

Sistem Kontrol Nutrisi Hidroponik Dengan Menggunakan Logika Fuzzy

Suprijadi¹⁾, N. Nuraini²⁾ dan M. Yusuf¹⁾

¹⁾Kelompok Keahlian Fisika Teoritik Energi Tinggi dan Instrumentasi

²⁾ Kelompok Keahlian Matematika Industri dan Keuangan

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITB

Jl. Ganesha No. 10 Bandung 40132

Abstrak

Kadar nutrisi untuk tumbuhan berbeda sesuai dengan usia tumbuhan dan tujuan penumbuhannya. Misalnya pada usia kecambah berbeda kadar nutrisinya dengan saat tanaman sedang berbuah. Hidroponik berbasis aliran nutrisi (Nutrient Film Techniques) sangat tergantung pada kadar nutrisi ini setiap saat jika ingin menghasilkan tumbuhan yang sehat dan menghasilkan buah yang baik. Dalam makalah ini, kadar nutrisi dikontrol menggunakan logika sumir (fuzzy logic), uji coba dilakukan untuk tumbuhan tomat.

Keywords: NFT, hidroponik, fuzzy logic

1 Pendahuluan

Hidroponik merupakan salah satu metoda penanaman tumbuhan yang dapat diaplikasikan luas, tidak terbatas untuk produk-produk pertanian, tetapi juga dapat digunakan untuk memperbaiki lingkungan, khususnya limbah-limbah yang mengandung kandungan fosfor dan nitrogen, misalnya dalam pengolahan limbah untuk memperbaiki BOD dan COD dan pengembangan budidaya bunga mawar (rose) di Prancis [1], atau pengembangan budidaya tomat di Nigeria [2].

Tomat kaya akan Fe dan kandungan vitamin A, B dan C tinggi, 230 g konsumsi tomat setiap hari telah mencukupi kebutuhan 85% vitamin C anak-anak dan 63% untuk dewasa [3], di laporan yang sama konsumsi 100 ml jus tomat mencukupi 20% kebutuhan vitamin A orang dewasa, selain bermanfaat untuk kesehatan juga dapat mengurangi kemungkinan gangguan kesehatan, misalnya tomat terbukti mencegah kanker prostat hingga 63% [4]. Kadar kandungan tomat ini sangat bervariasi dan tergantung dari nutrisi yang diambil oleh tumbuhan tomat. Terdapat 12 mineral yang dibutuhkan dalam penumbuhan tomat, walaupun demikian hanya 6 mineral yang sangat berpengaruh dalam penumbuhan tomat yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Sulfur (S), Magnesium (Mg) dan Kalsium (Ca), kombinasi keempat unsur ini dapat mencapai kebutuhan 95% [Sainju et.al, 2003], dengan melakukan kontrol nutrisi yang masuk diharapkan dapat menghasilkan tomat yang baik.

Sistem hidroponik banyak digunakan untuk menanam tumbuhan hortikultura seperti tomat, paprika dan melon. Pada awalnya sistem hidroponik identik dengan penanaman tanpa media tanah, akan tetapi sesuai dengan perkembangan teknologi, hidroponik digunakan untuk penumbuhan tanaman dengan mengontrol nutrisi tanaman sesuai dengan kebutuhannya, salah satu metoda yang mulai banyak digunakan adalah nutrient film technique yang merupakan sistem hidroponik tertutup, yang mana nutrisi akan mengalir secara terus menerus atau dalam jangka waktu tertentu secara teratur [1][2].

Menurut Cooper (1972), NFT adalah sebuah sistem yang menggunakan 'film' larutan nutrisi. Film atau lapisan tipis setebal 1 - 3 mm ini dipompa dan dialirkan melewati akar

tanaman secara terus menerus dengan kecepatan aliran sekitar 1 - 2 liter per menit [3]. Sirkulasi nutrisi dapat digunakan ulang selama beberapa minggu sesuai kebutuhan tanaman. Sebagian akar tanaman tumbuh di atas permukaan larutan nutrisi dan sebagian lagi terendam di dalamnya. Faktor utama yang mempengaruhi perkembangan tanaman dalam hidroponik NFT adalah tersedianya nutrisi penunjang yang sesuai dengan jenis dan umur tanaman dan kestabilan kecepatan aliran nutrisi.

