

RANCANG BANGUN ALAT UKUR CURAH HUJAN ELEKTRONIK

Oleh:

Winarto^{*)}

R. Handoyo^{**)}

Bambang Hari Priyambodo^{**)}

Intisari

Kehidupan dan perencanaan dalam bidang pertanian sangat tergantung pada keadaan cuaca terutama suhu, penyinaran matahari, dan ketersediaan air. Oleh karena letak geografis Indonesia pada ekuator, maka ketersediaan sinar matahari dan terjaganya kestabilan suhu dapat terpenuhi sepanjang tahun dalam jumlah yang cukup, tetapi tidak demikian halnya dengan air, karena air pada umumnya dipenuhi dari curah hujan pada musim hujan dan saluran irigasi pada musim kemarau.

Agar pemanfaatan air hujan dapat lebih efektif, diperlukan pengukuran yang lebih efektif pula. Untuk keperluan tersebut telah dibuat alat ukur curah hujan elektronik dengan menggunakan sistem konstruksi *cantilever* sebagai detektor, dan sistem umpan balik pada alat perekamnya (*recorder*), serta dengan harga yang relatif lebih murah, komponen-komponen penyusunnya mudah diperoleh di pasaran, dan kemampuan yang cukup memadai.

Prototipe alat ukur curah hujan hasil rancang bangun mempunyai kepekaan 0,51329 mm panjang/(mm curah hujan), ketidakteelitian 2,57493 mm-curah hujan, dan besar ketidaktepatan 2,59153 mm-curah hujan pada tingkat kepercayaan 95%.

I. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang Masalah

Kehidupan dan perencanaan dalam bidang pertanian sangat tergantung ke-

adaan cuaca; terutama suhu, penyinaran matahari, dan ketersediaan air. Tanaman tidak dapat bertahan dalam keadaan cuaca yang sangat buruk. Jika dapat bertahan, maka tidak dapat diharapkan panen yang berlebihan. Dengan memperhatikan keadaan cuaca dan cara pemanfaatannya, maka dapat dilaksanakan penanaman tanaman yang tepat dan yang sesuai dengan keadaan tanah. Oleh karena letak geografis Indonesia ada di ekuator, maka ketersediaan sinar matahari dan terjaganya kestabilan suhu dapat terpenuhi sepanjang tahun dalam jumlah yang cukup, tetapi tidak demikian halnya dengan air. Hal ini disebabkan karena air pada umumnya dipenuhi dari curah hujan pada musim hujan dan saluran irigasi pada musim kemarau. Agar pemanfaatan air hujan dapat lebih efektif, maka perlu pengukuran yang lebih efektif pula. Pengukuran curah hujan biasanya dilakukan dengan menggunakan alat ukur curah hujan biasa dan alat ukur curah hujan otomatis yang mempunyai beberapa tipe, yaitu tipe ember jungkir (*tipping bucket gage*), tipe timbangan (*weighing gage*), dan tipe pelampung (*float gage*).

Menurut Martha (1983), dijelaskan bahwa pada penggunaan alat ukur curah hujan biasa terdapat beberapa kerugian, yaitu a) Pada hujan lebat, kemungkinan air yang berada pada tabung meluap sehingga hasil pengukuran tidak memperlihatkan keadaan yang sebenarnya; b) Intensitas

^{*)}Alumni S-1 Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

^{**)}Staf Pengajar Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

(jumlah hujan per satuan waktu) tidak bisa didapat dengan merata-ratakan jumlah hujan dalam 1 hari/24 jam. Karena pada umumnya hujan tidak turun terus-menerus selama 24 jam dan nilai kederasan/intensitas penguapan air yang berbeda memberi pengaruh yang berbeda pula. Sedangkan untuk pengadaan alat-alat ukur curah hujan yang bekerja secara otomatis diperlukan biaya yang cukup mahal/cukup tinggi.

