

## KALIBRASI DAN EVALUASI KINERJA *RAINFALL SIMULATOR*

### *The Calibration and Performance Evaluation of Rainfall Simulator*

Bambang Rahadi<sup>1</sup>, Soemarno<sup>2</sup>, Aniek Masrevanah<sup>2</sup>, Sugeng Priyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertanian–Fakultas Teknologi Pertanian–Universitas Brawijaya

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sumberdaya Air–Fakultas Pertanian– Universitas Brawijaya  
Jl. Veteran – Malang

#### **ABSTRACT**

*Rainfall simulator is important for studying hydrology and erosion in laboratory. The most important parameter for studying the performance of rainfall simulator is rain intensity, drop size distribution, drop mass, drop impact velocity, and kinetic energy. They are evaluated by uniformity coefficient (UC) and distribution uniformity (DU).*

*This research was aimed to study the functional performance of rainfall simulator including determination of the correlation between pressure with rainfall parameters (rain intensity, drop size distribution, and kinetic energy) and rainfall simulator performance evaluation based on uniformity coefficient and distribution uniformity. The data was analyzed by using linear regression and evaluated by uniformity coefficient and distribution uniformity.*

*The result showed that pressure had linear relationship with rain intensity, diameter drop distribution, drop impact velocity, dropped mass, and kinetic energy. The coefficient uniformity (CU) of the pressure 2.5 psi-6.5 psi more than 80% and the distribution uniformity (DU) more than 70%. The rainfall simulator had better performance at the pressure of 2.5 psi than 6.5 psi.*

*Keywords: rainfall, simulator, performance*

#### **PENDAHULUAN**

Simulasi hujan adalah menerapkan hujan tiruan yang diinginkan untuk penelitian antara lain: penelitian Erosi, infiltrasi, intersepsi. *Rainfall simulator* dapat mengendalikan hujan seperti yang diinginkan (Thomas *et. al.*, 1991). *Rainfall simulator* adalah alat yang dapat dipergunakan untuk mempelajari parameter hidrologi seperti infiltrasi dan *runoff* dibawah pemakaian hujan yang terkontrol (Fasier, 1977). *Rainfall simulator* dapat digunakan untuk penelitian yang berkaitan dengan gejala alam secara *repeatability* (Meyer and Cune, 1958), seperti penelitian gejala alam yang berkaitan dengan hujan antara lain erosi, infiltrasi dan aliran permukaan.

Disain *rainfall simulator* meliputi beberapa kriteria yaitu: karakteristik hujan, kemudahan untuk dibawa dan

digunakan dan (Meyer dan Hormon, 1979) parameter penting hujan adalah ukuran tetesan dan distribusi intensitas hujan. Peralatan utama *Rainfall Simulator* adalah pengatur besar kecilnya curahan air, pengukur volume air atau hujan, alat penampung, pencurah (nozel). Dengan prinsip kerja hujan yang disimulasikan dengan memancarkan air melalui nozel yang didisain untuk menghasilkan tetesan hujan hujan alami. Blanquies *et al.* (2007), menyatakan bahwa keseragaman intensitas hujan diatas 70%, diameter hujan mendekati di lapang yaitu sebesar 1 mm sampai dengan 7 mm, artinya *rainfall simulator* bekerja dengan baik.

Curah hujan atau secara umum presipitasi adalah peristiwa jatuhnya cairan dari atmosfer ke permukaan bumi. Curah hujan adalah merupakan faktor kontrol yang mudah diamati dalam siklus hidrologi pada suatu daerah aliran sungai

(DAS). Presipitasi dapat berbentuk cair atau beku. Curah hujan adalah istilah yang dipergunakan di Indonesia untuk presipitasi yang berbentuk cair sedangkan presipitasi yang berbentuk beku tidak pernah terjadi atau jarang terjadi di Indonesia.

