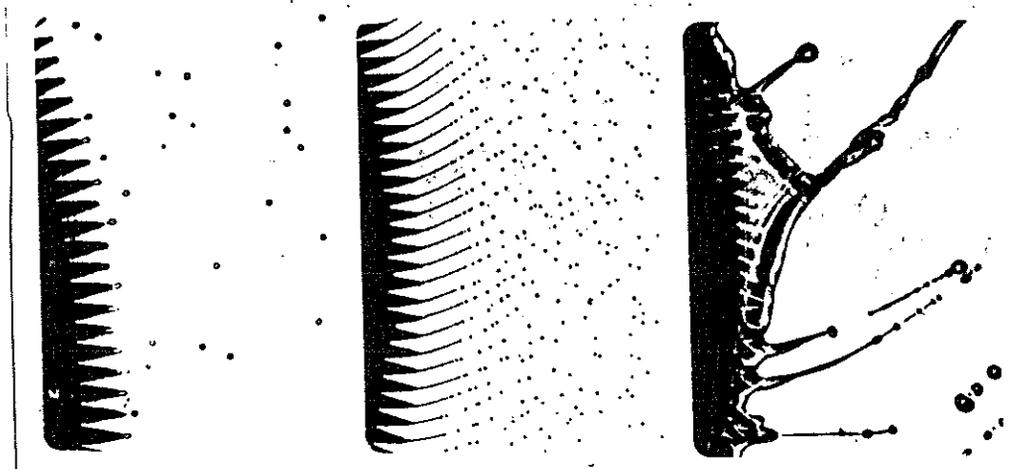
Gambar 1. Tipe pemecahan lembaran air menjadi butiran, a: rim, b: perforated, c: wavy sheet (Fraser, 1958 dalam Matthews, 1979)

2. Nosel Sentrifugal

Nosel sentrifugal merupakan salah satu tipe nosel yang memecah cairan dengan menggunakan prinsip atomisasi sentrifugal. Nosel ini dapat memecah cairan menjadi butiran dengan ukuran yang halus dan tingkat keseragaman yang baik. Cairan diumpankan ke bagian tengah piringan kemudian disebar ke bagian tepi oleh gaya sentrifugal hingga terbentuk butiran semprotan. Fraser et al. (1963) dalam Matthews, (1979) menyatakan tiga metode/tiga cara terjadinya butiran sebagai berikut (Gambar 2.) :

1. Butiran tunggal terlempar dari tepian piringan pada penyemprotan dengan volume rendah.

2. Cairan meninggalkan tepian piringan dalam bentuk benang air yang kemudian pecah menjadi butiran.
3. Cairan meninggalkan tepian piringan dalam bentuk lembaran tipis yang semakin mengecil, kemudian membentuk benang air yang selanjutnya terpecah menjadi butiran.

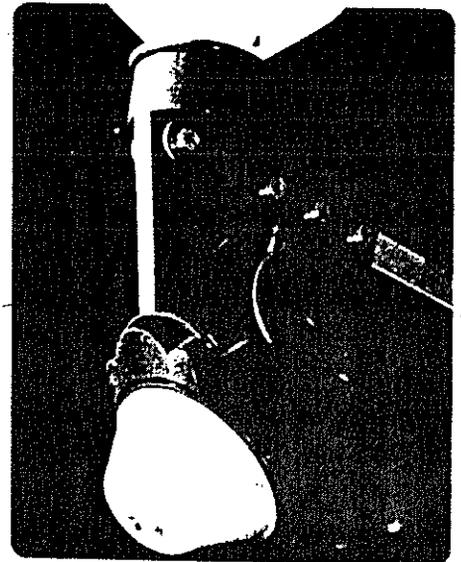
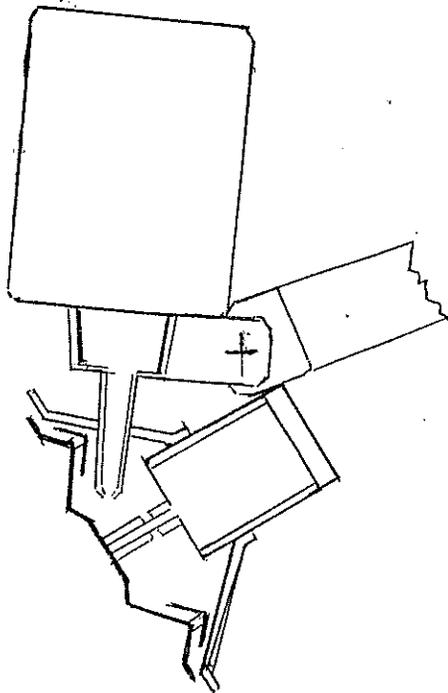


a. butiran tunggal b. benang air c. lembaran

Gambar 2. Proses pembentukan butiran (Matthews, 1979)

Pada nosel sentrifugal ukuran butiran yang terbentuk biasanya terdiri atas dua ukuran prinsip yakni butiran utama dan butiran pengikut (satelit). Butiran pengikut terbentuk dari benang air yang menghubungkan butiran utama dengan cairan pada nosel. Pada kondisi transisi antara pembentukan butiran tunggal dengan pembentukan benang air,

Turbair 'X'. Spasi diperlebar menjadi 1.57 mm karena timbul masalah pengkristalan larutan volatil. Piringan berbentuk corong diperkenalkan pada nosel *Micron Ulva and Handy* (Gambar 3.) Pada tipe ini digunakan dua buah piringan sehingga cairan yang terlempar dari bagian belakang piringan depan ditampung dan dilempar oleh piringan belakang. Gerakan udara sebagai aksi kipas kedua piringan menyebabkan penambahan tenaga yang diperlukan untuk menggerakkan motor... Karenanya dikembangkan sprayer dengan piringan tunggal.



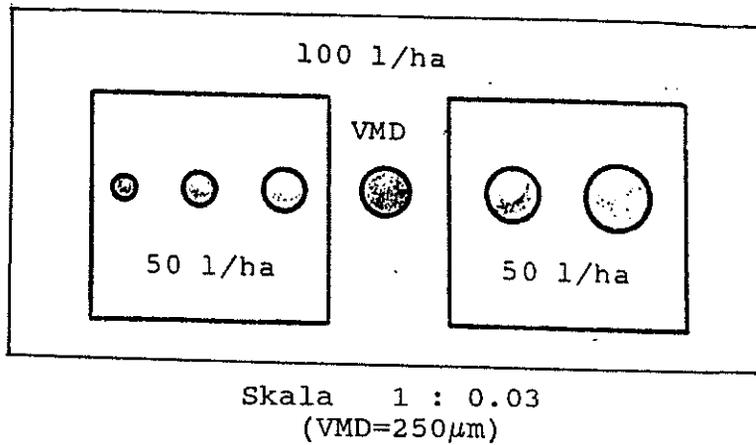
Gambar 3. Penampung lintang *spinning disc* dan sebuah *Mini Ulva* (Boize dan Dombrowski, 1976; *Micron sprayer Ltd.* dalam Matthews, 1979)

Fraser (1958) mendapatkan bahwa piringan dengan ruang (chamber) disekeliling tepiannya dapat mengurangi ukuran butiran sekitar 13%. Piringan bergerigi dengan bentuk $\frac{1}{2}$ piramid dapat mengurangi gaya yang diperlukan untuk mengatasi tegangan permukaan dan membentuk butiran dengan ukuran yang sama, atau ukuran yang lebih kecil dapat dihasilkan dengan gaya yang sama (Bals, 1970 dalam Matthews, 1979). Pada tahun 1976 Bals memperkenalkan piringan beralur di bagian permukaan dalamnya sebagai reservoir cairan untuk membentuk benang air melalui titik pancar di sekelilingnya.

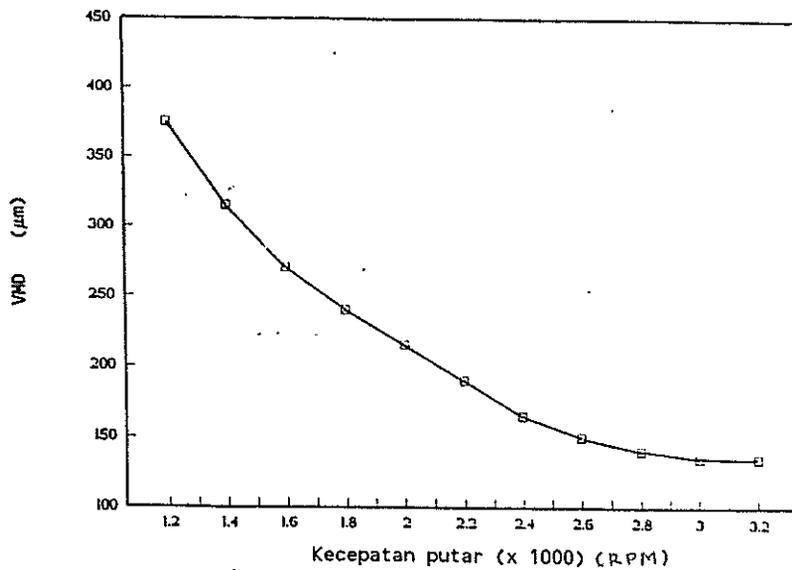
D. BUTIR SEMPROTAN (DROPLET)

1. Ukuran Butiran

Dalam satu semprotan terkandung butiran cairan dalam jumlah yang sangat besar. Kebanyakan berukuran diameter kurang dari 0.5 mm. Besar kecilnya ukuran butiran ini sangat penting artinya jika pestisida hendak diaplikasikan dengan efisien dan dengan pengaruh terhadap lingkungan yang minimum. Ukuran butir semprotan ini biasanya dinyatakan dengan parameter **Volume Median Diameter (VMD)** dengan satuan μm . Jika satu kelompok sampel dibagi dalam dua bagian yang sama besar berdasar volume maka

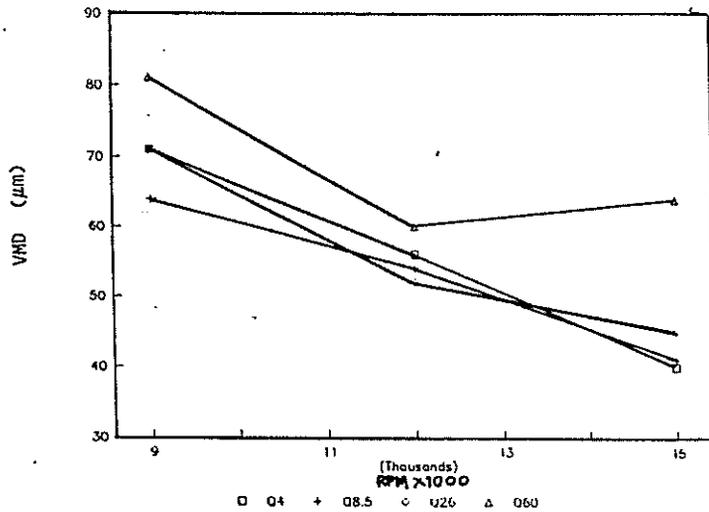


Gambar 4. Ilustrasi ukuran butiran berdasar VMD (Wanner, 1984)

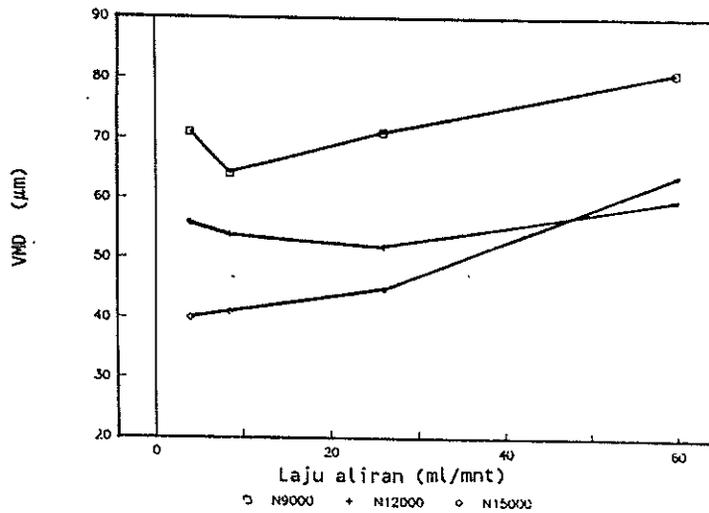


Gambar 5. Hubungan VMD - Kecepatan putar atomiser menggunakan air dengan *surfactan* (0.1% v/v), dengan volume semprotan 36 ml/mnt (Taylor dkk., 1976 dalam Matthews, 1979)

setengah bagian pertama mengandung butiran berukuran lebih kecil dari VMD dan setengah bagian yang lain lebih besar dari VMD (Gambar 4.).



Gambar 6. Hubungan VMD - RPM pada penyemprotan dengan HLP 40 Oil (Matthews, 1979).



Gambar 7. Hubungan VMD - Q pada penyemprotan dengan HLP 40 Oil (Matthews, 1979).

Nilai perbandingan antara VMD dan NMD menunjukkan keseragaman ukuran butiran. Butir semprotan

lebih seragam jika nilai perbandingan mendekati 1 (Matthews, 1979; Wanner, 1984).

Ukuran butir semprotan pada *spinning disk atomizer* tergantung pada kecepatan putar atomizer dan laju aliran semprotannya. Salah satu contoh hubungan antara RPM dan Q dengan VMD ditunjukkan pada Gambar 5 - Gambar 7 (Matthews, 1979; Taylor *et. al.*, 1976, dalam Matthews, 1979).

Butiran semprotan dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelas berdasar ukurannya (tabel 1.).