Selain beberapa hal tersebut di atas, menurut Arlery (1973), dijelaskan bahwa kerugian selain disebabkan oleh alat itu sendiri juga disebabkan oleh kesalahan pengamat. Kesalahan tersebut misalnya adanya data yang hilang dalam satu periode yang disebabkan oleh pengamatan yang tidak rutin, atau pembacaan skala yang dilakukan oleh beberapa pengamat yang mempunyai perbedaan dalam menginterpretasikan skala pembacaan.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk membuat alat ukur curah hujan yang dapat digunakan untuk mengukur curah hujan harian dan intensitasnya dengan biaya pembuatan yang murah dan kemampuan yang memadai. Dengan membuat suatu peralatan yang sederhana tetapi cukup memadai dan dapat dimanfaatkan secara optimum, maka diharapkan dapat membantu secara lebih baik (tidak ada data yang hilang).

1.3. Kegunaan Penelitian

Diharapkan dari hasil rancang bangun alat ukur curah hujan dengan transduser *starin gauge* dapat digunakan sebagai alat untuk penelitian selanjutnya.

II. Tinjauan Pustaka

2.1. Hujan

Hujan terjadi karena penguapan air, terutama air dari permukaan laut, yang naik ke atmosfer, dan mendingin, kemudian mengkondensasi dan jatuh sebagian di atas laut dan sebagian di atas daratan.

Derajat curah hujan biasanya dinyatakan oleh jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu dan disebut intensitas curah hujan. Biasanya satuan yang digunakan adalah milimeter per jam. Jadi intensitas curah hujan berarti jumlah presipitasi/curah hujan dalam waktu relatif singkat. Intensitas curah hujan ini dapat diperoleh/dibaca dari kemiringan kurva (tangen kurva) yang dicatat oleh alat ukur curah hujan (Martha, 1983).

Tabel 1. Ukuran, massa, dan kecepatan jatuh butir hujan (Sosrodarsono, 1978)

Jenis	Diameter bola (mm)	Massa (mg)	Kecepatan jatuh (m/det)
Hujan gerimis	0,15	0,0024	0,5
Hujan halus	0,5	0,065	2,1
— lemah	1,0	0,52	4,0
Hujan normal			
— deras	2,0	4,2	6,5
Hujan sangat deras	3,0	14,2	8,1

Ukuran butir-butir hujan adalah berjenis-jenis, dan nama dari butir hujan tersebut tergantung dari ukurannya. Dalam meteorologi, butir hujan dengan diameter lebih dari 0,5 mm disebut hujan dan diameter antara 0,5 — 1,0 mm disebut gerimis. Makin besar ukuran butir tersebut, makin besar pula kecepatan jatuhnya. Kecepatan yang maksimum kira-kira 9,2 m/det (Sosrodarsono, 1978). Tabel berikut ini menunjukkan jenis hujan, ukuran butir-butir hujan, massa, dan kecepatan jatuh butir hujan.

2.2. Pengukuran Hujan

Berbagai macam instrument dan teknik dikembangkan bagi keperluan pengumpulan informasi dalam masalah hujan. Yang terpenting adalah instrument untuk mengukur jumlah dan intensitas hujan. Semua bentuk hujan diukur berdasarkan kedalaman vertikal dari air yang mengumpul pada suatu permukaan datar, bila hujan tetap berada pada tempat di mana hujan tersebut jatuh.

Ada dua jenis alat yang digunakan untuk pengamatan/pengukuran jumlah dan intensitas hujan, yakni jenis biasa dan jenis otomatis.

Sedangkan alat ukur curah hujan otomatis mempunyai beberapa tipe, yaitu tipe ember jungkir (*tipping bucket gage*), tipe timbangan (*weighing gage*), dan tipe pelampung (*float gage*).