Telah dilakukan beberapa pengembangan sistem kontrol di kelompok riset kami, misalnya kontrol temperatur berbasis elemen pemanas dengan menggunakan sistem PID [5], atau sistem kontrol temperatur berbasis aliran udara panas dengan logika fuzzy [6], maupun dengan menggunakan neural network [7]. Berbasis pada pengalaman sistem kontrol ini, di tahun 2006 [8] telah dikembangkan sistem kontrol aliran nutrisi untuk NFT dengan menggunakan logika fuzzy. Dalam sistem ini, deskripsi dan pengalaman manusia direpresentasikan melalui aturan fuzzy, untuk selanjutnya menjadi aksi pengontrolan proses kecepatan aliran.

Dalam makalah ini akan dibahas pengembangan sistem kontrol kadar nutrisi dengan menggunakan logika fuzzy dengan menggunakan model kontrol aliran yang telah dibangun sebelumnya [8], pengamatan hasil eksperimen juga akan didiskusikan dalam makalah ini.

2 Metoda dan Penelitian

Dalam penelitian ini dikembangkan sistem dengan perangkat keras yang dibangun dalam skala laboratorium, hasil pengamatan dengan sensor akan dikirim ke satu unit komputer yang dilengkapi dengan sistem kontrol fuzzy. Model fuzzy disimulasikan dengan menggunakan perangkat penunjang MathLab versi 6.0.

3 Pengamatan dan diskusi

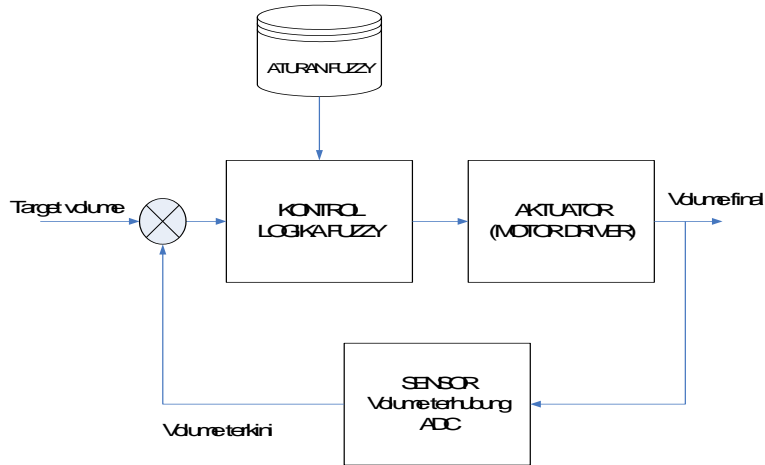
3.1 Sistem aliran nutrisi hidroponik NFT

Inti dari nutrisi tumbuhan adalah kadar molaritas dari masing-masing komponen, sesuai dengan molaritas,

$$\text{Konsentrasi Larutan Molar} = \frac{\text{mol zat pelarut (mol)}}{\text{liter zat pelarut (liter)}}$$

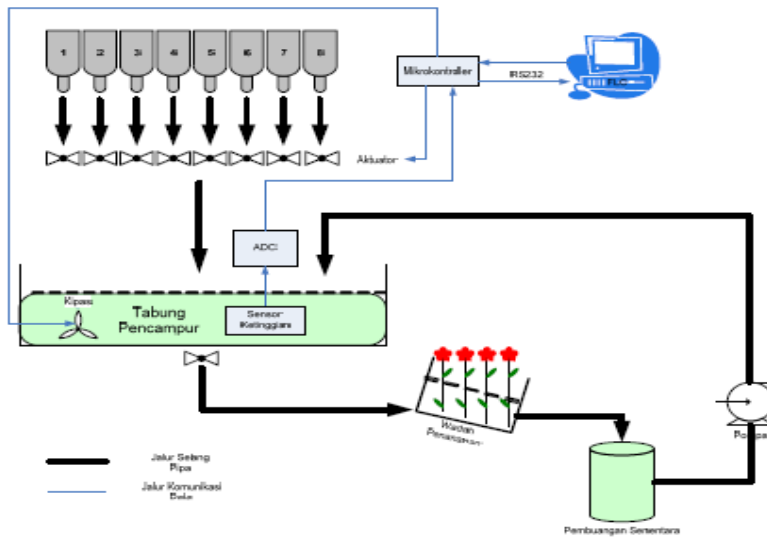
maka volume larutan sangat memainkan penting, mengingat dalam NFT, volume larutan yang terserap oleh akar tumbuhan senantiasa terjadi setiap saat. Dengan demikian kadar nutrisi dapat ditentukan melalui volume, dalam desain *plant* yang dikembangkan volume merupakan parameter kontrol.