Intensitas hujan adalah besarnya curah hujan rata-rata yang terjadi disuatu daerah dalam satuan tertentu sesuai dengan waktu konsentrasi periode ulang. Derajat curah hujan dinyatakan oleh jumlah hujan per satuan waktu. Curah hujan yang dimaksud adalah jumlah hujan yang jatuh dipermukaan tanah yang diukur dalam satuan tebal hujan dalam satuan mm (R). Secara ringkas intensitas curah hujan dapat diungkapkan dalam persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{R}{t}$$

Keterangan:

- I : Intensitas hujan (mm/jam)
- R : Curah hujan tertampung (mm)
- t : lama penampungan (jam)

Diameter tetesan (Dm) adalah nilai ukuran butiran hujan yang diasumsikan dalam bentuk bola. Berdasarkan besarnya diameter butiran dapat dihitung setelah diketahui intensitas hujan dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut:

$$Dm = 2,23(I)^{0,182}$$

Keterangan:

- I : Intensitas hujan (mm/jam)
- Dm : Diameter tetesan (mm)

Massa hujan adalah masa tetesan hujan yang berkaitan langsung dengan tetesan hujan dan densitas air. Bentuk tetesan dianggap bentuk bola sehingga perhitungan bentuk tetesan dengan mempergunakan nilai diameter dari hasil perhitungan dan mempergunakan densitas  $1,1 \times 10^6 \text{ kg/mm}^3$ .

Kecepatan jatuh butiran yaitu kecepatan jatuhnya hujan merupakan kecepatan akhir dari jatuhnya hujan ke tanah. Moore *et al.* (1983) menyatakan bahwa kecepatan terminal untuk tetesan

air dari 19  $\mu\text{m}$  sampai 7 mm ekuivalen dengan diameter. Kecepatan jatuh dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_d = 0,0561D^3 - 0,912D^2 + 5,03D - 0,254$$

Keterangan:

- V : Kecepatan (m/dt)
- D : Diameter (mm)

Energi Kinetik Hujan ( $E_k$ ) adalah energi hujan yang jatuh sampai permukaan tanah mempunyai energi yang disebut dengan energi kinetik. Menurut Chow (1988) bahwa hujan yang jatuh dari ketinggian 2,5 m dan 3 m tidak menunjukkan perubahan bentuk hujan. Besarnya energi kinetik, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_k = 0,119 + 0,0873 \text{Log} I$$

Keterangan:

- $E_k$  : energi kinetik (MJ/ha.mm)
- I : Intensitas hujan (mm/jam)

Ukuran butir hujan juga dipakai untuk menentukan ukuran tingkat hujan. Butir hujan  $>0,5$  mm disebut hujan dan diameter  $\leq 0,5$  disebut gerimis. Penggolongan hujan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penggolongan hujan

Tingkat Hujan	I (mm/jam)	Dm (mm)	M (kg)	V (m/dt)
Gerimis	< 1	0,15	$2,4 \cdot 10^{-12}$	0,5
Halus	1-5	0,50	$6,5 \cdot 10^{-11}$	2,1
Normal	5-20	1,00	$5,2 \cdot 10^{-10}$	4,0
Deras	10-20	2,00	$4,2 \cdot 10^{-8}$	6,5
Sangat Deras	>20	3,00	$1,4 \cdot 10^{-8}$	8,1

Keterangan:

- I : Intensitas hujan (mm/jam)
- Dm : Diameter (mm)
- M : Massa (kg)
- V : Kecepatan jatuh (m/dt)

Keseragaman distribusi (%) yaitu rerata volume tampungan dari seperempat nilai terendah dibagi dengan rerata volume

air yang ditampung seperti persamaan sebagai berikut:

$$DU = \frac{\text{rerata } \frac{1}{4} \text{ nilai terendah tampungan}}{\text{rerata volume tampungan}} \times 100\%$$

Koefisien keragaman Christiansen' s (Meriam, 1980) merupakan salah satu nilai yang menunjukkan tingkat keseragaman seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$UC = \frac{\text{rerata vol tampungan} - \text{rerata deviasi}}{\text{rerata volume tampungan}} \times 100\%$$

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kinerja fungsional dari *rainfall simulator* meliputi:

1. Menentukan hubungan tekanan terhadap parameter hujan (intensitas hujan, diameter tetesan dan energi kinetis).
2. Evaluasi kinerja *rainfall simulator* dengan parameter koefisien keseragaman (CU) dan keseragaman distribusi (DU).

### BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya dan pengukuran hujan lapang di Sub DAS Sayang sebagai kontrol. Waktu penelitian: pengamatan hujan lapang dilakukan pada Bulan Februari sampai Maret 2008 dan pengujian di laboratorium dilakukan pada Bulan Maret sampai dengan Mei 2008.

Unit yang digunakan adalah *rainfall simulator* dengan elemen satu buah unit pompa, lima buah nosel keluaran dengan diameter 1 mm, manometer untuk mengukur tekanan, pengatur putaran (rpm) dan landasan.

Pengujian *rainfall simulator* dilakukan selama 120 menit untuk menguji perilaku *rainfall simulator* terhadap parameter hujan dan dianalisis dengan regresi sederhana. Untuk mengatur kerja adalah tekanan maka dikaji *rainfall simulator* hubungan tekanan dengan parameter hujan pada tekanan 2,5 psi, 3 psi, 3,5 psi, 4 psi, 4,5 psi, 5 psi, 5,5 psi,

6,0 psi dan 6,5 psi. Parameter hujan yaitu intensitas hujan, diameter tetesan, massa hujan, kecepatan hujan dan energi kinetik (Blanquis *et al.*, 2008) yang merupakan parameter penting pada *rainfall simulator*. Merriam (1980) menyatakan keseragaman distribusi dan koefisien keragaman penting untuk evaluasi kinerja *rainfall simulator*, irigasi curah dan irigasi tetes. Persamaan regresi sederhana yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y = aX + b$$

$$a = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Keadaan Hujan di Lapangan

Keadaan hujan yang dianalisis adalah hujan yang terjadi di Sub Sayang. Data hujan yang dikumpulkan pada penakar hujan di Sub Das Sayang selama 15 hari kejadian hujan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Intensitas hujan 16 Januari 2008 s/d 21 Maret 2008

No	Tanggal	Intensitas Hujan (mm/jam)	Lama Hujan (menit)	Kelas Hujan WMO
1	16-1-2008	5,18	25	R
2	25-1-2008	22,21	35	SL
3	26-1-2008	15,75	30	L
4	28-1-2008	17,61	45	L
5	29-1-2008	15,24	30	L
6	30-1-2008	10,97	25	L
7	1-2-2008	13,93	35	L
8	3-2-2008	20,19	40	L
9	4-2-2008	6,10	25	N
10	5-2-2008	9,14	20	N
11	6-2-2008	3,04	25	R
12	7-2-2008	11,58	25	L
13	15-3-2008	15,75	30	L
14	16-3-2008	3,35	30	R
15	18-3-2008	24,99	25	SL
16	19-3-2008	9,14	25	N
18	21-3-2008	8,59	55	N

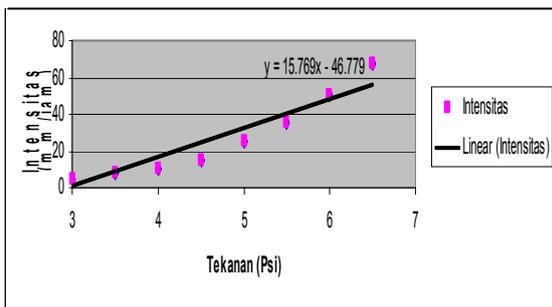
Hasil pengumpulan data lapang menunjukkan bahwa variasi intensitas hujan yang terjadi adalah 3,35 sampai dengan 22,21. Berdasarkan klasifikasi hujan menurut Standar WMO maka hujan yang terjadi di Sub DAS Sayang 11,76% hujan sangat lebat, 47,06% adalah hujan lebat, 23,53% hujan normal, dan 17,65% hujan ringan. Lama hujan yang terjadi berkisar antara 25 menit sampai dengan 40 menit, dilihat dari lama hujan menunjukkan bahwa ciri hujan yang terjadi di daerah perbukitan adalah intensitasnya berbeda beda dengan waktu relatif pendek (Hadi, 2006).

Kejadian hujan selama 17 hari hujan lebat yang terjadi mempunyai frekuensi yang tertinggi dibandingkan kejadian hujan normal, hujan sangat lebat dan hujan ringan. Demikian sebaliknya bahwa hujan sangat lebat menempati frekuensi kejadian hujan yang terendah.