III. Metode Penelitian

3.1. Pertimbangan Perancangan Alat

Dalam Rancang bangun alat ukur curah hujan ini digunakan sistem konstruksi *cantilever* sebagai detektor, dengan pertimbangan pada konstruksi ini faktor-faktor yang mempengaruhi pengukuran dapat diperkecil.

Mengingat besar curah hujan yang terjadi, maka dalam rancang bangun alat ukur curah hujan dengan menggunakan konstruksi *cantilever* diperlukan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Pengoperasian alat mudah dan sistematis
2. Tahan untuk pengukuran dalam waktu kerja yang relatif lama mempunyai kemampuan yang cukup memadai.
3. Komponen-komponen *instrument* mudah diperoleh di pasaran.
4. Biaya pembuatan relatif murah.

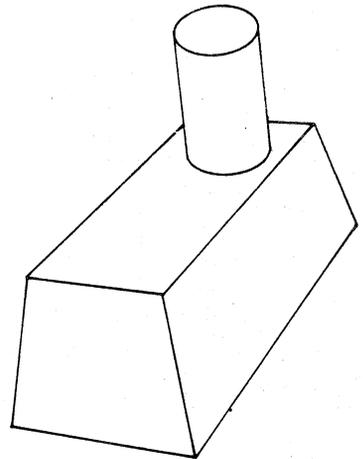
3.2. Rancang Bangun Alat

Rancang bangun prototipe alat ukur curah hujan elektronik ini terdiri atas tiga bagian yaitu:

1. Rancang bangun rumah ukur dan corong penangkap hujan.
2. Rancang bangun *detector-transducer*.
3. Rancang bangun piranti ukur elektronik.

3.2.1. Rancang Bangun Rumah Ukur dan Corong Penangkap Hujan

Corong penangkap hujan dibuat dari bahan lembaran aluminium, dengan maksud agar corong tidak mudah berkarat dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang relatif lama. Sedangkan ukuran dari corong penangkap hujan disesuaikan dengan standard dari WMO, yaitu dengan diameter 20 cm. Untuk menghindari pengaruh tambahan air hujan yang berasal dari luar (tanpa melalui corong penangkap hujan) pada saat pengukuran, maka pada rancang bangun alat ukur curah hujan dibuat rumah ukur seperti tampak pada gambar 1.



Gambar 1. Corong Penangkap Hujan dan Rumah Ukur Alat Ukur Curah Hujan

3.2.2. Rancang Bangun Detector-Transducer

Rancang bangun alat ukur curah hujan dengan konstruksi *cantilever* ini pada dasarnya sama dengan alat ukur curah hujan tipe timbangan, hanya saja pada alat ukur curah hujan tipe timbangan digunakan pegas, sedangkan pada alat ukur curah hujan dengan konstruksi *cantilever* digunakan batang, di mana ujung yang satu dijepit, sedangkan ujung lainnya dalam keadaan bebas; dan air yang tertampung pada silinder penampung ditempatkan pada ujung bebas tersebut (lihat gambar 2).

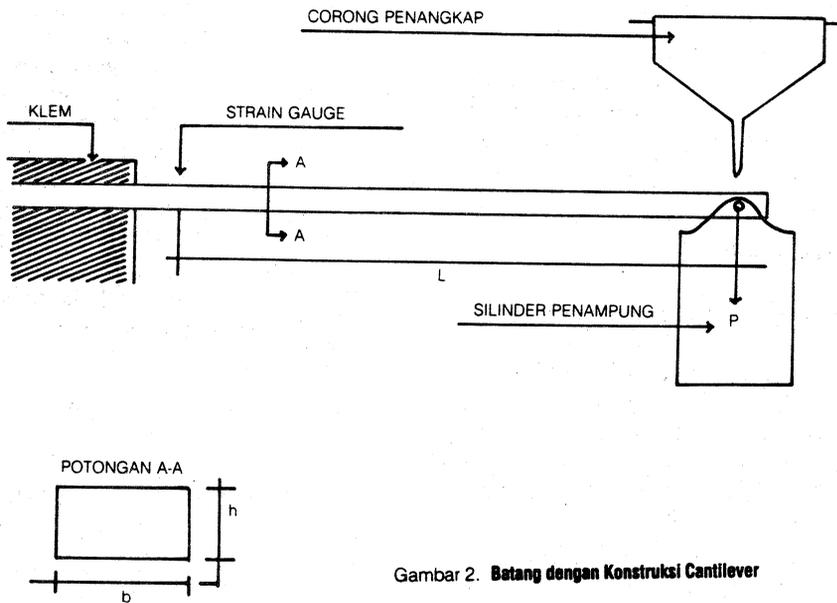
$$= \frac{(PL)(0,5 h)}{1/12 b (h)^3} \quad (2)$$