Sistem nutrisi dikembangkan dengan menempatkan kontrol fuzzy sebagai pusat pengendalian, seluruh aturan fuzzy disimpan dalam data base yang ada di komputer. Desain sistem secara keseluruhan dapat dilihat di Gambar 1. Untuk mengamati volume yang tersedia, digunakan sensor ketinggian.



Gambar 1 Diagram blok sistem kontrol nutrisi pada NFT

Dalam plant yang dikembangkan terdiri dari 2 blok system kontrol yaitu, kontrol kecepatan aliran yang lebih dahulu dikembangkan dan dilaporkan [8] dan kontrol nutrisi. Penggabungan dari kedua system ini menghasilkan plant seperti yang dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2 Rancang bangun sistem kontrol nutrisi NFT

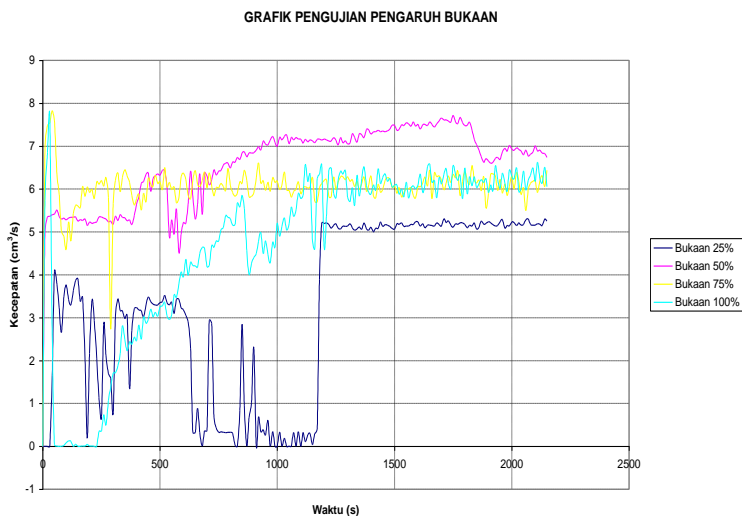
Dari Gambar 2 terdapat 8 tabung yang akan dikontrol, 7 buah tabung akan berisi larutan yang memiliki konsentrasi tetap, sedangkan 1 buah tabung berisi air, sebagai pengencer larutan. Ke 8 cairan nutrisi tersebut akan dialirkan ke tabung pencampur yang akan diukur volumenya secara periodik sesuai dengan kebutuhan. Parameter volume inilah yang menjadi input bagi sistem kontrol.

3.2 Kontrol Kecepatan Aliran Nutrisi

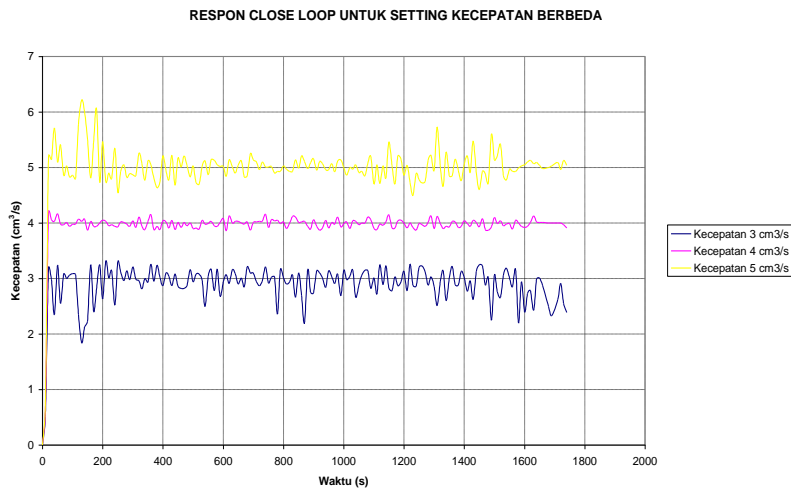
Ide dasar dari pengontrolan kecepatan aliran fluida telah diturunkan sebelumnya [8], yang menunjukkan keberhasilan kontrol kecepatan dengan mengatur perubahan besarnya bukaan valve kontrol untuk mendapatkan aliran nutrisi yang konstan untuk beberapa bukaan. Gambar 3 menunjukkan hasil pengamatan yang diperoleh sebelum dan setelah diterapkan kontrol fuzzy.