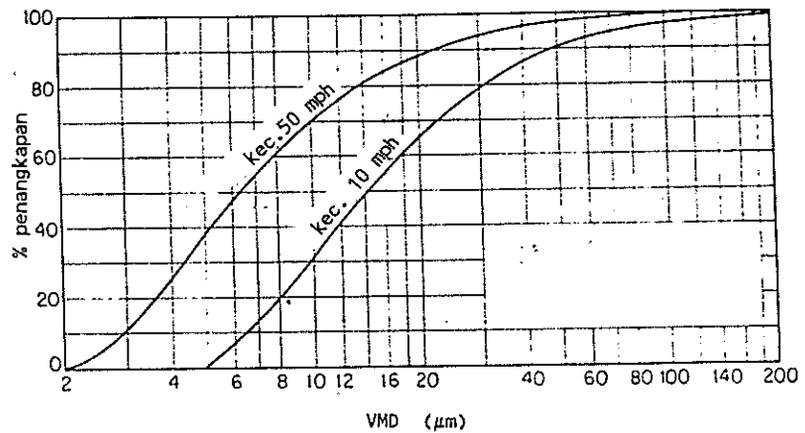
Tabel 2. Klasifikasi partikel

Ukuran (μm)	Klasifikasi (Wanner)	Ukuran (μm)	Klasifikasi (Matthews)
5 - 50	Awan	< 50	Aerosol
10 - 50	Kabut	51 - 100	Kabut
50 - 100	Kabut	101 - 200	Spray halus
75 - 300	Spray halus	201 - 400	Spray sedang
200 - 700	Spray sedang	> 400	Spray kasar
500 - 1000	Spray kasar		
800 - 5000	Hujan		

(Wanner, 1984; Matthews, 1979)

2. Sifat-Sifat Butiran

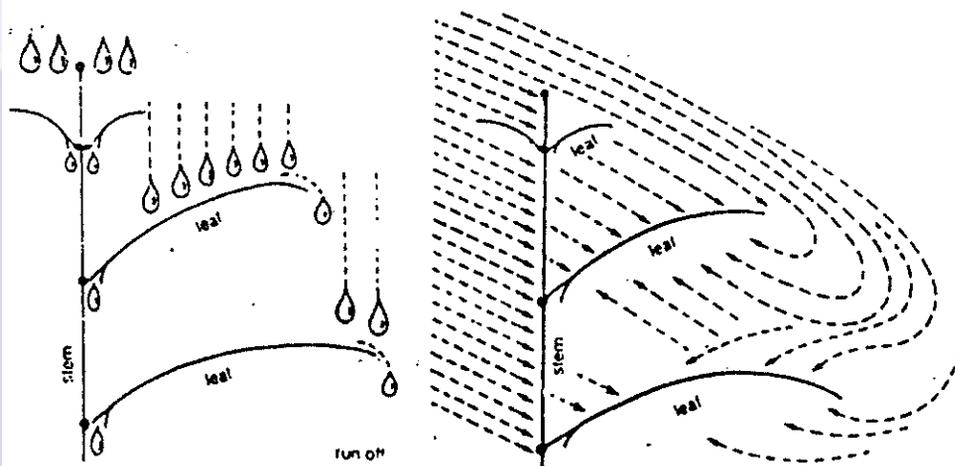
Butiran-butiran berukuran kecil menghasilkan peliputan semprotan yang baik dan seragam. Sedangkan butiran berukuran besar mempunyai selang ukuran yang lebih lebar tetapi penetrasinya lebih baik serta tidak mudah mengalami pelayangan. Gambar 8 menunjukkan perilaku butiran air dengan berbagai



Gambar 8. Hubungan ukuran butiran dengan prosentase penangkapan (% catch) (Gunkel dan Richey, dalam Ridney et al., 1961)

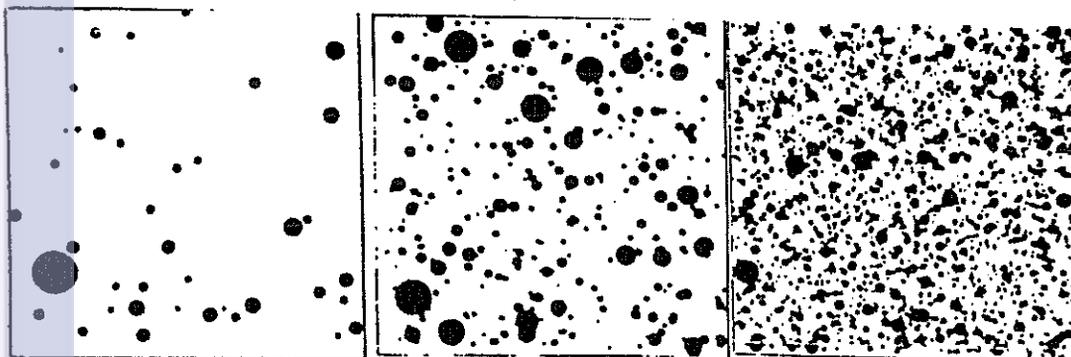
ukuran yang terjatuh melalui udara. Butiran yang lebih besar lebih banyak tertangkap oleh batang atau daun daripada terhembus oleh arus udara (Gunkel dan Richey dalam Ridney et al., 1961). Namun demikian Anwar (1982) menyatakan bahwa butiran yang besar dapat menimbulkan fenomena run off yang mengakibatkan proses pencucian. Butiran yang halus selain mencapai permukaan terbuka juga dapat menjangkau bagian belakang target karena terbawa oleh arus udara. Hal ini digambarkan pada Gambar 9.

Menurut M. Alam et al. (1990) dan Wanner (1984) terdapat hubungan antara laju aliran semprotan (*flow rate*) dengan kerapatan butir semprotan yang



a. Dengan semprotan biasa b. Dengan ULV

Gambar 9. Perbedaan jatuhnya butiran besar dan halus (Anwar Arif, 1982)



Skala 1 : 1
 VMD 5.3mm VMD 2.7mm VMD 1.3mm

Gambar 10. Hubungan antara kerapatan dan VMD (Wanner, 1984)

dihasilkan. Pertambahan laju aliran akan meningkatkan jumlah butiran yang dihasilkan per satuan luas

target. Penyemprotan dengan volume yang sama akan menghasilkan kerapatan semprotan yang lebih rapat jika ukuran butirannya lebih kecil (lihat Gambar 10). Satu nilai kerapatan semprotan yang sama ($1/\text{mm}^2$) dapat dibuat dengan menyemprotkan 500 ml/ha dengan butiran $46 \mu\text{m}$ atau 1.8 lt/ha dengan butiran $70 \mu\text{m}$ atau 200 lt/ha dengan butiran $340 \mu\text{m}$. Jika kerapatan yang lebih rendah sudah mencukupi untuk pengendalian hama maka lebih sedikit cairan yang diperlukan per unit luasan. Pada *spinning disc sprayer* terdapat nilai laju aliran semprotan (*flow rate*) optimum pada setiap kecepatan putaran. Parameter ini menurun dengan bertambahnya rpm (Matthews, 1979). Berdasar volumenya semprotan dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelas (Tabel 3.).

Tabel 3. Klasifikasi semprotan berdasar volume

Volume semprotan	semprotan [*] di atas tanah	semprotan udara
Volume Tinggi	> 100 lt/ha [*]	> 50 lt/ha [*]
Volume Rendah	< 100 lt/ha [*]	< 50 lt/ha [*]
	20 - 50 lt/ha ^{**}	
Vol. Amat Rendah	10 - 15 lt/ha ^{**}	
Vol. Ultra Rendah	< 5 lt/ha [*]	< 5 lt/ha [*]
	≤ 5 lt/ha ^{**}	

*) Anonim (1985)

**) Hutauruk (1982).

Menurut Anonim (1985) kepadatan butiran yang lebih tinggi akan menghasilkan efisiensi semprotan

yang lebih baik untuk semua jenis pestisida. Pengurangan peliputan karena bertambah besarnya ukuran butiran atau dengan mengurangi volume semprotan dengan ukuran butiran yang sama mengakibatkan berkurangnya efikasi/kematian. Hubungan antara ukuran butiran dengan efikasi/kematian hama ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Kematian instar ketiga dari ulat penggerek pucuk tembakau (*Heliathis virescens*) dengan perlakuan ULV

Diameter butiran (μm)	Prosentase kematian larva			
	1 jam	6 jam	12 jam	24 jam
100	46.7	64.5	100.0	-
300	33.9	44.1	-	-
700	12.2	22.5	33.4	12.1
Kontrol	0	0	0	0

(Anonim, 1985).

Selain itu butiran yang lebih kecil lebih tahan tercuci oleh hujan dan lebih cepat penetrasinya ke dalam jaringan tanaman (Anonim, 1985; Anwar Arif, 1982).

Tabel 5. Pengendalian *Amaranthus* sebagai fungsi dari droplet/cm² dan volume semprotan per ha

Volume (lt/ha)	Peliputan (n/cm ²)	Prosen terkendali
42	46	100
14	45	99
4.7	17	99
2.4	7	91

(Anonim, 1985).

3. Gerakan Butiran

Butiran yang dilepas dari nosel akan mengalami percepatan hingga tercapai kecepatan akhir (terminal velocity). Kecepatan partikel ini merupakan faktor penting dimana partikel dengan kecepatan tinggi tidak mudah mengalami perubahan arah (Gunkel dan Richey dalam Ridney *et al.*, 1961). Kecepatan terminal secara normal dicapai kurang dari 2.5 cm oleh butiran <100 μm dan 70 cm untuk butiran 500

Tabel 6. Kecepatan akhir (Terminal Velocity)

Ukuran butiran (μm)	Terminal velocity (cm/sec)
1000	400
500	220
200	72
100	26
50	7
20	1.2
10	0.3

(Wanner, 1984)

atau habis menguap. Pengendalian semprotan untuk hama pertanian pada kondisi ini adalah tidak mungkin (Anwar Arif, 1982; Coutts, 1982; Matthews, 1979).

Tabel 7. Waktu penguapan butiran dalam udara tenang pada kondisi suhu dan kelembaban yang berbeda

Ukuran (μm)	Waktu penguapan (detik)		Jarak jatuh (m)	
	Suhu ΔT RH	20 2.2 80 $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$ %	Suhu ΔT RH	30 7.7 50 $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$ %
50	12.5	0.127	3.5	0.032
100	50.0	6.7	14.0	1.8
200	200.0	81.7	56.0	21.0

(Matthews, 1979)

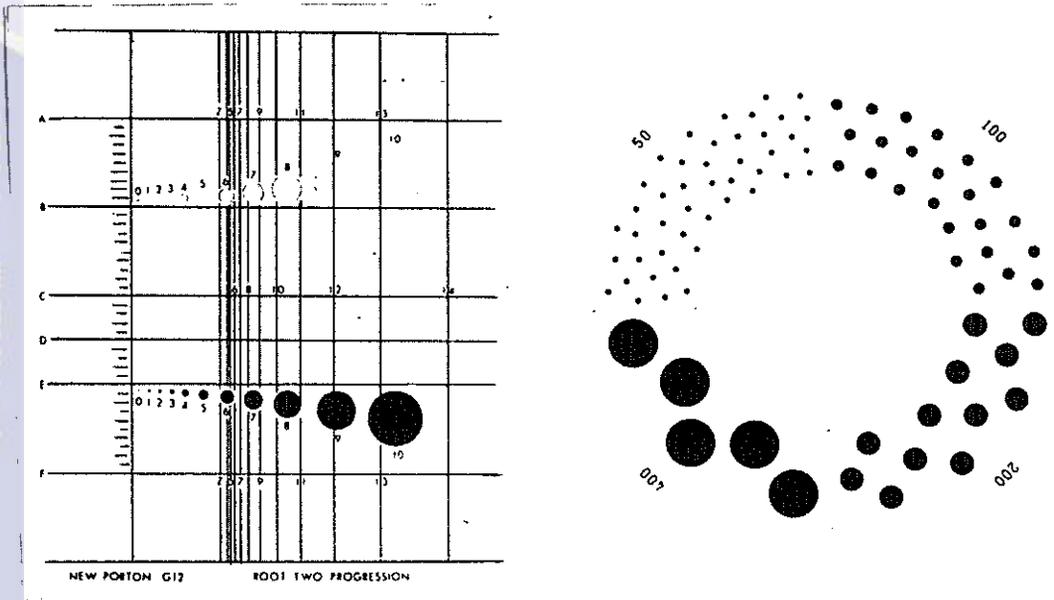
Pelayangan (*drift*) adalah gerakan dari substansi atau cairan dalam arus udara. Jatuhnya butiran semprotan terjadi karena pengaruh gravitasi, angin dan turbulensi. Jarak tempuh horisontal butir semprotan tergantung pada kecepatan terminal, tinggi pancaran dan kecepatan angin pada saat atmosfer stabil (Coutts, 1982). Menurut Thompson dan Ley, 1983) faktor-faktor penting yang mempengaruhi pelayangan adalah spektrum butiran yang disemprotkan, distribusi ketinggian masing-masing fraksi ukuran, kecepatan angin dan turbulensi atmosfer, laju evaporasi butiran, serta efisiensi penangkapan

oleh permukaan target. Penambahan ketinggian titik pancar dan kecepatan angin memperbesar pelayangan yang terjadi. Peningkatan stabilitan atmosfer dan penambahan ukuran butiran mengurangi banyaknya cairan yang terbawa oleh pelayangan.

Proses pelayangan ini dapat dikurangi dengan merubah formulasi dengan menambahkan bahan tambahan viskositas dan bahan pembuih sehingga ukuran butiran menjadi lebih besar. Tetapi pelayangan ini tidak mungkin untuk dihilangkan sama sekali (Butlet *et al.* 1969 dalam Matthews, 1979).

E. PENGUKURAN DIAMETER BUTIRAN

Untuk pengukuran butir semprotan diperlukan permukaan penampung yang dapat meninggalkan satu titik/tanda pada permukaannya. Untuk ini dapat dipergunakan *magnesium oksida* yang membentuk lekukan (*crater*) pada permukaannya 1.15 kali lebih besar dari ukuran sebenarnya untuk butiran 20-200 μm . Selain itu dapat pula dipergunakan lempengan kaca. Akan tetapi metode ini kurang efisien untuk butiran berukuran $< 40 \mu\text{m}$. Beberapa metode lain adalah menggunakan *matrix grease*, kertas mengkilap, kertas photo, kertas sensitif (*sensitive paper*). Jika menggunakan semprotan dengan pewarna yang larut dalam air untuk penampung sampelnya dapat digunakan kertas biasa



Skala 1 : 0.06

Gambar 11. Graticule untuk klasifikasi butiran (Graticule Ltd. dalam Matthews, 1979).

(Higgin, 1967 dalam Matthews, 1979; Johnstone, 1960 dalam Matthews, 1979; Mount dan Pierce, 1972 dalam Matthews, 1979; Matthews, 1979).