dengan:

- M : momen lentur (N.mm)
- c : jarak dari sumbu netral ke elemen terjauh (mm)
- I : momen inersia luasan (mm⁴)

Jika besar modulus elastisitas bahan *cantilever* sebesar E, maka besar regangan yang ditimbulkan adalah:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (3)$$



Gambar 2. Batang dengan Konstruksi Cantilever

Menurut Singer (1980), tegangan lentur pada batang dengan konstruksi *cantilever* dan beban P pada ujung bebasnya adalah sebesar:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (1)$$

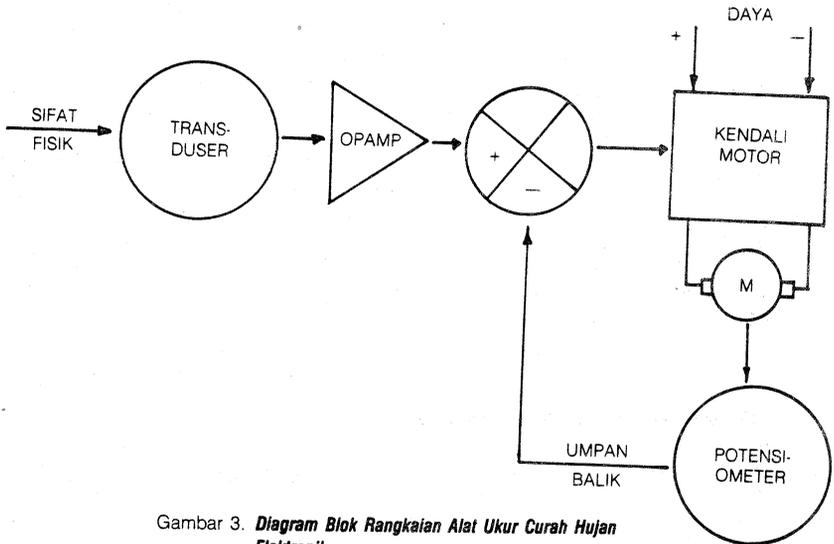
Oleh karena regangan yang terjadi sangat kecil dan tidak bisa dilihat dengan mata, maka untuk dapat memantaunya diperlukan suatu piranti antara yang menghubungkan *detector-transducer* dengan alat perekam sebagai keluarannya. Adapun untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bagian berikut ini.

3.2.3. Perancangan Piranti Ukur Elektronik

Mengingat piranti ukur elektronik merupakan sebuah sistem pengolah informasi, maka harus diperhatikan bentuk dari informasi yang ada (besaran yang hendak diukur).

Pada rancang bangun alat ukur curah hujan, besaran yang diukur adalah mm curah hujan dan sebagai alat pengalih besaran tersebut digunakan *strain gauge*.

Secara garis besar prinsip kerja alat tersebut dapat dilihat pada diagram blok rangkaian alat ukur curah hujan elektronik pada gambar 3. berikut ini.



Gambar 3. Diagram Blok Rangkaian Alat Ukur Curah Hujan Elektronik

IV. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui unjuk kerja alat hasil rancang bangun tersebut, maka dua hal yang harus dilakukan yaitu kalibrasi dan pengujian di lapangan.