**Kalibrasi Rainfall Simulator**

**Intensitas Hujan**

Intensitas hujan merupakan parameter yang penting, yang dimaksud intensitas hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu. Pada penelitian yang dilakukan adalah jumlah hujan (mm) yang terjadi per satuan waktu (jam). Hubungan tekanan dan intensitas hujan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan tekanan dengan intensitas hujan

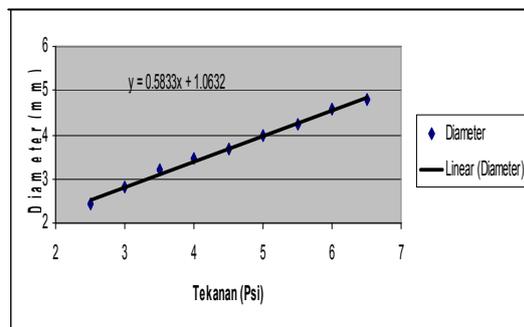
Hubungan tekanan dengan intensitas hujan mengikuti persamaan linier  $Y=15,769x - 46,779$ . Dalam penelitian ini pasangan data yang dianalisis ada 9

pasang, dengan koefisien regresi  $r=0,948$  (ditampilkan pada Lampiran 1). Hubungan tekanan dan intensitas hujan menunjukkan hubungan langsung positif baik dengan nilai  $r>0,6$  dan  $r<1$ . Selanjutnya nilai residual terstandarisasi menunjukkan nilai absolut lebih kecil 3 dan pasangan data menunjukkan adanya linieritas (ditampilkan pada Lampiran 2). Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) 0,899, hal ini menunjukkan bahwa tekanan dengan intensitas hujan mempunyai hubungan sangat erat.

Dilihat dari curah hujan yang terjadi di Sub DAS Sayang yaitu curah hujan dengan variasi intensitas hujan antara 3,0mm/jam dan 50mm maka *rainfall simulator* dapat digunakan untuk mengkaji intensitas curah hujan yang ada di Sub Das Sayang. Stone dan Paige (2005) menyatakan *rainfall simulator* yang mampu mengatur curah hujan dari ringan sampai sangat lebat maka *rainfall* tersebut mempunyai kinerja baik. Selanjutnya hubungan linier tekanan dengan intensitas hujan dapat ditemukan bahwa tekanan dapat digunakan untuk pengaturan *rainfall simulator* dalam menentukan besarnya intensitas hujan.

**Diameter Butiran Hujan**

Diameter tetesan hujan penting dan berpengaruh terhadap masa hujan dan kecepatan jatuh dan juga berpengaruh terhadap energi kinetik. Hubungan antara tekanan dengan diameter tetesan hujan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan tekanan dan diameter tetesan hujan.

Diameter minimum adalah 2,377 mm pada tekanan 2,5 psi dan 4,80 mm pada

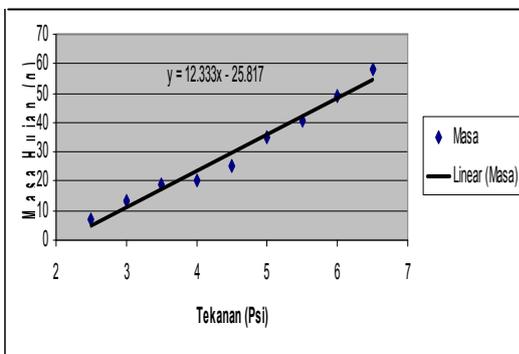
intensitas hujan 6,50 psi. Hubungan tekanan dengan diameter tetesan mengikuti persamaan linier yaitu  $Y = 5,833x + 1,0632$  dengan koefisien regresi  $r = 0,988$  (ditampilkan pada Lampiran 1). Hubungan tersebut menunjukkan bahwa tekanan dan diameter tetesan hujan mempunyai hubungan langsung positif dengan nilai  $r > 0,6$  dan  $r < 1$ . Selanjutnya bahwa keeratan hubungan antara tekanan dan diameter menunjukkan keeratan tinggi dengan nilai  $R^2 = 0,995$ .