Pengukuran butiran di lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan mikroskop kecil yang dilengkapi dengan *spray classification graticule* (Gambar 11.) Alat khusus untuk pekerjaan ini yang tersedia adalah alat analisa partikel Flemming (*Fleming particle size analyzer*) (Barnet dan Timbrell, 1962 dalam Matthews, 1979).

III BAHAN DAN METODE

A. BAHAN DAN ALAT

Untuk penelitian ini diperlukan bahan-bahan sebagai berikut :

1. Air, sebagai media penyemprotan
2. Bahan-bahan untuk konstruksi unit atomiser :
 - plastik datar
 - kayu (2.5 cm x 3 cm x 150 cm)
 - tempat air dan pipa plastik (ϕ 0.5cm x 300cm)
3. Kabel 2 jalur (\pm 5 m).

Atomiser yang digunakan adalah atomiser piringan. Piringan dibuat dari bahan plastik dengan diameter 80 mm. Bagiangn tepi piringan dibuat bergerigi dan beralur pada permukaan dalamnya dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas semprotan yang dihasilkan.

Adapun alat-alat yang dipergunakan pada penelitian ini adalah :

1. Unit atomiser piringan berputar, yang tersusun atas :
 - piringan (*)
 - motor listrik AC
 - tempat air dan saluran air
 - katup-katup
 - rangka (*)

(*): dibuat/dirangkai terlebih dahulu

Disain dan konstruksi alat yang dibuat digambarkan pada lampiran 5.

2. Regulator arus bolak-balik
3. Tachometer sensor cahaya
4. Mikroskop
5. Thermometer bola-basah bola-kering
6. Hidrometer
7. Stop watch
8. Pipa berskala (ml)
9. Kertas sensitif (*Sensitiv paper*)

Thermometer dan hidrometer digunakan untuk membaca kondisi lingkungan. Penyemprotan dengan butir semprotan besar (200-250 μm) sebaiknya tidak dilakukan jika perbedaan suhu BB dan BK $>8^{\circ}\text{C}$, atau jika suhu BK $>36^{\circ}\text{C}$. Sedangkan untuk butir semprotan kecil (50-100 μm) penyemprotan sebaiknya tidak dilakukan jika perbedaan suhu BB dan BK $> 4.5^{\circ}\text{C}$, atau jika suhu BK $>32^{\circ}\text{C}$.

Regulator listrik diperlukan untuk mengatur kecepatan putar atommiser dengan cara mengatur tegangan yang masuk ke motor penggerak. Sedangkan kertas sensitif dipergunakan sebagai target sekaligus kolektor butir-butir semprotan. Titik air yang jatuh dipermukaannya akan meninggalkan noda-noda berwarna biru. Ukuran dari noda-noda tersebut diukur dengan mikroskop berskala mikrometer.

B. METODE PENELITIAN

1. Rancangan Percobaan

Suatu rancangan percobaan dibuat untuk mendapatkan informasi yang berguna dalam analisis terhadap persoalan-persoalan yang dibahas sebanyak mungkin dengan cara yang sederhana dan efisien. Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan dalam laboratorium dengan atomiser piringan berputar sebagai unit percobaan.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap faktorial dengan 3 faktor utama yakni jenis piringan, kecepatan putar piringan, dan laju aliran semprotan. Faktor jenis piringan mempunyai dua taraf perlakuan yaitu piringan terbuka dan piringan tertutup (berturut-turut dinotasikan sebagai D1 dan D2). Faktor laju aliran semprotan diterapkan dengan tiga taraf perlakuan (dinotasikan dengan Q1, Q2, dan Q3). Sedangkan faktor kecepatan putaran atomiser diterapkan dengan empat taraf perlakuan (dinotasikan sebagai N1, N2, N3, dan N4). Dengan dua kali ulangan diperoleh sebanyak 48 buah titik pengamatan.

Nilai untuk masing-masing perlakuan adalah sebagai berikut:

Untuk laju aliran semprotan:

$$Q1 = 35 - 40 \text{ ml/menit}$$

$$Q2 = 45 - 50 \text{ ml/menit}$$

$$Q3 = 75 - 80 \text{ ml/menit.}$$

Untuk kecepatan putar atomiser:

$$N1 = 2500 - 3000 \text{ rpm}$$

$$N2 = 3500 - 4000 \text{ rpm}$$

$$N3 = 4500 - 5000 \text{ rpm}$$

$$N4 = 5000 - 6500 \text{ rpm.}$$

Model rancangan acak lengkap faktorial dengan tiga buah faktor adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \epsilon_{l(ijk)} \dots (3)$$

$$\text{dengan } i = 1 - a; j = 1 - b;$$

$$k = 1 - c; l = 1 - n$$

- μ = pengaruh rata-rata nyata
- A_i = pengaruh nyata taraf i faktor A
- B_j = pengaruh nyata taraf j faktor B
- C_k = pengaruh nyata taraf k faktor C
- AB_{ij} = pengaruh nyata dari interaksi antara faktor A pada taraf i dan faktor B pada taraf j
- AC_{ik} = pengaruh nyata dari interaksi antara faktor A pada taraf i dan faktor C pada taraf k
- BC_{jk} = pengaruh nyata dari interaksi antara faktor B pada taraf j dan faktor C pada taraf k
- ABC_{ijk} = pengaruh nyata dari interaksi antara faktor A pada taraf i , faktor B pada taraf j , dan faktor C pada taraf k
- $\epsilon_{l(ijk)}$ = pengaruh nyata unit percobaan ke l karena perlakuan (ijk)

Untuk melihat apakah perlakuan yang diterapkan memberikan pengaruh yang nyata atau tidak, dilakukan

analisa sidik ragam. Analisa sidik ragam untuk model rancangan tersebut di atas ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Tabel analisis sidik ragam faktorial 3

Sumber keragaman	db	JK	RJK	F hit.
Rata-rata Perlakuan	1	R_y	R	R/ϵ
A	$a - 1$	A_y	A	A/ϵ
B	$b - 1$	B_y	B	B/ϵ
C	$c - 1$	C_y	C	C/ϵ
AB	$(a-1)(b-1)$	AB_y	AB	AB/ϵ
AC	$(a-1)(c-1)$	AC_y	AC	AC/ϵ
BC	$(b-1)(c-1)$	BC_y	BC	BC/ϵ
ABC	$(a-1)(b-1)(c-1)$	ABC_y	ABC	ABC/ϵ
Galat	$abc(n-1)$	ϵ_y	ϵ	
Total	$abcn$	ΣY^2		

dimana :

$$R_y = \left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl} \right)^2 / (abcn)$$

$$A_y = \sum_{i=1}^a (A_i^2 / bcn) - R_y$$

$$\text{dengan } A_i = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}$$

$$B_y = \sum_{j=1}^b (B_j^2 / acn) - R_y$$

$$\text{dengan } B_j = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}$$

$$C_y = \sum_{k=1}^c (C_k^2 / abn) - R_y$$

$$\text{dengan } C_k = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}$$

$$AB_Y = J_{ab} - A_Y - B_Y$$

$$\text{dengan } J_{ab} = \sum_{j=1}^a \sum_{l=1}^b (J_{ij}^2/cn) - R_Y$$

$$J_{ij} = \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}$$

$$AC_Y = J_{ac} - A_Y - C_Y$$

$$\text{dengan } J_{ab} = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c (J_{ik}^2/bn) - R_Y$$

$$J_{ik} = \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}$$

$$BC_Y = J_{bc} - B_Y - C_Y$$

$$\text{dengan } J_{bc} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (J_{jk}^2/an) - R_Y$$

$$J_{jk} = \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}$$

$$ABC_Y = J_{abc} - A_Y - B_Y - C_Y - AB_Y - AC_Y - BC_Y$$

$$\text{dengan } J_{abc} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c (J_{ijk}^2/n) - R_Y$$

$$J_{ijk} = \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}$$

$$\epsilon_Y = \Sigma_Y^2 - R_Y - A_Y - B_Y - C_Y - AB_Y - AC_Y - BC_Y - ABC_Y$$

2. Parameter Pengukuran

Untuk mendapatkan nilai-nilai yang hendak diamati pada penelitian ini diperlukan data-data tertentu yang mendukung. Untuk ini dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter utama :

1. laju aliran semprotan, yaitu laju konsumsi cairan (ml) setiap menit. Pada prakteknya yang diukur adalah laju penurunan muka air pada pipa pengukur,
2. kecepatan putaran atomiser (RPM), dibaca langsung

dari tachometer,

3. suhu dan kelembaban lingkungan, dibaca dari thermometer dan hidrometer,
4. diameter butiran pada kolektor (*sensitiv paper*), dibaca dengan mikroskop pada luasan sampel 1 cm².

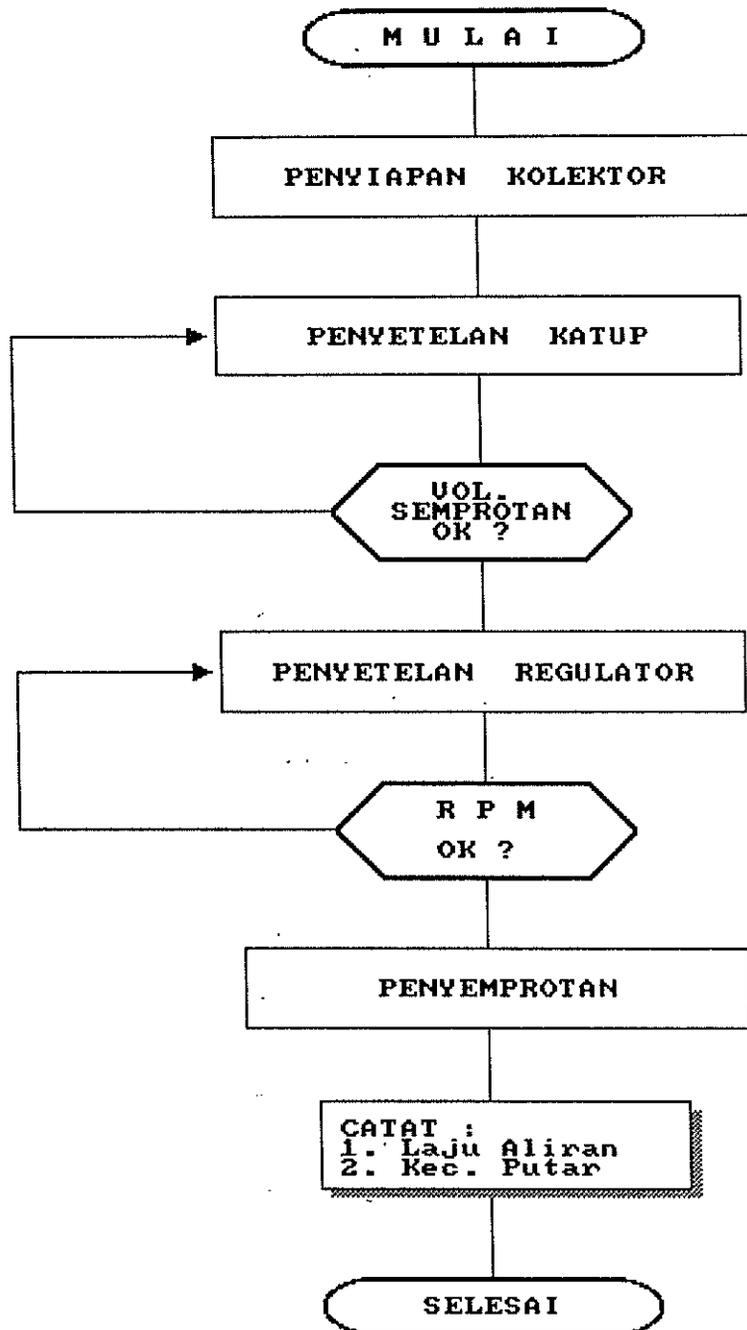
3. Prosedur Penelitian

Prosedur secara garis besar dibagi dalam tiga tahap yaitu pembuatan perangkat atomizer kemudian pengambilan data, yang dilanjutkan dengan pembacaan dan pengolahan data. Bagan prosedur diperlihatkan pada Gambar 12.

Untuk penyiapan sarana dilakukan di bengkel Mekanisasi Pertanian. Sarana-sarana yang diperlukan dan harus dipersiapkan/didisain terlebih dahulu adalah kerangka dari sprayer dan unit atomizer. Disain dan konstruksi dari alat yang dibuat dapat dilihat pada lampiran 8.

Untuk pengambilan data mula-mula dilakukan penyetelan unit untuk mendapatkan kondisi disesuaikan dengan ragam perlakuan yang diterapkan. Kemudian dilanjutkan dengan penyemprotan.

Penyetelan unit terdiri atas penyetelan kecepatan putaran atomiser, dan penyetelan laju aliran semprotan. Penyetelan laju aliran semprotan dilaku-



Gambar 12. Bagan alir prosedur kerja

kan dengan mengatur bukaan katup pengatur pada pipa saluran dan/atau dengan mengganti nosel pengumpan dengan ukuran yang lebih besar atau lebih kecil lubang-orifice-nya. Pengaturan kecepatan putaran atomiser dilakukan dengan mengatur tegangan listrik yang masuk dari sumber listrik ke motor. Untuk pengaturan tegangan yang masuk digunakan regulator.

Sebagai media sasaran yang berfungsi sekaligus sebagai kolektor bagi butiran semprotan digunakan kertas sensitif (*sensitive paper*). Dengan asumsi pola semprotan simetris, kertas sensitif ditempatkan pada jalur lintasan penyemprotan. Penyemprotan dilakukan dari ketinggian nosel 25-30 cm di atas target. Hal ini bertujuan untuk memperkecil terjadinya penguapan serta membatasi lebar semprotan (*swath width*). Dalam penyemprotan ini diasumsikan kecepatan angin 0 m/det.

Setelah selesai dengan penyemprotan, sampel diambil. Pengambilan sampel sebaiknya setelah didiamkan beberapa saat untuk memastikan bahwa butiran-butiran halus telah mencapai permukaan target. Dari sampel pada tiap perlakuan diukur diameter butiran-butiran yang tertangkap dengan menggunakan mikroskop berskala mikro meter. Pembacaan dilakukan untuk luasan 1 cm² tiap sampel.