4.1. Kalibrasi

Setelah alat dirangkai dan dapat berjalan dengan baik, selanjutnya instrumen dikalibrasi. Kalibrasi memungkinkan kita memeriksa instrumen hasil rancang bangun terhadap instrumen standart dan mengurangi kesalahan, sehingga instrumen tersebut akurat.

Kalibrasi dapat dilakukan dengan membandingkan instrumen hasil rancang bangun dengan 1) standart primer, atau 2) standart sekunder yang mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dari instrumen yang dikalibrasi, 3) dengan sumber masukan yang diketahui.

Dalam rancang bangun ini kalibrasi dilakukan dengan cara ke-3, yaitu dengan cara memberikan sumber masukan yang diketahui.

Adapun langkah-langkah kalibrasi yang dilakukan dibagi menjadi 3, yaitu pengambilan data, pencocokan kurva dan penentuan harga ketidakteelitian, ketidaktepatan, dan bias alat

4.1.1. Hasil Pengambilan Data

Air dengan volume 314,2 ml (setara dengan 10 mm tebal air hujan, bila volume air masukan tersebut dibagi dengan luasan corong penampung yang mempunyai diameter 20 cm) dimasukkan ke dalam penampung prototipe alat. Langkah tersebut dilakukan berulang kali dengan kelipatan penambahan 314,2 ml hingga mencapai volume 3.142 ml. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 2.

Pengambilan data kalibrasi juga dilakukan terhadap, alat ukur curah hujan sekunder otomatis *tipping bucket*. Adapun hasil pengukurannya dapat dilihat pada tabel 3.

4.1.2. Hasil Pencocokan Kurva

Kelima data hasil kalibrasi prototipe diplotkan pada kertas grafik, kemudian dicari persamaan garisnya. Adapun persamaan garis yang dicobakan adalah:

Tabel 2. Hasil Pengambilan Data Prototipe Alat

CH (mm)	Panjang Garis (mm)				
	1	2	3	4	5
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	4,0	4,1	5,2	5,0	4,0
20	9,0	9,0	9,6	10,0	9,0
30	14,0	14,0	14,6	15,2	15,0
40	19,0	19,7	20,0	21,0	20,1
50	24,5	24,7	24,5	26,3	25,3
60	29,9	29,8	29,3	31,3	30,5
70	34,8	35,0	34,8	36,5	36,0
80	40,0	40,1	39,9	41,9	41,0
90	45,0	45,2	45,0	46,8	45,7
100	50,9	50,2	49,9	51,9	51,7

Tabel 3. Data Kalibrasi Alat Ukur Pembanding (Tipping Bucket)

CH (mm)	mm Curah Hujan Terukur				
	1	2	3	4	5
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0
20	21,0	20,0	19,0	18,0	20,0
30	31,0	30,0	29,0	28,0	31,0
40	41,0	40,0	39,0	38,0	41,0
50	49,0	50,0	48,0	47,0	51,0
60	60,0	60,0	58,0	57,0	61,0
70	70,0	69,0	68,0	67,0	71,0
80	80,0	80,0	78,0	78,0	81,0
90	90,0	90,0	89,0	88,0	90,0
100	100,0	99,0	99,0	99,0	100,0

$$1 = bM + a \quad (4)$$

di mana:

- 1 : panjang garis (mm)
- M : curah hujan sesungguhnya (mm)
- a, b : konstanta

Harga a dan b diperoleh dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, yang besarnya masing-masing adalah :

$$a = -0,57545 \text{ mm panjang garis}$$

$$b = 0,51329 \text{ mm panjang garis/mm curah hujan}$$

Data hasil kalibrasi beserta persamaan garisnya diplotkan pada grafik seperti tampak pada gambar 4.