Nilai residual terstandarisasi (ditampilkan pada Lampiran 3) menunjukkan tidak mempunyai harga yang berada pada nilai absolut 3, maka dikatakan hubungan tekanan dan diameter hujan adalah linier, demikian juga jika pasangan data menunjukkan linieritas dari hubungan tekanan dan diameter.

Diameter tetesan hujan adalah 2,377 mm dan yang tertinggi 4,802 mm, menurut Blanquis 2008 diameter tetesan hujan antara 1 mm sampai dengan 7 mm. Maka tetesan hujan yang dihasilkan simulator adalah antara 2,377–4,802 mm masih sesuai dari kejadian hujan di alam. Hubungan linieritas antara tekanan dan diameter maka dengan mengatur tekanan pada alat rainfall simulator dapat digunakan untuk mengatur diameter tetesan hujan buatan yang diinginkan.

### Masa Hujan

Hubungan tekanan dengan masa butiran hujan mengikuti persamaan  $Y = 12,333x + 25,817$  ditunjukkan pada Gambar 3.



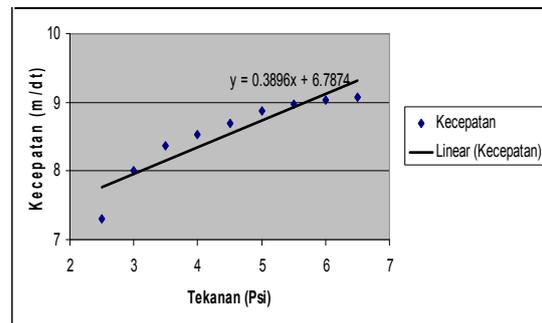
Gambar 3. Hubungan tekanan dengan masa hujan

Hubungan tekanan dengan masa hujan adalah linier dengan koefisien regresi  $r = 0,995$  (ditampilkan pada Lampiran 1). Hasil pengujian dengan linieritas dari pasangan data dan nilai residual terstandarisasi lebih kecil absolut 3, maka ditemukan hubungan tekanan dengan masa hujan adalah linier (ditampilkan pada Lampiran 4). Nilai koefisien determinansi  $R^2 = 0,991$ , hal ini menunjukkan bahwa terdapat keeratan hubungan antara tekanan dan masa hujan.

Besarnya masa hujan yang dapat terukur adalah 7,028g pada tekanan 2,5 psi dan 57,941g pada tekanan 6,5 psi. Dan hubungan linieritas tekanan dan masa hujan maka alat ukur tekanan dapat dipergunakan untuk pengaturan masa hujan pada *rainfall simulator*.

### Kecepatan Hujan

Hubungan tekanan dengan kecepatan jatuh butiran ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan tekanan dengan kecepatan

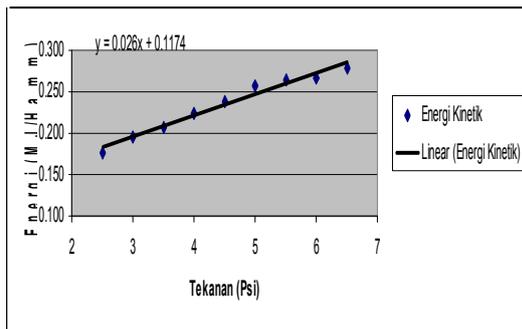
Hubungan tekanan dengan kecepatan jatuh butiran hujan adalah linier dengan mengikuti persamaan garis  $Y = 0,3896X + 6,6784$  dengan koefisien regresi  $r = 0,992$  (ditampilkan pada Lampiran 1). Hal ini menunjukkan bahwa tekanan mempunyai hubungan positif langsung dengan kecepatan jatuh butiran hujan. Berdasarkan nilai residual terstandarisasi (ditampilkan pada Lampiran 5) bahwa tidak mempunyai harga yang berada pada nilai absolut 3 dan linieritas pasangan data tekanan dan kecepatan jatuh butiran hujan, maka dikatakan hubungan tekanan dan kecepatan jatuh butiran hujan adalah linier.

Nilai koefisien determinasi  $R^2=0,849$ , hal ini menunjukkan bahwa terdapat keeratan hubungan antara tekanan dan kecepatan jatuh butiran hujan.