4. Pengolahan Data

Setelah diameter butiran pada kertas sensitif diperoleh selanjutnya dilakukan penghitungan ukuran butiran dengan parameter VMD (*volume median diameter*), NMD (*number median diameter*), serta tingkat keseragaman butiran yang diukur dengan melihat perbandingan VMD dengan NMD. *Volume median diameter* (VMD) itu sendiri adalah parameter yang biasa digunakan untuk menyatakan diameter butiran pada semprotan. Jika satu kelompok sampel dibagi dalam dua bagian yang sama besar berdasar volume maka setengah bagian pertama mengandung butiran dengan ukuran yang lebih kecil daripada nilai VMD, sedangkan setengah bagian yang lain mengandung butiran dengan ukuran yang lebih besar dibanding VMD. Atau dengan kata lain VMD adalah ukuran butiran pada 50% volume kumulatif semprotan yang tertampung pada satuan luas sampel tertentu. Sedangkan NMD (*number median diameter*) adalah diameter butiran pada 50% jumlah kumulatif butir semprotan yang tertampung pada satuan luas sampel tertentu.

Untuk menghitung nilai VMD dan NMD diambil metoda yang digunakan oleh Matthews (1979) dan Wanner (1984) dengan bantuan perangkat lunak Lotus

123. Contoh perhitungan terdapat pada Lampiran 4.

Setelah didapat nilai-nilai tersebut selanjutnya dilakukan analisa sidik ragam untuk melihat kekuatan pengaruh masing-masing faktor. Untuk mendapatkan hubungan antara faktor laju aliran semprotan dan faktor kecepatan putaran atomizer dengan ukuran butir semprotan yang dihasilkan (VMD) dilakukan analisa regresi. Dengan asumsi bahwa kedua faktor berpengaruh terhadap ukuran butiran yang dihasilkan, dilakukan analisa regresi dengan metode regresi berganda. Untuk analisa ini digunakan bantuan perangkat lunak **SIRICHA1**.



IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. ANALISIS DATA

Dari seluruh perlakuan yang diterapkan diperoleh data-data VMD semprotan seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 5 dan 6. Dengan menggunakan rancangan acak lengkap faktorial pengaruh sebenarnya dari perlakuan yang diterapkan digambarkan oleh model matematik :

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \epsilon_l(ijk) \dots\dots\dots (3)$$

Model matematik tersebut merupakan dasar bagi analisis statistik selanjutnya terhadap data-data yang diperoleh. Berbeda dengan persamaan-persamaan penduga, model matematik ini tidak mencakup koefisien-koefisien yang mewakili proporsi pengaruh dari masing-masing faktor. Model ini hanya menunjukkan bagaimana perlakuan yang diterapkan mempengaruhi hasil pengamatan.

Sebagai contoh, untuk perlakuan dengan piringan terbuka (D1), pada laju aliran 1 (Q1) dan kecepatan putar 1 (N1) didapat nilai-nilai komponen model matematik :

$$\begin{aligned} \mu &= \left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl} \right) / (abcn) &&= 121.13 \\ A_i &= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl} / bcn - \mu &&= - 13.03 \\ B_j &= \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl} / acn - \mu &&= 389.36 \end{aligned}$$

$$C_k = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}/abn - \mu = 43.79$$

$$AB_{ij} = \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}/cn - \mu - A_i - B_j = -309.09$$

$$AC_{ik} = \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}/bn - \mu - A_i - C_k = -16.43$$

$$BC_{jk} = \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}/an - \mu - B_j - C_k = -390.24$$

$$ABC_{ijk} = \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}/n - \mu - A_i - B_j - C_k - AB_{ij} - AC_{ik} - BC_{jk} = 290.68$$

$$\epsilon_{ijkl} = .01$$

Hasil di atas menunjukkan bahwa faktor B (kecepatan putar atomiser) mempunyai pengaruh yang nyata terhadap VMD semprotan. Nampak juga bahwa nilai kesalahan (galat) pada perlakuan cukup rendah (0.01). Dengan cara yang sama dapat dihitung untuk data-data yang lain.

Hasil analisis sidik ragam faktorial (lihat Bab III, hal. 32) ditunjukkan pada Lampiran 9 untuk VMD semprotan dan Lampiran 10 untuk tingkat keseragaman butiran. Secara umum dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diterapkan memberikan pengaruh yang nyata terhadap VMD semprotan maupun keseragaman butiran yang dihasilkan. Demikian halnya untuk perlakuan kecepatan putar. Sedangkan perlakuan laju aliran tidak memberikan pengaruh yang nyata.

Pada Lampiran 11 - 14 ditunjukkan hasil analisis data untuk masing-masing jenis piringan. Hasil analisis ini juga menunjukkan bahwa pada masing-masing jenis piringan kecepatan putar mempunyai pengaruh yang nyata terhadap VMD butiran.

B. PENGARUH TERHADAP VMD SEMPROTAN

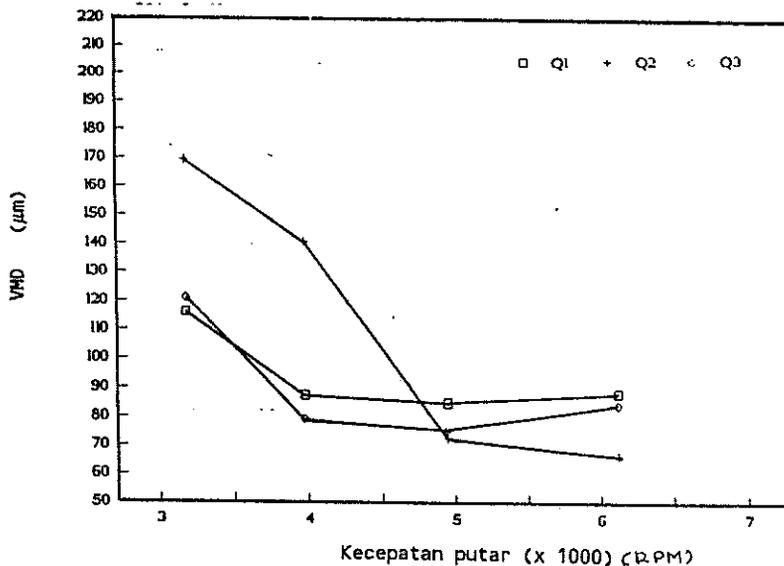
Ukuran butiran inilah yang mempengaruhi karakteristik suatu semprotan secara keseluruhan. Pada umumnya butiran berukuran kecil mempunyai tingkat pencakupan dan efektifitas yang baik (Anonim, 1985). Akan tetapi butiran berukuran kecil mempunyai resiko kurang terkendali karena pengaruh lingkungan seperti pelayangan dan penguapan. Sedangkan butiran berukuran besar mempunyai penetrasi yang lebih baik serta lebih kecil resiko tak terkendalinya semprotan karena pelayangan (Wanner, 1984; Matthews, 1979). Besar kecilnya ukuran butiran yang digunakan dalam penyemprotan disesuaikan dengan jenis pestisida yang diaplikasikan. Umumnya untuk mengaplikasikan herbisida diperlukan butiran dengan ukuran yang besar sedangkan untuk insektisida atau fungisida diperlukan butiran yang kecil (Wanner, 1984).

Hasil pengamatan menunjukkan adanya pengaruh laju aliran semprotan dan kecepatan putar atomiser terhadap VMD. Dari analisa sidik ragam didapat bahwa VMD semprotan yang dihasilkan antara piringan terbuka (D1) dan piringan tertutup (D2) secara umum berbeda sangat nyata pada selang kepercayaan 99%. Pada perlakuan kecepatan atomiser menghasilkan semprotan dengan VMD yang berbeda nyata, sedangkan pada perlakuan laju aliran semprotan tidak menunjukkan VMD semprotan yang berbeda nyata.

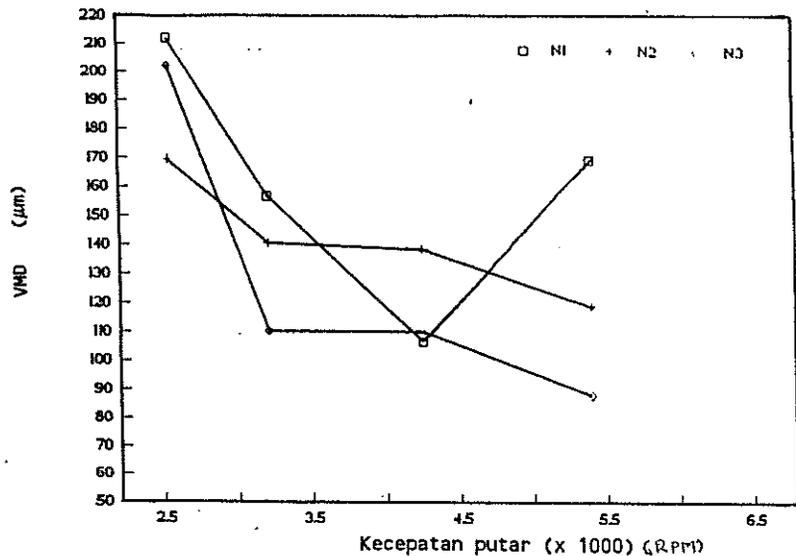


1. Pengaruh Kecepatan Putar Atomiser Terhadap VMD

Hasil analisis sidik ragam pada penyemprotan dengan piringan terbuka (D1) perlakuan kecepatan putar atomiser pada selang yang diterapkan menghasilkan VMD semprotan yang berbeda nyata dengan selang kepercayaan 95%. Pengaruh kecepatan putar atomiser ini mempunyai pola yang cukup teratur dengan kecenderungan terjadi penurunan VMD semprotan akibat peningkatan kecepatan putaran atomiser (Gambar 13. dan 14.). Atau dengan kata lain hubungan antara kecepatan putar atomiser dan VMD



Gambar 13. Hubungan kecepatan putar atomiser dan VMD semprotan pada piringan terbuka



Gambar 14. Hubungan kecepatan putar atomiser dan VMD semprotan pada piringan tertutup

semprotan negatif. Peningkatan VMD semprotan hanya terjadi pada laju aliran konstan Q1 dan Q2 antara selang kecepatan putar atomiser N3-N4.

Pada piringan tertutup (D2) pengaruh kecepatan putar atomiser terhadap VMD semprotan tidak jauh berbeda. Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa VMD semprotan yang dihasilkan berbeda nyata dengan selang kepercayaan 95%. Sementara penambahan kecepatan putar atomiser cenderung menurunkan VMD semprotan yang dihasilkan. Penambahan kecepatan putar atomiser yang menyebabkan peningkatan VMD semprotan hanya terjadi pada laju aliran konstan Q1 antara selang kecepatan atomiser N3-N4.

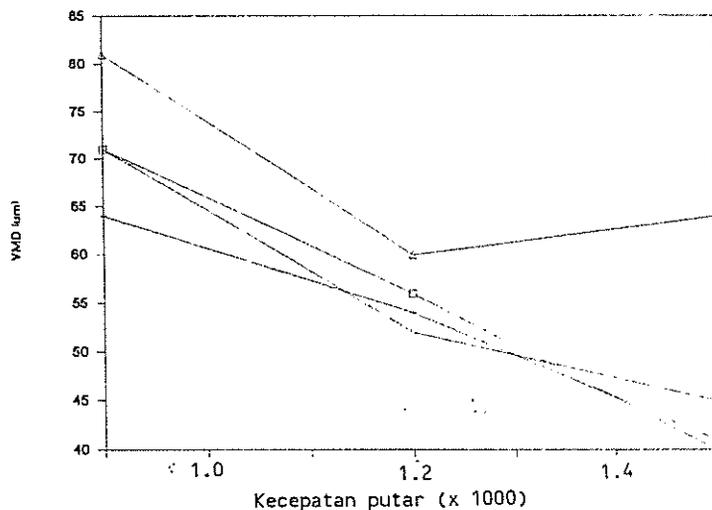
Secara teoritis penambahan kecepatan putar atomiser seharusnya dengan laju aliran tetap akan menurunkan diameter butir semprotan yang dihasilkan. Namun pada Gambar 13. nampak adanya beberapa kelainan yang terjadi baik pada penyemprotan dengan piringan terbuka maupun tertutup. Melihat pada hasil pengamatan lain sebagai pembanding ternyata bahwa penyipangan yang terjadi memang satu fenomena yang mungkin terjadi. Pada Gambar 15., hasil pengukuran oleh Matthews (1979), menunjukkan hal tersebut. Pada laju aliran semprotan 60 ml/menit terjadi peningkatan VMD semprotan akibat penambahan kecepatan putar atomiser dari 12000 rpm ke 15000 rpm.

Pada atomiser tipe rotary pemecahan cairan menjadi butiran-butiran terjadi oleh adanya gaya sentrifugal. Persamaan gerak untuk gaya sentrifugal:

$$F_c = m a_c,$$

$$F_c = m w^2 r \dots\dots\dots (4)$$

yang berarti bahwa penambahan kecepatan piringan akan menambah gaya sentrifugal yang terjadi. Hal ini juga berarti terjadinya percepatan pada cairan di permukaan piringan, sehingga cairan akan lebih mudah terpecah karena gaya spesifik yang bekerja pada cairan lebih besar per satuan volume cairan. Proses tersebut di atas akan menghasilkan butiran-butiran yang kecil.



Gambar 15. Hubungan VMD semprotan dan kecepatan putar atomiser pada penyemprotan dengan HLP 40 Oil (Matthews, 1979)

Pada suatu saat dapat terjadi volume total butiran yang dapat terlempar lebih kecil daripada volume yang dialirkan dari nosel pengumpan. Karenanya cairan yang tersisa dapat terlempar keluar dengan ukuran yang lebih besar. Sementara itu dengan dipertimbangkannya volume butiran parameter VMD semprotan memberi tekanan yang lebih besar terhadap butiran dengan diameter besar.

Selain itu penggunaan kertas sensitif sebagai kolektor memberi kemungkinan pada ketidak normalan hasil. Dengan kertas sensitif terdapat kemungkinan adanya butiran yang terjatuh pada satu lokasi yang sama sehingga butiran yang lebih kecil tidak terbaca.