Besar kepekaan alat ukur dihitung dari turunan pertama persamaan 4, yaitu:

$$\frac{d(1)}{d(M)} = b \quad (5)$$

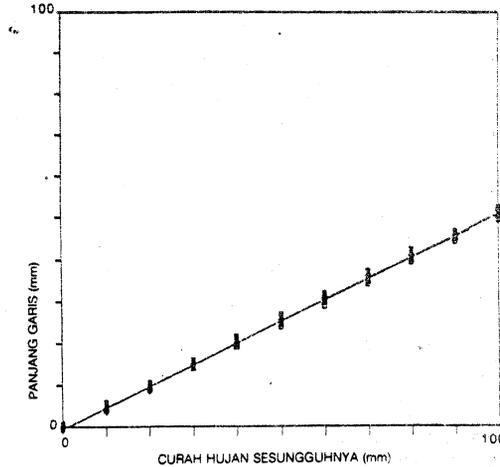
Dari hasil tersebut tampak bahwa prototipe alat ukur curah hujan mempunyai kepekaan sebesar 0,51329 mm panjang/ (mm curah hujan).

Dari persamaan 4 kemudian didapatkan variabel transformasi yang berupa curah hujan tertampil (\hat{m}) yang merupakan fungsi dari mm panjang garis (1), seperti pada persamaan 6.

$$\hat{m} = \frac{1 - a}{b} \quad (6)$$

di mana:

- \hat{m} : variabel transformasi (mm curah hujan tertampil)
- 1 : panjang lintasan pena perekam yang dihasilkan alat ukur (mm)
- a, b : konstanta



Gambar 4. Grafik mm Panjang Garis vs mm Curah Hujan Sesungguhnya.

Berdasar persamaan 6, kemudian di buat skala alat ukur yang baru untuk meng ganti skala garis (mm) dengan skala mm tebal air hujan. Kemudian dicari simpangan baku untuk prototipe alat ukur curah hujan dan alat ukur curah hujan pembanding. Untuk mendapatkan besar simpangan baku, diperkirakan terlebih dahulu persamaan kalibrasinya. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\hat{m} = BM + A \quad (7)$$

Besar harga konstanta A dan B dihitung dengan metode kuadrat terkecil sebagai berikut:

$$A = \frac{N \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{N \sum (X_i)^2 - (\sum X_i)^2} \quad (8)$$

$$B = \frac{(\sum Y_i)[\sum (X_i)^2] - (\sum X_i Y_i)(\sum X_i)}{N \sum (X_i)^2 - (\sum X_i)^2} \quad (9)$$

Y_i : variabel transformasi (mm curah hujan terukur)
 X_i : curah hujan sesungguhnya (mm)
 N : jumlah data

Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Harga Konstanta A dan B Masing-masing Alat

Konstanta	Alat ukur CH Pemandang	Prototipe Alat ukur
A (mm curah hujan terukur)	- 0.17273	- 0.01635
B (mm curah hujan terukur/mm curah hujan sesungguhnya)	0.99327	1.00015

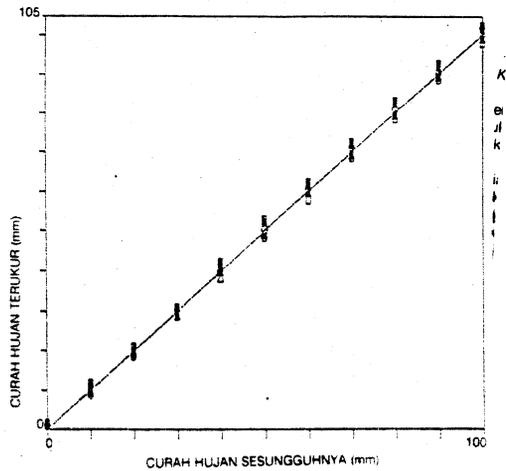
Grafik hasil kalibrasi kedua alat tersebut dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.