Pengujian dilakukan melalui dua tahap. Pertama, melakukan pengujian terhadap sistem pada saat belum dikontrol. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik sistem. Pengujian dilakukan terus menerus sebanyak 4 kali dengan bukaan 25, 50, 75, dan 100 persen (Gambar 3). Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada awalnya sistem tidak stabil dan baru mencapai kestabilan setelah 1000 detik untuk bukaan 25 persen.

Kedua, pengujian dengan menggunakan pengontrol fuzzy (Gambar 3). Pengujian dilakukan selama 1740 detik dengan setting kecepatan 3, 4, dan 5 cm³/s. Dari hasil pengujian ini didapatkan nilai *steady state* kecepatan setiap setting kecepatan sebesar 2.87 cm³/s, 3.92 cm³/s, dan 4.86 cm³/s. Sedangkan *steady state error* masing-masing adalah sebesar 0.13, 0.08, dan 0.14. Meskipun hasil pengujian telah menunjukkan hasil yang lebih baik, masih terdapat *overshoot* pada grafik (Gambar 4). *Overshoot* ditimbulkan karena kelambatan sensor membaca kecepatan aliran pada saat sistem baru dijalankan.



Gambar 3 Respon sistem sebelum dikontrol



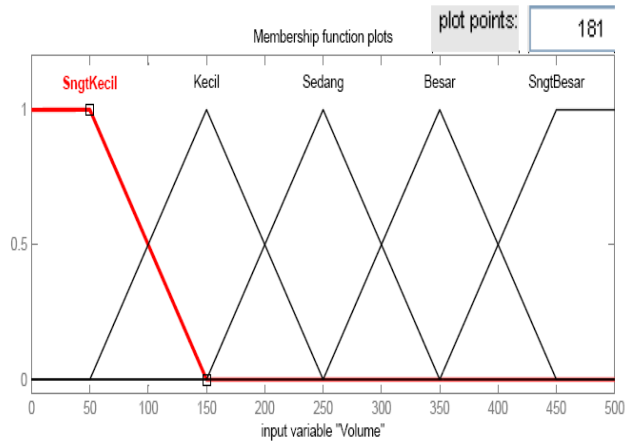
Gambar 4 Respon sistem setelah dilakukan pengontrolan

3.3 Kontrol Molaritas Nutrisi

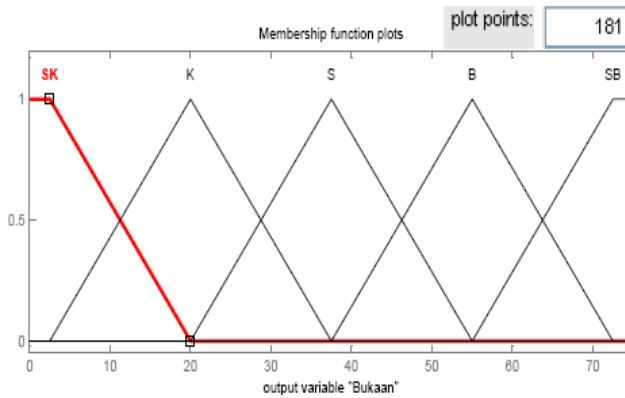
Hochmuth [1990] [9], memberikan resep pertumbuhan tomat yang terbagi menjadi 5 usia tumbuhan, mulai dari proses pembibitan (1), penguatan akar (2), penumbuhan daun (3), bunga dan buah (4), pengulangan proses (5) seperti dalam tabel 1 berikut.