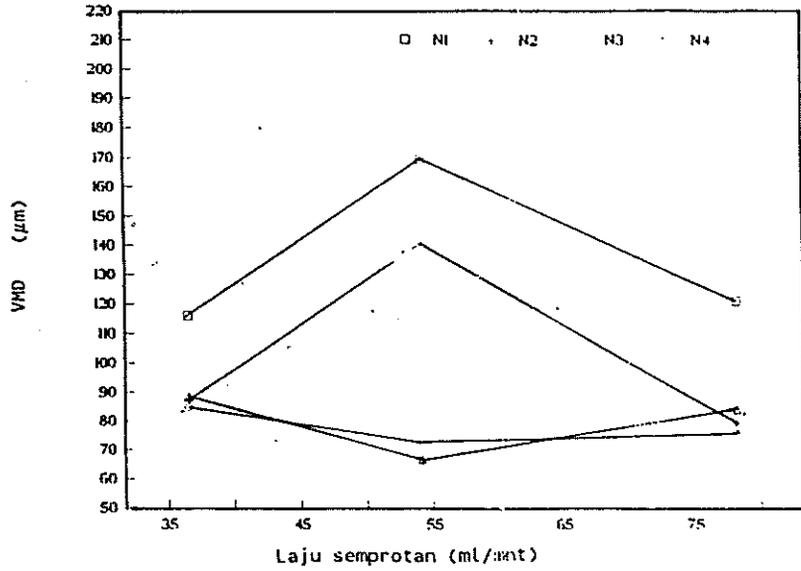
Dengan demikian nilai VMD semprotan terpengaruh. Apalagi ukuran diameter mempunyai hubungan pangkat tiga dengan volumenya sehingga butiran dengan ukuran yang besar menjadi makin nyata pengaruhnya terhadap VMD semprotan.

2. Pengaruh Laju Aliran Semprotan Terhadap VMD

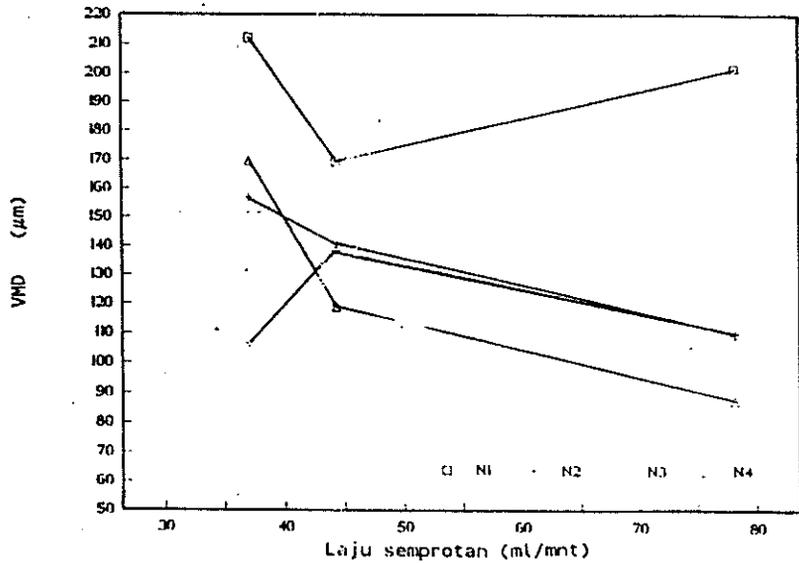
Pengaruh laju aliran semprotan terhadap VMD tidak menunjukkan perbedaan nyata pada kedua macam piringan yang dipergunakan. Ini berarti faktor laju aliran semprotan tidak terlalu banyak mempengaruhi terhadap VMD semprotan yang dihasilkan.

Pada piringan terbuka (D1) perubahan VMD semprotan akibat perubahan laju aliran mempunyai pola yang berlawanan antara kecepatan putar rendah (N1,N2) dan kecepatan putar tinggi (N3,N4) (Gambar 16.). Pada kecepatan putar rendah VMD semprotan meningkat antara selang laju aliran semprotan Q1-Q2, dan menurun pada selang laju aliran Q2-Q3. Sebaliknya, pada kecepatan putar tinggi VMD semprotan menurun pada selang laju aliran semprotan Q1-Q2 dan meningkat pada selang laju aliran semprotan Q2-Q3.

Berbeda dengan piringan terbuka (D1), pada piringan tertutup (D2) pola perubahan VMD semprotan tidak terlalu bervariasi pada selang laju aliran yang diterapkan. Pada piringan tertutup ini terdapat



Gambar 16. Hubungan laju aliran dan VMD semprotan pada piringan terbuka



Gambar 17. Hubungan laju aliran semprotan dan VMD semprotan pada piringan tertutup

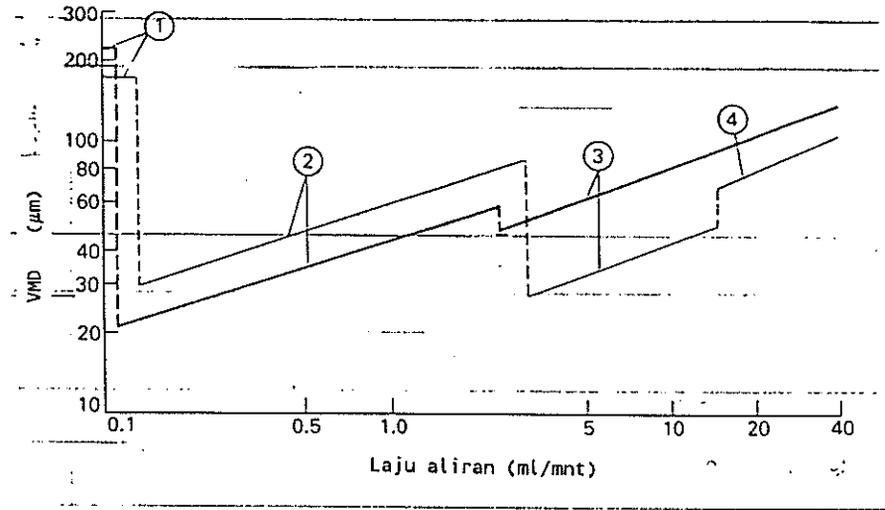
kecenderungan penurunan VMD semprotan akibat penambahan laju aliran semprotan. Peningkatan VMD semprotan terjadi pada perlakuan dengan kecepatan putar N1 pada selang laju aliran semprotan Q2-Q3 dan pada kecepatan putar N3 antara selang laju aliran semprotan Q1-Q2.

Secara teoritis penambahan laju aliran semprotan akan meningkatkan nilai VMD semprotan yang dihasilkan. Pada Gambar 15. dan 16. nampak adanya penyimpangan dari pernyataan tersebut.

Menurut Fraser et al. (1974) dalam Matthews (1979), proses pembentukan butiran oleh gaya sentrifugal piringan atomiser terdiri atas tiga macam. Sesuai dengan peningkatan laju aliran semprotannya ketiga macam proses pembentukan butir semprotan itu adalah :

1. pelepasan butiran tunggal
2. pembentukan benang air yang kemudian terpecah menjadi butiran
3. pembentukan lembaran tipis cairan yang kemudian menjadi benang air besar dan terpecah menjadi butiran.

Penyemprotan ideal adalah jika proses pembentukan butiran terjadi hanya dengan proses ke-1 atau proses ke-2 saja. Jika ini terpenuhi semprotan yang dihasilkan akan seragam ukuran butirannya.



Gambar 18. Hubungan laju aliran semprotan dan VMD dari referensi (Matthews, 1979)

Dalam keadaan tersebut jika laju aliran semprotan ditambah maka mula-mula akan terjadi peningkatan VMD semprotan karena butiran tunggal atau benang air yang terbentuk semakin besar, yang berakibat butiran semprotan yang terbentukpun semakin besar. Jika laju aliran semprotan ditambah terus maka proses pembentukan butiran akan berada pada kondisi transisi antara proses 1 dan 2, atau antara proses 2 dan 3, atau antara proses 3 dan 4. Jika ini terjadi butiran dibentuk dengan dua mekanisme sekaligus yang berakibat muncul peluang terjadinya butiran-butiran halus. Sebagaimana diketahui suatu semprotan mengandung dua macam butiran yaitu butiran utama dan butiran pengikut

(satelite). Pada kondisi transisi butiran pengikut yang terbentuk semakin banyak disebabkan oleh ketidak seimbangan antara volume cairan yang harus dipecah dan gaya yang tersedia untuk memecahkannya.

Fenomena ketidak normalan hasil percobaan nampak pula pada hasil percobaan lain (Gambar 17.). Pada pembentukan butiran dengan satu proses saja penambahan laju aliran akan meningkatkan VMD semprotan. Akan tetapi pada peralihan antara masing-masing proses terjadi penurunan VMD semprotan.

Selain karena sebab di atas pengaruh dari kecepatan maju dalam penyeprotan juga memberi peluang pada peningkatan VMD semprotan. Pada kecepatan maju yang lebih tinggi butiran semprotan yang tertampung oleh kolektor akan lebih banyak. Sedangkan menurut Wanner (1984) terdapat hubungan antara kerapatan butiran semprotan dan VMD semprotan, dimana kerapatan yang lebih tinggi justru memperkecil VMD semprotannya. Dari Lampiran 1 dan 2 dapat dilihat adanya kecenderungan bahwa kecepatan maju lebih tinggi pada laju aliran semprotan yang lebih tinggi.

C. Pengaruh Terhadap Tingkat Keseragaman Butiran

Keseragaman butiran merupakan parameter yang penting untuk optimasi penggunaan volume dan dosis yang minimum dengan pengendalian yang efektif (Matthews, 1979). Untuk pengukuran parameter ini digunakan nilai perbandingan VMD/NMD. Keseragaman lebih baik pada nilai VMD/NMD mendekati 1.

Nilai perbandingan VMD/NMD pada berbagai tingkat kecepatan putar dan laju aliran semprotan berselang dari 0.96 - 2.30 untuk piringan terbuka, dan 1.5 - 3.71 untuk piringan tertutup. Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa nilai perbandingan VMD/NMD antara piringan terbuka dan piringan tertutup berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%. Ini berarti bahwa disain dari piringan mempengaruhi terhadap keseragaman semprotan yang dihasilkan.

Peningkatan kecepatan putar atomiser pada piringan terbuka (D1) memperbesar nilai perbandingan VMD//NMD atau dengan kata lain keseragamannya semakin buruk. Pengecualian terjadi pada laju aliran semprotan Q2 dan Q3 dimana penambahan kecepatan putar dari N2 ke N3 menurunkan nilai VMD/NMD. Pada laju aliran semprotan Q1 tingkat keseragaman baik jika atomiser berputar pada kecepatan putar rendah hingga sedang (N1 - N3). Pada laju aliran semprotan Q2 tingkat keseragaman baik jika kecepatan putar tinggi (N3-N4). Sedangkan pada laju

aliran semprotan Q3 tingkat keseragaman baik kecepatan putar tinggi maupun rendah (N1 - N4). Dari hasil tersebut nampak bahwa semprotan yang baik terdapat pada kombinasi nilai kecepatan putar atomiser dan laju aliran semprotan tertentu. Kombinasi mana yang sebaiknya digunakan tergantung pada nilai VMD semprotan yang diperlukan.

Untuk piringan tertutup (D2) tingkat keseragaman butiran pada semprotan dengan laju aliran semprotan Q1 baik pada kecepatan putar rendah saja. Dengan laju aliran semprotan Q2 tingkat keseragaman butir semprotan tidak ada yang baik, hanya sedang saja pada kecepatan putar atomiser sedang - tinggi. Sedangkan pada semprotan dengan laju aliran semprotan Q3 tingkat keseragaman agak baik pada kecepatan putar sedang - tinggi (N2 - N4).

Dibandingkan antara kedua piringan maka secara umum dapat dikatakan bahwa piringan terbuka mempunyai keseragaman butir semprotan yang lebih baik dibanding piringan tertutup.

Terjadinya keseragaman butir semprotan yang berbeda disebabkan oleh proses pembentukan butiran yang berubah-ubah. Keseragaman baik jika proses pembentutkan butiran berlangsung dengan pelembaran butiran tunggal saja atau dengan pembentukan benang air saja. Sedangkan jika terbentuk dengan mekanisme pembentukan lembaran tipis cairan ukuran butir semprotan yang dihasilkan mempunyai

selang yang lebar sebagaimana jika menggunakan sprayer konvensional. Demikian pula jika proses pemecahan butiran berlangsung dengan dua mekanisme sekaligus. Selain itu kestabilan putaran atomiser juga mempengaruhi keseragaman butir semprotan yang terbentuk.