Kemudian masing-masing alat ukur dihitung harga simpangan bakunya terhadap garis estimasi dari persamaan kalibrasi (tabel 5).

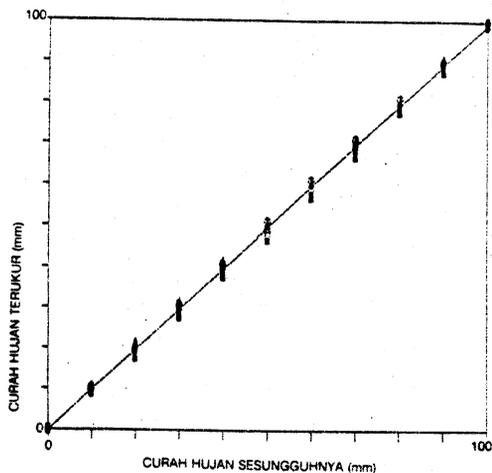
Tabel 5. Harga Simpangan Baku Masing-masing Alat

Alat Ukur	Simpangan Baku (mm-ch)
Alat Ukur Pemandang	1.09238
Prototipe Alat Ukur	1.26748

Hasil uji statistik untuk kedua persamaan garis tersebut di atas (tabel 4) dengan hipotesa $H_0: \beta_1 = \beta_2$ pada tingkat signifikansi 10% ternyata kedua garis tersebut sejajar, karena $t_{hitung} = 0,74374$ terletak antara $-t(106; 0,05) = -1,6610$ dan $t(106; 0,05) = 1,6610$. Sedangkan hasil uji statistik dengan hipotesa $H_0: \alpha_1 = \alpha_2$ (jika $\beta_1 = \beta_2$); ternyata kedua persamaan garis tersebut tidak berimpit pada tingkat signifikansi 10%,



Gambar 5. Grafik Hasil Kalibrasi Prototipe Alat Ukur Curah Hujan Hasil Rancang Bangun



Gambar 6. Grafik Hasil Kalibrasi Alat ukur Curah Hujan Pemandang (Tipping Bucket)

karena $t_{hitung} = 1,78951$ terletak di luar $-t(107; 0,05) = -1,6608$ dan $t(107; 0,05) = 1,6608$

4.1.3. Ketidaktelitian dan Ketidaktepatan

Besar harga ketidaktelitian dari kedua alat tersebut dapat ditentukan berdasarkan besarnya simpangan baku dari masing-masing alat. Bila data keluaran yang dihasilkan alat ukur dianggap mengikuti distribusi normal maka untuk tingkat kepercayaan 95% besarnya ketidaktelitian adalah dua kali harga simpangan bakunya.

Sedangkan besar ketidaktepatan diambil sebagai ketidaktelitian ditambah dengan error sistematik dari data tersebut. Besar harga ketidaktelitian dan ketidaktepatan dapat dilihat pada tabel 6.

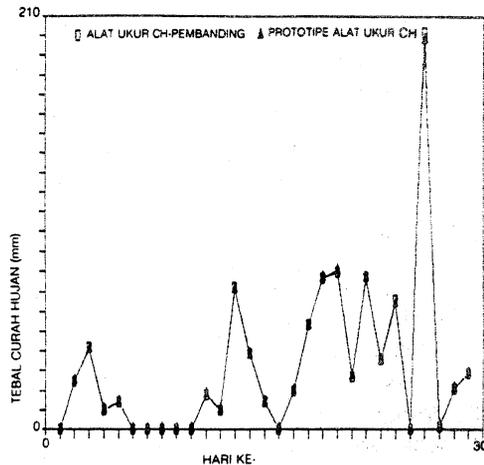
Tabel 6. Harga Ketidaktelitian dan Ketidaktepatan Masing-masing Alat pada α : 5%

Alat Ukur	Ketidaktelitian (mm-ch)	Ketidaktepatan (mm-ch)
Alat Ukur Pembanding	2,18476	2,35749
Prototipe Alat Ukur	2,57518	2,59153

4.2. Hasil uji Lapang

Uji lapangan yang dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran langsung curah hujan yang terjadi pada suatu tempat dan dilakukan selama 30 hari.