Dalam percobaan ini, perubahan nutrisi akan dipandu melalui kontrol fuzzy, dengan melakukan penambahan nutrisi yang dibutuhkan sehingga sesuai dengan yang diharapkan. Dalam prakteknya, masing-masing nutrisi akan ditempatkan dalam sebuah tabung (lihat Gambar 2), dengan penomoran tabung seperti pada Tabel 2.

Untuk mengatur kadar nutrisi larutan mesin inferensi yang digunakan adalah mamdani, dengan model satu input banyak output. Parameter input yang digunakan untuk kontrol nutrisi adalah ketinggian cairan dalam wadah pencampur, ketinggian cairan akan berkorelasi dengan volume dan bersesuaian dengan molaritas. Keanggotaan dari input dan output dapat dilihat dalam Gambar 5.



(a)



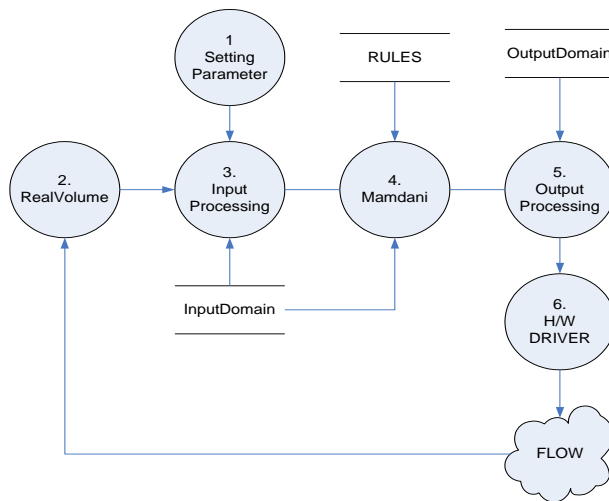
(b)

Gambar 5 Fungsi keanggotaan (a) input dan (b) output

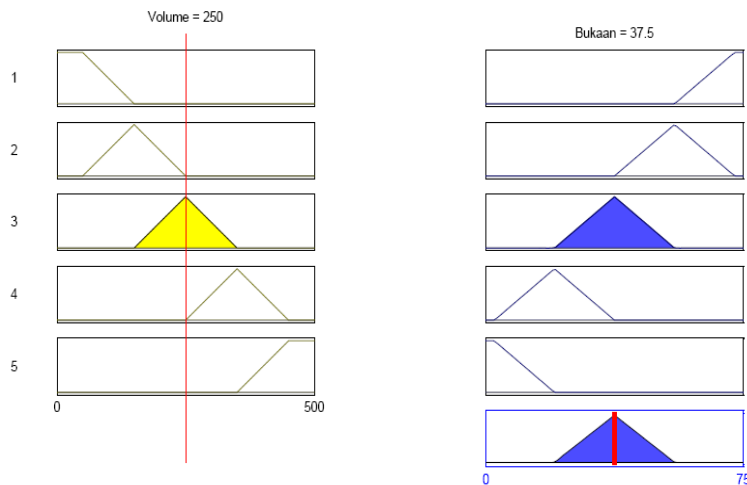
3.4 Algoritma kontrol nutrisi

Gambar 6, menunjukkan diagram alir proses kontrol nutrisi. Di tahap awal, telah ditempatkan 6 buah tabung berisi nutrisi dengan molaritas yang konstan. Dari keenam tabung ini kemudian dialirkan ke bagian pencampur sesuai dengan kondisi 1 tumbuhan (nutrisi 1), total nutrisi dalam pencampur ini adalah maksimum 500 ml, yang ditunjukkan dengan ketinggian ho. Untuk tahap pertumbuhan berikutnya, akan menyesuaikan dengan kebutuhan, setiap upaya perubahan konsentrasi nutrisi, senantiasa diawali dengan pengukuran tinggi cairan. Ketinggian nutrisi akan merujuk pada keanggotaan input (lihat Gambar 5) , untuk kemudian diproses secara mamdani-centroid untuk menghasilkan output yang sesuai dengan keanggotaan luaran (Gambar 5), diwakili pada proses. Hasil kontrol ini akan memerintahkan nutrisi mengalir selama selang waktu tertentu agar diperoleh kadar nutrisi yang diinginkan. Gambar 7, menunjukkan contoh pengujian sistem kontrol nutrisi untuk setting volume 250 ml (gambar sebelah kiri), sedangkan hasil keluaran

menunjukkan perlu bukakan valve sebesar 37,5% agar cepat diperoleh hasil yang diinginkan.