Kecepatan hujan yang dapat terukur adalah 7,303 m/dt pada tekanan 2,5 psi dan 9,082 m/dt pada tekanan 6,5 psi. Harga tekanan pada alat ukur *rainfall simulator* dapat dipergunakan untuk mengatur kecepatan hujan yang jatuh dengan mudah karena hubungan tekanan dengan kecepatan jatuh butiran hujan adalah linier.

**Energi kinetik**

Hubungan tekanan dengan energi kinetik ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil penelitian dari tekanan 2,5 psi sampai dengan 6,5 psi dengan energi kinetik mengikuti persamaan  $Y = 0,026x + 0,1174$ .



Gambar 5. Hubungan tekanan dengan energi kinetik

Besarnya koefisien regresi  $r=0,981$  (ditampilkan pada Lampiran 1), hal ini menunjukkan bahwa tekanan mempunyai hubungan langsung dengan energi kinetik, karena  $r > 0,6$  dan  $r < 1$ , serta mempunyai hubungan sangat erat dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,962$ . Selanjutnya bahwa residual terstandarisasi menunjukkan bahwa tidak mempunyai harga yang berada pada nilai absolut 3, maka dikatakan hubungan tekanan dan energi kinetik adalah linier, demikian juga jika dilihat Lampiran 6 menunjukkan linieritas dari hubungan tekanan dan energi kinetik. Dari hasil tersebut dengan pengaturan tekanan maka pendugaan energi kinetik pada *rainfall simulator* dapat dioperasikan dengan mudah, untuk pendugaan energi.

Pasangan tekanan dan energi terendah adalah 2,5 psi dengan tekanan 0,132 MJ/ha.mm dan tertinggi sebesar 0,279 MJ/ha.mm pada tekanan 6,5 psi.

**Evaluasi Kinerja *Rainfall Simulator***

Koefisien keseragaman (*Coefficient of Uniformity* (CU) dan Keseragaman Distribusi (DU) adalah parameter yang penting pada evaluasi kinerja *rainfall simulator*, irigasi curah dan irigasi tetes.

Nilai koefisien keseragaman yang tinggi menunjukkan tumpukan air hujan buatan yang dapat ditangkap adalah seragam. Besar koefisien keseragaman ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien keseragaman (CU) dan distribusi keseragaman (DU)

No	P(psi)	UC (%)	(DU) (%)
1	2,5	95,82	98,48
2	3,0	96,69	98,08
3	3,5	98,28	99,16
4	4,0	93,42	99,27
5	4,5	99,07	99,43
6	5,0	99,38	99,68
7	5,5	99,22	99,61
8	6,0	98,56	99,16
9	6,5	97,75	99,32

Variasi intensitas hujan yang ditunjukkan oleh koefisien keseragaman (CU) terendah 95,82% yang terjadi pada tekanan 2,5 psi dan tertinggi pada nilai koefisien keseragaman 99,38%. Hasil ini menunjukkan nilai yang sangat baik karena koefisien keseragaman diatas 95% artinya tingkat penyimpangan baku tidak lebih dari 5%. Nilai koefisien keseragaman menunjukkan tingkat keseragaman intensitas hujan pada saat pengoperasian *rainfall simulator*. Hasil yang dicapai *rainfall simulator* menunjukkan perilaku yang sangat baik dengan nilai CU diatas 80%. Menurut Moore *et al.* (1983) nilai keseragaman dipengaruhi rerata debit keluaran *rainfall simulator*, semakin besar penyimpangan maka nilai koefisien keseragaman makin kecil. Jika dilihat dari nilai koefisien keseragaman hasil pengujian *rainfall simulator* ternyata dapat memberikan

intensitas hujan yang seragam, dengan kesalahan terbesar adalah 4,18%.

Keseragaman distribusi pada semua tekanan lebih besar dari 98%. Hasil penelitian menunjukkan DU terendah adalah 98,18% pada tekanan 3,0 psi dan DU tertinggi adalah 99,68 pada tekanan pada tekanan 5.0 psi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai air hujan buatan yang didistribusikan terdapat kesalahan 2% dari operasi keluaran hujan buatan. Menurut Merriam (1980), nilai keseragaman distribusi di atas 70% dikatakan sangat baik, karena hanya 30% air tampungan keluaran *rainfall simulator* yang tidak mempunyai keseragaman sama. Sehingga secara umum, hasil *rainfall simulator* dapat dinyatakan mempunyai kinerja baik.