Dari hasil pengujian di lapangan tersebut, tampak bahwa grafik yang dihasilkan oleh alat perekam data dari alat ukur curah hujan pembanding dan prototipe alat ukur hasil rancang bangun memberikan hasil yang hampir sama (ditunjukkan pada gambar 7.).



Gambar 7. Grafik Hasil Uji Lapangan

V. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari hasil rancang bangun, pengukuran, hasil perhitungan, dan uji lapangan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kepekaan prototipe alat ukur curah hujan hasil rancang bangun berdasar perhitungan adalah 0,51329 mm panjang/(mm curah hujan).
2. Bila dibandingkan dengan alat ukur curah hujan yang sudah ada (*tipping bucket*) besar ketidaktelitian pada prototipe = 2,57493 mm-curah hujan, sedangkan pada *tipping bucket* = 2,18476 mm-curah hujan pada tingkat kepercayaan 95%.

3. Besar ketidaktepatan prototipe = 2,59153 mm curah hujan, dan pada alat ukur curah hujan *tipping bucket* adalah 2,35749 mm-curah hujan pada tingkat kepercayaan 95%.
4. Dari hasil perhitungan ketidaktepatan dan ketidaktepatan, maka alat ukur curah hujan yang sudah ada (*tipping bucket*) relatif lebih baik daripada prototipe alat ukur curah hujan hasil rancang bangun.

5.2. Saran

1. Kekurangan dari prototipe ini adalah bila ember penampung penuh, maka harus dituang oleh operator, sehingga perlu dibuat sistem yang otomatis.
2. Wadah alat perekam (*recorder*) untuk lebih sempurnanya dibuat dari bahan yang lebih permanen.
3. Oleh karena besar ketidaktepatan dan ketidaktepatan prototipe alat ukur curah hujan hasil rancang bangun relatif lebih besar daripada alat ukur curah hujan pembanding, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada beberapa rangkaian penguat operasional yang digunakan dan konstruksi alat perekamnya.

Daftar Pustaka

- Arlery, R., H. Grisollet, B. Guilmet., 1973. *Climatologie Methodes et Pratiques*, GAUTHIER-VILLARS EDITEUR, Paris-Bruelles- Montreal.
- Coughlin, R. F., 1985, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier* (terjemahan), Erlangga, Jakarta.
- Doebelin, E. O., 1983, *Measurement System Application and Design*, McGraw-Hill Co., New York.

- Holman, J.P., 1984, *Experimental Methods for Engineers*, McGraw-Hill Book, Inc., New York.
- Linsley, R.K., Jr. Max A Kohler, and Joseph L. H. P. 1975, *Hydrology for Engineers*, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Martha, J., dan Wanny Adidarma., 1983, *Mengenal Dasar-dasar Hidrologi*, Nova, Bandung.
- Perry, C. G., and H. R. Lissner., 1955, *The Strain Gauge Primer*, McGraw-Hill Book Company Inc., New York.
- Sheingold, Daniel H., 1980, *Transducer Interfacing Handbook*, Analog Devices, Inc., Norwood, Massachusetts, 02062, USA.
- Singer, F. L., 1981, *Kekuatan Bahan* (terjemahan), Erlangga, Jakarta.
- Sosrodarsono, S., dan Kensaku Takeda., 1978 *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Srivastava, A., C., 1987, *Teknik Instrumentasi (terjemahan)*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Subarkah, I., 1980, *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.
- Wasito, m 1986, *Vademekum Elektronika*, PT Gramedia, Jakarta.
- Wasito., 1987, *301 Rangkaian Elektronika*, PT Elex Media Komputindo, Kelompok Gramedia, Jakarta.