D. ANALISIS REGRESI

1. Analisis Regresi Terhadap VMD Semprotan

Analisis regresi dalam konteks ini digunakan untuk mendapatkan pola hubungan antara laju aliran semprotan dan kecepatan putar atomiser dengan VMD semprotan yang dinyatakan dalam persamaan regresi. Persamaan regresi merupakan satu persamaan matematik yang memungkinkan prediksi suatu nilai dari satu variabel berdasar variabel-variabel bebas (Walpole, 1982). Dengan asumsi bahwa kedua faktor (kecepatan putar dan laju aliran semprotan) berpengaruh terhadap VMD semprotan, data diolah dengan analisis regresi berganda. Dari analisis regresi diperoleh persamaan regresi berganda untuk piringan terbuka (D1) dan piringan tertutup (D2) sebagai berikut :

$$\text{VMD} = 3319.447 - 184.028 Q + 3.53 Q^2 - 0.021 Q^3 - 0.062 N - (5.10E-6) N^2 \dots\dots\dots (4)$$

dengan :

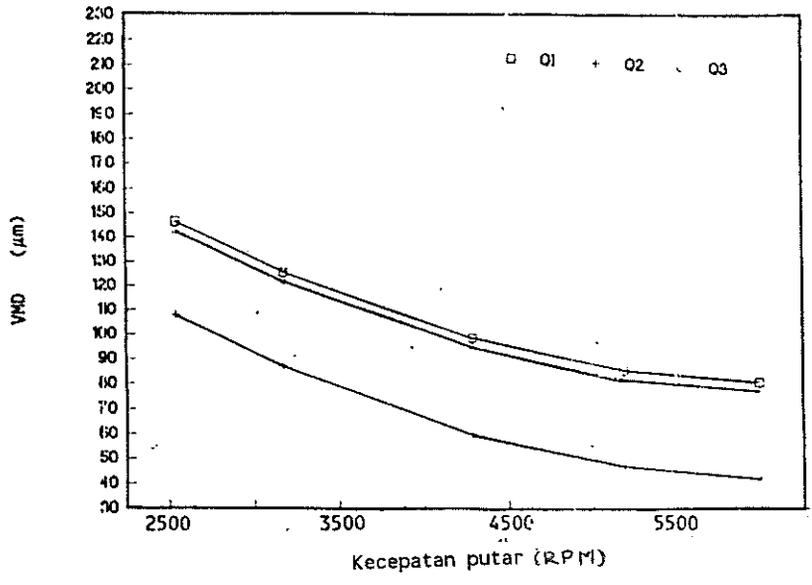
$$\begin{aligned} R^2 &= 79.41 \% \\ S_{y \cdot x} &= 19.26 \\ Q &= \text{laju aliran semprotan} \\ N &= \text{kecepatan putar atomiser} \end{aligned}$$

$$\text{VMD} = 3504.1711 - 192.3216 Q + 3.8891 Q^2 - 0.0246 Q^3 - 0.1318 N + (1.2E-5) N^2 \dots\dots\dots (5)$$

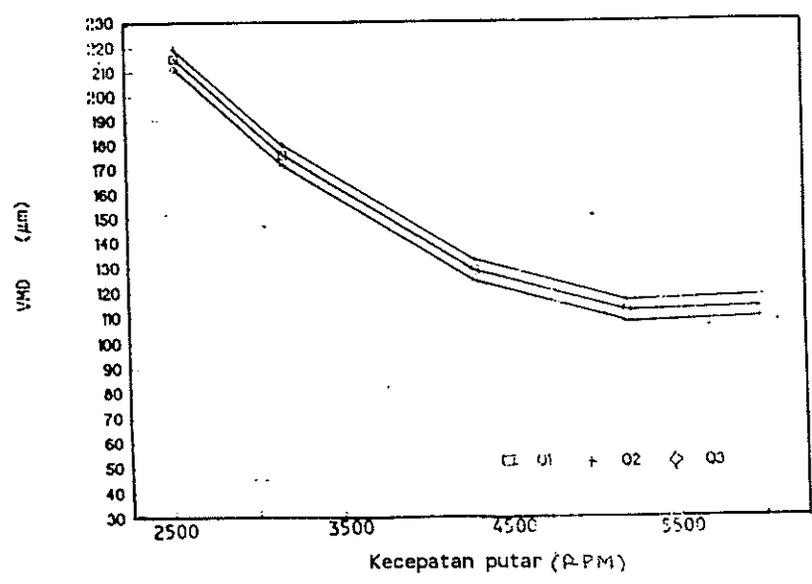
dengan : $R^2 = 85.04 \%$
 $S_{y \cdot x} = 20.54$
 Q = laju aliran semprotan
 N = kecepatan putar atomiser

Nilai koefisien determinasi (R^2) menyatakan proporsi dari keragaman nilai peubah terikat yang dapat diterangkan oleh model yang digunakan. Sedangkan nilai galat baku taksiran ($S_{y \cdot x}$) merupakan penduga bagi rata-rata jumlah kuadrat gabungan dari jumlah kuadrat galat dan simpangan. Jika persamaan regresi tersebut dianalisa menggunakan analisa dimensi maka tidak akan diperoleh suatu kesamaan dimensi. Hal ini tidak menjadi soal karena persamaan regresi yang diperoleh tersebut hanyalah merupakan persamaan prediksi untuk mendapatkan nilai VMD semprotan pada laju aliran semprotan dan kecepatan putar atomiser tertentu. Namun demikian persamaan tersebut tidaklah dapat digunakan di sembarang nilai laju aliran semprotan dan kecepatan putar atomiser karena persamaan regresi itu sendiri disusun atas dasar selang nilai yang terbatas. Jadi persamaan tersebut hanya sah untuk menaksir nilai VMD semprotan pada selang laju aliran semprotan sekitar 30-75 ml/menit dan kecepatan putar atomiser sekitar 2500-6500 rpm.

Pola kecenderungan pengaruh kecepatan putar terhadap VMD semprotan hasil analisa regresi digambarkan



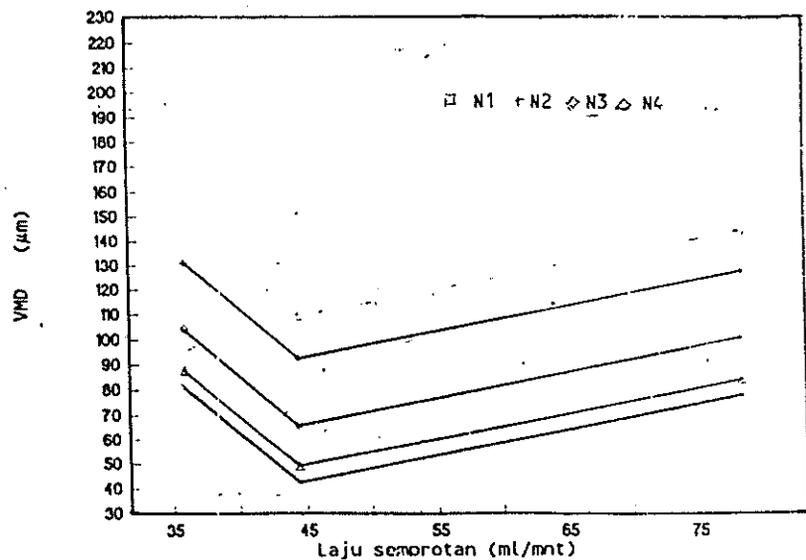
Gambar 19. Hubungan kecepatan putar - VMD semprotan pada piringan terbuka



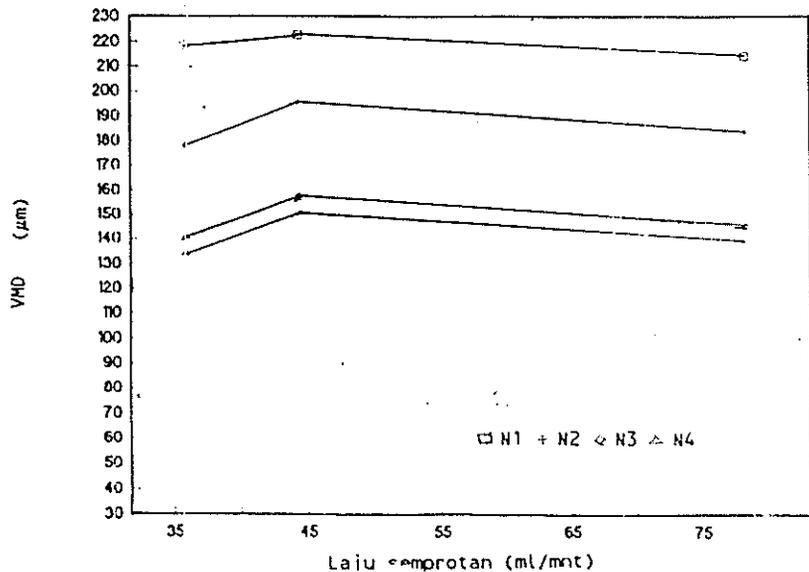
Gambar 20. Hubungan kecepatan putar atomiser dan VMD semprotan pada piringan tertutup

dengan grafik pada Gambar 19. dan 20. Pada gambar tersebut dapat dilihat terjadinya penurunan VMD butiran dengan peningkatan RPM. Dalam hal ini tingkat penurunan VMD makin mengecil dengan bertambah tingginya kecepatan putar atomiser. Pengaruh dari perbedaan disain piringan yang digunakan nampak pada perbedaan VMD semprotan pada tingkat laju aliran semprotan dan kecepatan putar atomiser yang sama. Pada tingkat kecepatan putar atomiser dan laju aliran semprotan yang sama penyemprotan menggunakan piringan terbuka menghasilkan butiran dengan VMD semprotan yang lebih kecil dibanding jika menggunakan piringan tertutup.

Pada Gambar 21. dan 22. diperlihatkan pola hubungan antara VMD semprotan dengan laju aliran



Gambar 21. Hubungan laju aliran semprotan - VMD semprotan pada piringan terbuka



Gambar 22. Hubungan laju aliran semprotan - VMD semprotan pada piringan tertutup

semprotan (Q) yang digambarkan dari persamaan regresi yang diperoleh. Pada piringan terbuka VMD semprotan mengalami penurunan dengan perubahan laju aliran semprotan dari Q_1 - Q_2 . Penambahan laju aliran semprotan selanjutnya (Q_2 - Q_3) justru memperbesar VMD semprotan. Berbeda dengan piringan terbuka pada piringan tertutup terjadi sebaliknya. Peningkatan laju aliran semprotan menyebabkan kenaikan VMD semprotan antara laju aliran semprotan Q_1 - Q_2 , kemudian menurunkan VMD semprotan pada antara laju aliran semprotan Q_2 - Q_3 . Kondisi seperti ini dimungkinkan karena perbedaan desain dari piringan yang digunakan.

2. Analisis Regresi Tingkat Keseragaman Semprotan

Sebagaimana terhadap VMD semprotan, hubungan antara laju aliran semprotan dan kecepatan putar atomiser dengan tingkat keseragaman dianalisa menggunakan regresi berganda. Hasil analisa regresi diperoleh persamaan matematik sebagai berikut :

$$\text{VMD/NMD} = -24.3516 + 1.8468 Q - 0.0351 Q^2 + 0.0002 Q^3 - 1.9563 M + 0.2284 M^2 - 0.0047 M^3 \dots\dots\dots (6)$$

dengan $R^2 = 56.62 \%$
 $S_{y.x} = 0.4210$
 $M^{y.x} = \text{kecepatan putar atomiser}/1000$
 $Q = \text{laju aliran semprotan}$

$$\text{VMD/NMD} = 52.6251 - 3.7199 Q + 0.0736 Q^2 - 0.0004 Q^3 + 6.9646 M - 1.5989 M^2 + 0.1189 M^3 \dots\dots\dots (7)$$

dengan $R^2 = 73.51 \%$
 $S_{y.x} = 0.4251$
 $M^{y.x} = \text{kecepatan putar atomiser}/1000$
 $Q = \text{laju aliran semprotan}$

E. SEMPROTAN OPTIMUM

Semprotan yang optimum adalah semprotan dengan volume dan dosis minimum dengan pengendalian yang efektif. Beberapa pertimbangan untuk upaya tersebut harus dilakukan. Diantaranya adalah ketepatan ukuran, keseragaman butiran, dan pencakupan semprotan (Matthews, 1979).

Untuk ketepatan ukuran butiran dapat digunakan patokan seperti yang dikeluarkan oleh Wanner (1984) (Tabel 8.).

Tabel 8. VMD semprotan dan teknik aplikasi

VMD semprotan	Aplikasi
400 - 600 μm VMD	LV Herbisida
200 - 400 μm VMD	LV Insektisida/Fungisida
200 - 300 μm VMD	CDA Herbisida
50 - 150 μm VMD	ULV Insektisida
30 - 50 μm VMD	Vector Control

Wanner (1984)

Penyemprotan yang optimum dapat diperoleh dengan memilih kombinasi antara laju aliran dan kecepatan putar atomiser yang dapat menghasilkan semprotan dengan VMD semprotan sesuai yang dikehendaki serta dengan nilai perbandingan $\text{VMD}/\text{NMD} \approx 1$. Untuk memilih kombinasi laju aliran dan kecepatan putar atomiser dapat digunakan persamaan regresi yang telah diperoleh. Akan tetapi tentu saja persamaan ini hanya berlaku untuk selang nilai laju aliran 30-75 ml/menit dan kecepatan putar 2500-6500 rpm. Beberapa kombinasi yang dihasilkan dari penaksiran dengan menggunakan persamaan regresi ditunjukkan pada Tabel 9.

Pada kenyataannya banyak pertimbangan lain yang harus diperhatikan untuk mendapatkan suatu semprotan yang benar-benar efektif dan ekonomis. Kondisi lingkungan seperti kelembaban udara, suhu udara, dan kecepatan angin merupakan faktor-faktor yang harus diperhatikan jika hendak melakukan penyemprotan. Pengabaian terhadap faktor-faktor lingkungan dapat berakibat tidak bergunanya

Tabel 9. Taksiran kombinasi optimum dari regresi

Laju aliran	Kec. putar	VMD	VMD/NMD	Aplikasi
75	2500	327	1.57	Insektisida, LV Fungisida, LV
75	3000	282	1.88	Herbisida, CDA Insektisida, LV Fungisida, LV
70	2500	344	1.79	Insektisida, LV Fungisida, LV
60	2500	263	1.74	Herbisida, CDA Insektisida, LV Fungisida, LV
55	2500	195	1.58	Herbisida, CDA
50	3000	86	1.72	Insektisida, ULV
45	2500	86	1.25	Insektisida, ULV
40	2500	75	1.19	Insektisida, ULV
35	2500	115	1.27	Insektisida, ULV
35	3000	70	1.58	Insektisida, ULV
30	2500	222	1.54	Herbisida, CDA Insektisida, LV Fungisida, LV
30	3000	177	1.85	Insektisida, LV

penyemprotan atau bahkan merugikan karena meracuni lokasi lain yang bukan sasaran akibat oleh pelayangan.

Dalam penyemprotan, khususnya dengan VMD semprotan kecil, fenomena pelayangan menjadi masalah yang penting karena butiran kecil mempunyai resiko pelayangan yang lebih tinggi. Sedangkan pelayangan itu sendiri terjadi karena energi yang dimiliki oleh butiran yang bergerak dengan kecepatan tertentu tidak cukup besar untuk mengatasi energi yang dikandung oleh udara yang bergerak dengan suatu kecepatan tertentu pula.