### KESIMPULAN

Hubungan tekanan dengan intensitas hujan, diameter tetesan dan energi kinetik adalah linier. Koefisien keseragaman pada berbagai tekanan (2,5 psi sampai dengan 6,5 psi dari *rainfall simulator* menunjukkan koefisien keseragaman diatas 83,15%. Keragaman Distribusi pada berbagai tekanan (2,5 psi sampai dengan 6,5 psi dari rainfall simulator menunjukkan nilai lebih besar 72,53%. *Rainfall Simulator* mempunyai kinerja yang baik dengan koefisien keseragaman diatas 80% dan nilai keseragaman distribusi diatas 70%.

### DAFTAR PUSTAKA

- Blanquis, L., M. Scharff, and B. Hallock. 2006. *The Design and Construction of Rainfall Simulator*. 1998. Cal Poly State University San Luis Obispo. California
- Chow, V.T., D.R. Maidment, and L.W. Mays. 1988. *Applied Hydrology*. Mc.Graw-Hill Book Company. New York, USA
- Frasier, G. W., M.A. Weltz, and L. Weltz. 1997. *Rainfall Simulator Run Off Hydrograph Analysis*. U.S. Departement of Agricultural Rearch Service, Fort Collin
- Hadi, M. P. 2006. *Pemahaman*

karakteristik hujan sebagai dasar pemilihan model hidrologi. laboratorium hidrologi dan kualitas air. *Forum Geografi* 20: 13-26

- Meyer, L.D. and D.L. McCune. 1958. *Rainfall simulator for runoff plots*. *Agricultural Engineering*: 10.644-648
- Meyer, L.D. and W.C. Harmon. 1979. *Multiple-intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes*. *Transaction of The American Society of Agricultural Engineers* 22:100-103
- Merriam, J.L. 1980. *Evaluation Irrigation System and Practice*. Irrigation Prctice. Polytecnic State University. San Luis Obispo, California
- Moore, I.D, M.C. Hirchi, and B.J. Barfield. 1983. *Kentacy Rainfall Simulator*. *Transaction of The ASAE*. 83:1085-1089.

[USA.www.jblaquis@calpoly.edu](http://USA.www.jblaquis@calpoly.edu)

Stone, J. and G. Paige. 2005. *Variable Rainfall Intensity Rainfall Simulator Experiments on Semi-arid Rangelands*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Southwest Watershed Research Service, Tucson, AZ 85719. [www.jstone@tucson.ars.ag.gov](http://www.jstone@tucson.ars.ag.gov)

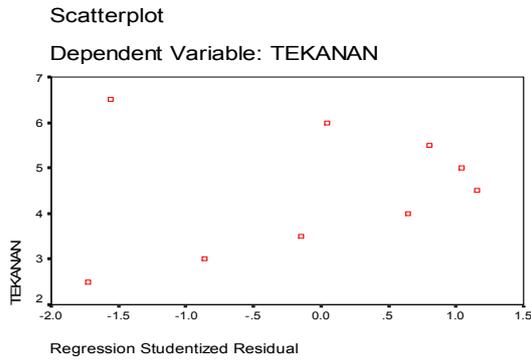
Thomas, N.P., A. Samir, and El Swaify. 1989. *Construction and calibration of rainfall simulator*. *Journal of Agricultural Engineering Research* 43: 1-9

### LAMPIRAN

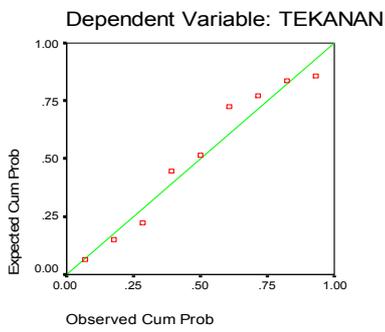
Lampiran 1. Koefisien regresi dan determinasi