Sementara itu pada atomiser piringan berputar pemecahan cairan menjadi butiran terjadi karena gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh putaran atomiser. Besarnya gaya sentrifugal yang dibentuk oleh piringan setara dengan massa dan percepatan sentripetal (sentrifugal). Secara matematik dapat dinyatakan :

$$F_c = m a_c,$$

sedangkan $a_c = v^2/r$, sehingga

$$F_c = m v^2/r \dots\dots\dots (8)$$

Dengan melihat persamaan 8 dapat dikatakan bahwa salah satu cara untuk memperkecil pelayangan yang terjadi adalah dengan memperbesar kecepatan partikel (butir semprotan). Ini dapat dicapai dengan menambah kecepatan anguler dari atomiser. Selain itu agar percepatan yang terjadi pada butir semprotan lebih besar maka sebaiknya digunakan piringan atomiser dengan ukuran yang lebih kecil. Dari segi atomiser ini, untuk mendapatkan semprotan yang baik lebih disarankan menggunakan piringan terbuka. Piringan terbuka sebagai atomiser menunjukkan karakteristik yang lebih baik dibanding piringan tertutup. Kelebihan yang dimilikinya antara lain adalah kemampuannya menghasilkan semprotan dengan semprotan yang lebih halus dan lebih homogen (seragam).



V KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Butir semprotan yang dihasilkan dengan piringan terbuka (D1) berbeda sangat nyata dibanding piringan tertutup (D2). VMD butiran yang dihasilkan oleh piringan terbuka mempunyai ukuran yang lebih kecil dibanding dengan piringan tertutup pada perlakuan yang sama.

Pada perlakuan kecepatan putar atomiser, VMD semprotan yang dihasilkan pada masing-masing jenis piringan berbeda nyata dengan selang kepercayaan 95 %. Sedangkan perlakuan laju aliran tidak menghasilkan perubahan VMD yang berbeda nyata.

Pola hubungan VMD semprotan dengan kecepatan putar atomiser hasil analisa regresi menunjukkan korelasi negatif dengan tingkat pengaruh yang makin kecil. Pola hubungan VMD semprotan dengan laju aliran mempunyai korelasi berubah. Pada piringan terbuka korelasi diawali dengan nilai korelasi negatif, sedangkan pada piringan tertutup diawali dengan nilai korelasi positif.

Tingkat keseragaman butiran semprotan dipengaruhi oleh variasi kombinasi yang diterapkan. Semprotan dengan piringan terbuka mempunyai tingkat keseragaman yang lebih baik pada pengamatan yang dilakukan dibanding piringan tertutup.

Untuk mendapatkan semprotan yang baik sebaiknya digunakan piringan terbuka dengan nilai kombinasi laju aliran dan kecepatan putar seperti pada Tabel 9. Piringan atomiser sebaiknya berdiameter kecil dan pada penggunaannya sebaiknya pada putaran yang tinggi.

B. SARAN

Pada piringan dengan disain yang berbeda akan mempunyai karakteristik yang berbeda pula dengan pola hubungan yang kemungkinan besar serupa. Karena itu perlu dilakukan penelitian serupa dengan obyek yang lain yaitu *spinning disk sprayer* yang kemungkinan ada di pasaran. Dengan demikian hasil yang didapat akan lebih dapat dimanfaatkan secara langsung.

Mengingat sifat dari *spinning disk sprayer* yang baik dan sesuai dengan kebutuhan dewasa ini maka penelitian terhadap obyek ini perlu diperluas. Dalam hal ini akan lebih baik jika pengamatan dapat memberikan hasil yang memungkinkan untuk diterapkan langsung di lapangan, khususnya untuk petani. Akan tetapi yang lebih penting adalah memperkenalkan teknologi ini terlebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. The Birky 286, Ciba Geigy Agricultural Division. Basle Switzerland
- Anonim. 1985. Aplikasi Pestisida. Agrochemical Division. Sandoz Ltd. Switzerland
- Alam, M., M.D. Hussein, dan N.N.Sarker. 1990. Design and Development of A Manually Operated Spinning Disk Sprayer, Proceedings of The International Agricultural Engineering Conference and Exhibition, hal 169-176. Bangkok, 3-6 Desember 1990, Thailand
- Anwar, Arif. 1982. Kemungkinan Penggunaan Pesawat Terbang Dalam Pemberantasan Alang-alang Dengan Herbisida ROUND-UP. Monsanto Indonesia. Jakarta
- Bainer, Roy, R.A. Kepner, dan E.L. Barger. 1960. Principles of Farm Machinery. John Willey and Son, Inc. New York
- Courshe, R.J. dan M.J. Irreson. 1961. Investigation on Spray Drift, Journal of Agricultural Engineering, Vol. 6, No. 1. The British Soceciety for Research on Agricultural Engineering. England
- Couts, H.H.. 1982. The Drift of Pesticides and Herbicides. Hoechst. Germany
- Dante, E.T. dan C.P. Gupta. 1990. Deposition Studies of an Electrostatic Spinning Disc Sprayer, Proceedings of The International Agricultural Engineering Conference and Exhibition, hal 177-186. Bangkok, 3-6 Desember 1990, Thailand
- Frend, John E.. 1967. Modern Elementary Statistic, 3rd ed. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliff. New Jersey
- Gunkel, W.W. dan C.B Richey. 1961. Sprayer and Duster dalam Ridney C.B. et. al.. Agricultural Engineering Hand Book. Mc Graw Hill Book Co. New York
- Hutauruk, C.H. 1982. Aplikasi Udara Untuk Pengendalian Hama Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Marihot. Pematang Siantar
- Matthews, G.A.. 1971. Pest Control Equipment for Small Scale Farmers, proceeding of The International Conference on Small Farm Equipment for Developing Countries. dalam Small Farm Equipment For Development Countries, Imperial College. Berks, England

- Matthews, G.A.. 1979. Pest Application Methode. Longman. London
- Matthews, G.A. 1983. The Applicatin of Pesticides, dalam Nigel Scope, dan Michael Leyden. Pest and Diseseses Hand Book. British Crop Protection council. Levenham Press. Suffolk
- Mudjiarto Pratomo dan Abdul Kohar Irwanto. 1983. Alat dan Mesin Budidaya Pertanian, jilid 3. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Depdikbud. Jakarta
- Smith, H.P., dan L.H. Wilkes. 1965. Farm Machinery and Equipment. Tata Mc Graw Hill Publishing Co. New York
- Snedecor, George W., dan William G. Cocharn. 1967. Statistical Methods. Oxford and IBH Publishing Co. Calcuta
- Thompson, N. dan A.J. Ley. 1983. Estimating Spray Drift Using Random Walk Model of Evaporating Drops dalam Journal of Agricultural Engineering, Vol. 28, No. 5, hal 419-435. The British Socociety for Research on Agricultural Engineering. England
- Wanner, R. 1984. International Training Course in Ground and Aerial Application for Plant Protection and Biotechnical Product, vol. 2. Agricultural Division Projects and Aplication Services, Ciba Geigy Ltd. Les Barges, Switzerland
- Walpole, R. E. 1987. Pengantar Statistika. Gramedia, Pustaka Utama. Jakarta

Lampiran 1. Data perlakuan penyemprotan dengan piringan terbuka

	Penyemprotan menggunakan piringan terbuka											
	Q1N1	Q1N2	Q1N3	Q1N4	Q2N1	Q2N2	Q2N3	Q2N4	Q3N1	Q3N2	Q3N3	Q3N4
LAJU ALIRAN (ml/mnt) (Q)	35.93	36.47	35.29	36.58	54.79	52.63	50.00	53.30	77.67	80.00	79.21	77.67
rata-2	36.52	35.90	35.43	36.81	54.15	52.55	50.56	52.58	78.18	78.87	78.70	78.35
RPM (N)	3187	4006	4918	6104	3071	3904	5262	6508	3062	4043	4715	6257
rata-2	3176	3954	4942	6125	3068	3903	5265	6503	3056	4043	4708	6259
SUHU BK(C)	3176	3979	4949	6122	3074	3907	5279	6501	3058	4041	4709	6261
SUHU BB(C)	3166	3954	4973	6124	3068	4071	5262	6494	3048	4041	4745	6261
R H (%)	3176	3976	4946	6119	3070	3946	5267	6502	3056	4042	4719	6260
rata-2	28.00	28.00	28.00	28.00	29.00	29.00	29.50	29.00	28.50	28.00	28.00	28.00
KEC. MAJU (m/de)t	26.50	25.00	25.00	25.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	25.50
rata-2	74.00	74.00	74.00	75.00	68.00	67.00	68.00	67.00	73.00	73.00	74.00	75.00
KEC. MAJU (m/de)t	0.83	0.72	0.84	0.75	0.86	1.16	0.97	1.02	0.94	1.19	1.02	1.12
rata-2	1.09	0.93	0.93	0.96	1.12	0.84	0.97	1.09	1.12	1.02	1.20	0.96
rata-2	0.96	0.83	0.88	0.87	0.99	1.00	0.97	1.05	1.03	1.10	1.11	1.04

Lampiran 2. Data perlakuan penyemprotan dengan piringan tertutup

	Penyemprotan dengan menggunakan piringan tertutup											
	Q1N1	Q1N2	Q1N3	Q1N4	Q2N1	Q2N2	Q2N3	Q2N4	Q3N1	Q3N2	Q3N3	Q3N4
LAJU ALIRAN (Q) (ml/mnt)	37.97	36.14	38.22	32.43	45.28	45.63	45.28	42.10	77.69	78.95	79.21	78.43
	36.58	36.81	38.46	32.97	43.64	45.28	44.61	42.10	77.69	78.43	80.00	79.21
	36.70	36.81	37.50	30.46	44.12	46.33	45.63	42.70	79.20	77.43	77.42	76.92
rata-2	37.08	36.59	38.06	31.95	44.35	45.75	45.17	42.30	78.18	78.27	78.88	78.19
RPM (N)	2548	3219	4255	5375	3225	4048	5084	5948	3087	4530	5034	6003
	2547	3203	4259	5399	3235	4048	5153	5946	3080	4532	5024	6002
	2539	3189	4230	5400	3217	4045	5157	5993	3091	4600	5032	6006
	2538	3225	4253	5408	3232	4056	5133	6008	3081	4606	5041	6013
rata-2	2543	3209	4249	5396	3227	4049	5132	5974	3085	4566	5033	6006
SUHU BK(C)	30.00	30.00	30.00	30.00	29.50	29.00	29.00	29.00	28.00	28.00	28.00	28.00
SUHU BB(C)	26.00	26.00	26.00	26.00	26.50	26.00	25.00	25.50	25.50	26.00	26.00	26.00
R H (%)	66.00	66.00	67.00	67.00	71.00	70.00	70.00	70.00	75.00	75.00	76.00	79.00
KEC. MAJU (m/det)	0.69	0.80	0.72	0.67	0.81	0.73	0.85	1.03	1.00	1.26	1.14	1.03
	0.65	0.86	0.89	0.79	0.97	1.03	0.93	0.97	1.05	0.93	1.00	0.93
rata-2	0.67	0.83	0.81	0.73	0.89	0.88	0.89	0.98	1.02	1.09	1.07	0.98

Lampiran 3. Frekuensi data pengamatan pada penyemprotan dengan piringan terbuka

Ukuran kelas max (D)	Jumlah butiran pada sampel per 1 cm ²																											
	Q1N1		Q1N2		Q1N3		Q1N4		Q2N1		Q2N2		Q2N3		Q2N4		Q3N1		Q3N2		Q3N3		Q3N4					
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2				
50	0	0	0	0	4	2	0	2	0	4	6	0	6	0	16	6	0	0	0	2	6	0	4	6				
100	0	2	8	0	14	22	0	6	30	16	68	36	164	196	164	196	8	4	124	158	102	102	84	76				
150	4	0	6	2	12	26	16	20	2	66	72	164	116	152	114	114	30	36	74	100	128	104	78	56				
200	0	2	2	8	10	14	2	4	6	78	54	56	42	38	18	18	26	24	62	62	132	180	60	106				
250	0	2	2	0	6	0	2	10	12	10	18	12	14	20	12	12	8	12	2	16	18	20	12	14				
300	0	2	0	0	4	24	2	4	4	2	2	4	6	8	4	4	6	6	4	4	10	4	20	8				
350	0	0	0	2	0	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	10	2	2	4	0	2	2	2				
400	2	4	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2	0	0	0				
450	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0				
500	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	6	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0				
550	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
600	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0				
650	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
850	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
N	10	14	20	12	50	90	48	38	56	38	208	172	310	216	398	350	94	84	272	348	398	412	260	268				



Lampiran 4. Frekuensi data pengamatan pada penyemprotan dengan piringan tertutup

Ukuran kelas max (D)	Jumlah butiran per 1 cm ²																							
	Q1N1		Q1N2		Q1N3		Q1N4		Q2N1		Q2N2		Q2N3		Q2N4		Q3N1		Q3N2		Q3N3		Q3N4	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
50	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	6	6	0	16	6	0	0	0	2	6	0	4	6	
100	6	0	10	16	8	36	48	6	6	30	16	68	36	164	196	8	4	124	158	102	102	84	76	
150	14	6	4	4	4	16	10	20	2	66	72	164	116	152	114	30	36	74	100	128	104	78	56	
200	4	0	0	2	6	0	8	4	6	78	54	56	42	38	18	26	24	62	62	132	180	60	106	
250	0	2	0	0	2	0	10	6	12	10	18	12	14	20	12	8	12	2	16	18	20	12	16	
300	0	0	0	0	0	0	24	10	4	4	2	4	6	8	4	6	6	4	4	10	4	20	4	
350	0	0	2	0	0	2	4	8	2	2	0	2	0	0	0	10	2	2	4	0	2	2	8	
400	0	0	0	0	4	8	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2	0	2	2	
450	0	0	2	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
500	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
550	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
600	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
650	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
700	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
850	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N	26	14	8	18	28	28	92	100	56	38	208	172	310	216	398	350	94	84	272	348	398	412	260	268

Lampiran 5. Ukuran butiran hasil perhitungan untuk piringan terbuka (D1)