Hubungan	Koefisien Regresi (r)	Koefisien Diterminasi (R <sup>2</sup> )
Tekanan- Intensitas hujan	0,948	0,899
Tekanan- Diameter Tetesan	0,998	0,995
Tekanan-Masa hujan	0,991	0,995
Tekanan- Kecepatan Jatuh	0,992	0,849
Tekanan-Energi Kinetik	0,981	0,962

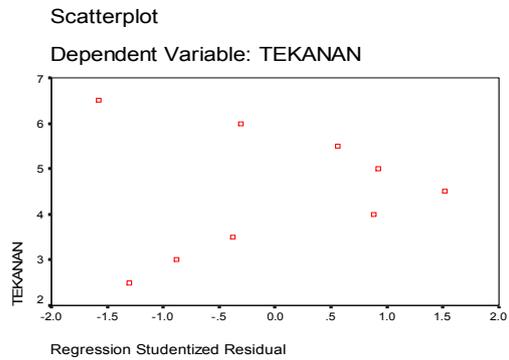
Lampiran 2. Residual terstandarisasi dan linieritas tekanan dengan intensitas



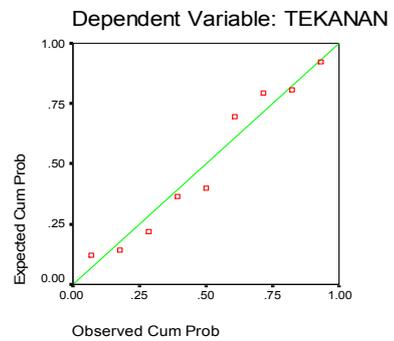
Normal P-P Plot of Regression Stand



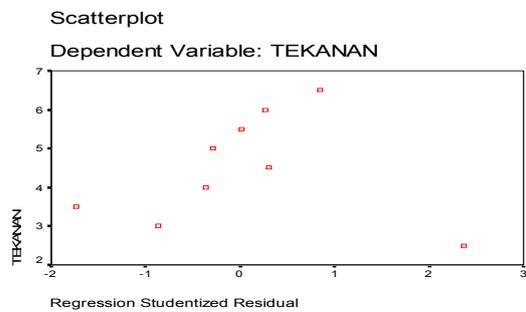
Lampiran 4. Residual terstandarisasi dan linieritas tekanan dengan masa



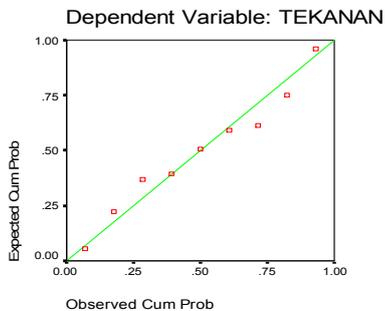
Normal P-P Plot of Regression Stand



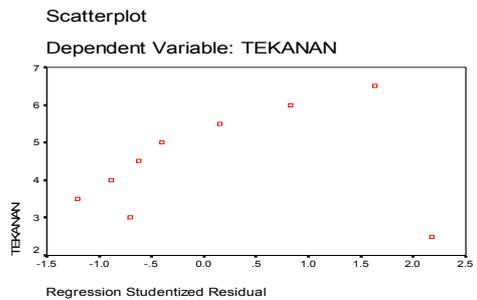
Lampiran 3. Residual terstandarisasi dan linieritas tekanan dengan diameter



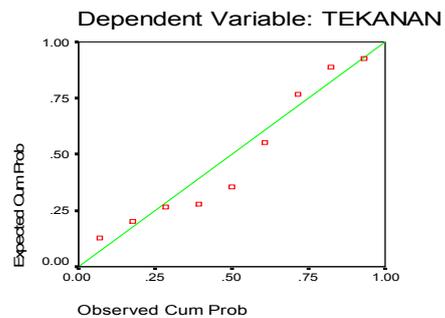
Normal P-P Plot of Regression Stand



Lampiran 5. Residual terstandarisasi dan linieritas tekanan dengan kecepatan



Normal P-P Plot of Regression Stand



Lampiran 6. Residual terstandarisasi dan linieritas tekanan dengan energi