Ukuran butiran untuk piringan terbuka (D1)									
	Q (ml/mnt)	RPM	VMD-1 (μm)	VMD-2 (μm)	NMD-1 (μm)	NMD-2 (μm)	VMD rata	NMD rata	VMD/ NMD
Q1N1	36.52	3176	142.08	190.27	134.37	108.69	116.18	121.54	0.96
Q1N2	35.90	3976	85.99	88.89	61.19	52.71	87.44	46.85	1.87
Q1N3	35.43	4946	84.09	85.56	44.01	49.67	84.83	46.84	1.81
Q1N4	36.81	6119	86.38	90.19	44.57	27.53	88.29	36.06	2.45
Q2N1	54.15	3070	169.39	168.99	61.75	94.45	169.19	78.10	2.17
Q2N2	52.55	3946	196.90	84.44	62.96	59.14	140.67	61.05	2.30
Q2N3	50.56	5267	67.31	77.53	49.86	52.84	72.42	51.35	1.41
Q2N4	52.58	6502	72.63	60.65	41.19	34.81	66.64	38.00	1.75
Q3N1	78.18	3056	147.61	94.43	69.88	63.71	121.02	66.80	1.81
Q3N2	78.87	4042	78.12	80.07	42.06	41.54	79.09	41.80	1.89
Q3N3	78.7	4719	76.34	74.68	54.96	61.75	75.51	58.35	1.29
Q3N4	78.35	6260	90.37	78.02	50.90	60.07	84.19	55.49	1.52

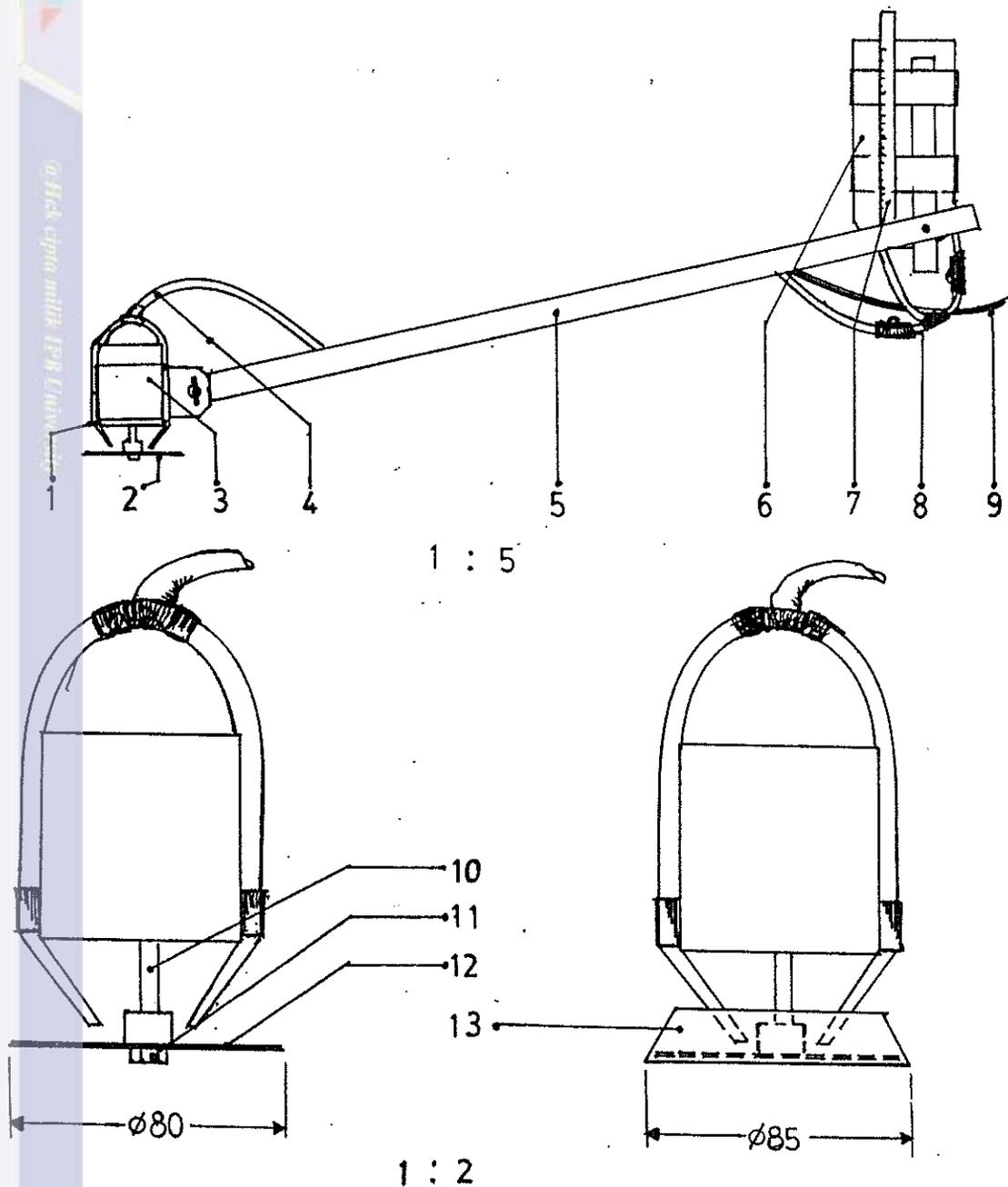
Lampiran 6. Ukuran butiran hasil perhitungan untuk piringan tertutup (D2)

	Ukuran butiran untuk piringan tertutup (D2)								
	Q (ml/mnt)	RPM	VMD-1 (μm)	VMD-2 (μm)	NMD-1 (μm)	NMD-2 (μm)	VMD rata rata	NMD rata rata	VMD/ NMD
Q1N1	37.08	2543	252.20	171.64	163.00	119.50	211.92	141.25	1.50
Q1N2	36.59	3209	179.79	133.30	46.08	73.50	156.55	59.79	2.62
Q1N3	38.06	4249	95.43	117.63	51.96	57.23	106.53	54.59	1.95
Q1N4	31.95	5396	236.39	102.11	41.19	50.00	169.25	45.59	3.71
Q2N1	44.35	3227	169.39	168.99	61.75	94.45	169.19	78.10	2.17
Q2N2	45.75	4049	196.90	84.44	62.96	59.14	140.67	61.05	2.30
Q2N3	45.17	5132	140.83	136.28	60.68	60.77	138.56	60.73	2.28
Q2N4	42.3	5974	119.48	118.54	47.65	48.04	119.01	47.85	2.49
Q3N1	78.18	3085	163.40	240.71	85.25	70.56	202.05	77.91	2.59
Q3N2	78.27	4566	116.65	103.68	72.19	46.48	110.16	59.33	1.86
Q3N3	78.88	5033	108.32	111.75	48.32	60.41	110.04	54.36	2.02
Q3N4	78.19	6006	75.07	100.53	42.73	49.29	87.80	46.01	1.91

Lampiran 7. Tabel contoh perhitungan VMD untuk semprotan dengan piringan terbuka

Ukuran max kelas(D) (1)	Ukuran nyata (d) (2)	Ukuran tengah (dm) (3)	q1N1 (4)	q1N1 (5)	Juml. kumul. (6)		% jum. kumul. (8)		Volume droplet (10)		Volume kumul. (12)		% Volume kumulatif (14)		VMD (16)		NMD (18)	
					u1	u2	u1	u2	u1	u2	u1	u2	u1	u2	u1	u2	u1	u2
50	21.74	10.87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	43.48	32.61	0	2	0	2	0	14.28	0	36310	0	36310	0	0.15	0	0.15	0	0
150	65.22	54.35	4	0	4	2	40	14.28	336205	0	336205	0	36310	0.79	0.15	0	0	0
200	86.96	76.09	0	2	4	4	40	28.57	0	461274	336205	497584	0.79	2.01	0	0	0	0
250	108.70	97.83	0	2	4	6	40	42.86	0	980376	336205	1477960	0.79	5.96	0	0	0	108.69
300	130.43	119.57	0	2	4	8	40	57.14	0	1789959	336205	3267919	0.79	13.18	0	0	0	0
350	152.17	141.30	0	0	4	8	40	57.14	4538777	9077555	4874983	12345475	0.79	13.18	0	0	0	152.17
400	173.91	163.04	2	4	6	12	60	85.71	0	4874983	4874983	12345475	11.54	49.78	0	0	0	0
450	195.65	184.78	0	0	6	12	60	85.71	0	4874983	12345475	12345475	11.54	49.78	0	0	0	0
500	217.39	206.52	0	0	6	12	60	85.71	0	0	4874983	12345475	11.54	49.78	0	0	0	0
550	239.13	228.26	0	2	6	14	60	100	0	12454406	4874983	24799881	11.54	100	249.85	0	0	206.62
600	260.87	250.00	2	0	8	14	80	100	16362461	0	21237445	24799881	50.26	100	0	0	0	0
650	282.61	271.74	2	0	10	14	100	100	21012859	0	42250304	24799881	100	100	0	0	0	0
700	304.35	293.48	0	0	10	14	100	100	0	0	42250304	24799881	100	100	0	0	0	0
750	326.09	315.22	0	0	10	14	100	100	0	0	42250304	24799881	100	100	0	0	0	0
800	347.83	336.96	0	0	10	14	100	100	0	0	42250304	24799881	100	100	0	0	0	0
850	369.57	358.70	0	0	10	14	100	100	0	0	42250304	24799881	100	100	0	0	0	0
900	391.30	380.43	0	0	10	14	100	100	0	0	42250304	24799881	100	100	0	0	0	0
950	413.04	402.17	0	0	10	14	100	100	0	0	42250304	24799881	100	100	0	0	0	0
1000	434.78	423.91	0	0	10	14	100	100	0	0	42250304	24799881	100	100	0	0	0	0

Lampiran 8. Disain dan konstruksi unit atomizer



1. nosel pengumpan	7. pipa berskala	13. piringan tertu tup.
2. piringan atomizer	8. katup pengatur	
3. motor listrik	9. kabel	
4. pipa plastik	10. as motor	
5. balang rangka	11. baut pengencang	
6. tempat cairan.	12. piringan terbuka	

Lampiran 9. Tabel analisa sidik ragam VMD semprotan

Sumber	DB	JK	JKR	F hit.	F.05	F.01
Rata-rata	1	7196.25	7196.25	* 5.50*	4.28	7.88
Perlakuan	1	86472.31	3759.67	2.88**	2.01	2.07
A	1	19702.06	19702.06	15.06**	4.28	7.88
B	2	6589.50	3294.75	2.52	3.42	5.66
C	3	38904.75	12968.25	9.92**	3.03	4.76
AB	2	4209.94	2104.97	1.61	3.42	5.66
AC	3	2054.25	684.75	0.52	3.03	4.76
BC	6	5110.00	851.67	0.65	2.53	3.71
ABC	6	9901.81	1650.30	1.26	2.53	3.71
GALAT	23	30081.44	1307.89			
TOTAL	47	123750.00	2632.98			

*) beda nyata

**) beda sangat nyata

Lampiran 10. Tabel analisa sidik ragam untuk keseragaman butiran

Sumber	DB	JK	JKR	F hit.	F.05	F.01
Perlakuan	1	16.928	0.736	1.133	1.98	2.66
A	1	3.950	3.950	6.082*	4.26	7.28
B	2	0.668	0.334	0.514	3.40	5.61
C	3	2.259	0.753	1.159	3.01	4.71
AB	2	0.376	0.188	0.289	3.40	5.61
AC	3	0.225	0.075	0.115	3.01	4.71
BC	6	7.592	1.265	1.948	2.51	3.67
ABC	6	1.858	0.310	0.477	2.51	3.67
GALAT	23	15.588	0.650			
TOTAL	47	32.516	0.692			

Lampiran 11. Tabel analisa sidik ragam VMD untuk piringan terbuka

Sumber	DB	JK	JKR	F hit.	F.05	F.01
Perlakuan	11	21624.797	1965.891	2.538	2.75	4.30
A	2	2239.172	1119.586	1.445	3.89	6.93
B	3	13029.766	4343.255	5.607*	3.49	5.95
AB	6	6355.859	1059.310	1.367	3.00	4.82
GALAT	12	9295.625	774.635			
TOTAL	23	30920.422	1344.366			

Lampiran 12. Tabel analisa sidik ragam VMD untuk piringan tertutup

Sumber	DB	JK	JKR	F hit.	F.05	F.01
Perlakuan	11	45145.375	4104.125	1.760	2.75	4.30
A	2	8560.250	4280.125	1.836	3.89	6.93
B	3	27929.250	9309.750	3.992*	3.49	5.95
AB	6	8655.875	1442.646	0.619	3.00	4.82
GALAT	12	27982.156	2331.846			
TOTAL	23	73127.531	3179.458			

Lampiran 13. Tabel analisa sidik ragam VMD/NMD piringan terbuka

Sumber	DB	JK	JKR	F hit.	F.05	F.01
Perlakuan	11	4.722	0.429	1.601	2.75	4.30
A	2	0.358	0.179	1.836	3.89	6.93
B	3	0.819	0.273	3.992*	3.49	5.95
AB	6	3.546	0.591	0.619	3.00	4.82
GALAT	12	3.217	0.268			
TOTAL	23	7.940	0.345			

Lampiran 14. Tabel analisa sidik ragam VMD/NMD piringan tertutup

Sumber	DB	JK	JKR	F hit.	F.05	F.01
Perlakuan	11	8.255	0.750	0.728	2.75	4.30
A	2	0.686	0.343	0.332	3.89	6.93
B	3	1.665	0.555	0.538	3.49	5.95
AB	6	5.904	0.984	0.955	3.00	4.82
GALAT	12	12.371	1.031			
TOTAL	23	20.626	0.897			

Lampiran 15. Ukuran butiran pada *spinning cup* 'Mini Ulva' dengan minyak HLP 40 volatilitas rendah

Kecepatan putaran (rpm)	Flow rate (ml/min)		VMD	NMD	Ratio $\frac{VMD}{NMD}$
9000	4.0		71	36	2.0
100	50.0		6.7	14.0	1.8
200	200.0		81.7	56.0	21.0

(G. A. Matthews, 1979).

Lampiran 16. Ukuran butiran pada spinning disc menggunakan air dengan surfactan (0.1% v/v) pada Q 36 ml/mnt

RPM	diameter butiran (μm)
1200	375
1400	315
1600	270
1800	240
2000	215
2200	190
2400	165
2600	150
2800	140
3000	135
3200	135

(Taylor dkk. 1976 dalam G. A. Matthews, 1979).