Gambar 6 Diagram alir proses kontrol nutrisi



Gambar 7 Contoh hasil pengujian kontrol nutrisi

Tabel 2 menunjukkan perubahan konsentrasi nutrisi dalam tabung pencampur yang berasal dari 3 tabung utama. Diperoleh masih terdapat kesalahan 5% dari kadar nutrisi yang diinginkan. Kemungkinan terjadi kendala dalam proses kontrol, dikarenakan masalah mekanik dari motor penggerak, yang sulit berada dalam kestabilan.

Tabel 1 Perubahan nutrisi pada tomat seiring dengan usia tumbuhan [9]

Nutrisi	Bibit-1	1-2	2-3	3-4	4-selesai
Monopotassium Phospate	0,0051 M	0,0051 M	0,0051 M	0,0051 M	0,0051 M
Potassium Nitrate	0,0063 M	0,0063 M	0,0079 M	0,0079 M	0,0127 M
Magnesium Sulfate	0,0133 M	0,0133 M	0,0133 M	0,016 M	0,016 M
Potassium Chloride	0 M	0 M	0,0021 M	0,0021 M	0,0021 M

Tabel 2 Perubahan konsentrasi larutan dalam tabung pencampur

Larutan Nutrisi	Tabung	Konsentrasi			Kesalahan	
	No	Target	Awal	Akhir	Δ	%
Monopotassium Phospate	1	0.0051	0.0150	0.0050	0.0001	1.96
Potassium Nitrate	2	0.0063	0.0200	0.0066	0.0003	4.76
Magnesium Sulfate	3	0.0133	0.0420	0.0139	0.0006	4.51

4 Kesimpulan

1. Sistem kontrol berbasis logika fuzzy telah diterapkan dalam sistem kontrol nutrisi hidroponik, dan menunjukkan hasil yang baik. Kestabilan laju aliran dapat dikontrol dengan kecepatan aliran terbaik adalah 4 cm³/s.
2. Pemilihan jumlah himpunan fuzzy dan keanggotaan himpunan sangat mempengaruhi kestabilan sistem yang dikontrol.
3. Walaupun perubahan volume larutan di tabung pencampur terjadi, sistem sirkulasi nutrisi hidroponik tetap terjaga, akan tetapi dapat mempengaruhi molaritas nutrisi.
4. Masih terjadi kesalahan konsentrasi larutan nutrisi sebesar 5% dengan sistem kontrol yang dikembangkan, salah satu penyebab adalah belum optimumnya pemilihan himpunan fuzzy yang diterapkan.

5 Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dibiayai oleh Hibah Fundamental Dikti No : 0366/K01.03/Kontr- WRRIM/ PL2.1.5/ IV/ 2008

6 Referensi

- [1] Monnet, F., Vaillant, N., Hitmi, A., Vernay, P., Coudret, A., Sallanon, H., 2002, *Treatment of domestic wastewater using the nutrient film technique (NFT) to produce horticultural roses*, Water Research, 36, 3489 – 3496
- [2] Togun, A.O, Akanbi, W.B., Adediran, J.A., 2004, *Growth, nutrient uptake and yield of tomato in response to different plant residue composts*, Food, Agriculture & Environment Vol.2 (1) : 310-316.
- [3] United State Department of Agriculture (USDA). 1963. *Composition of Foods*. USDA Agricultural Handbook No. 7.

- [4] Kucuk, O. 2001. *Phase II randomized clinical trial of lycopene supplementation before radical prostatectomy*. Cancer Epidem. Biom. Prev.10: 861-868
- [5] Ginanjar G., Ferry C, Barlian A, Suprijadi, 2003, "*Pembangunan sistem temperatur kontrol untuk mempelajari pengaruh cekaman temperatur pada sel hidup* ", Seminar Instrumentasi Berbasis Fisika (SIBF), 12 - 13 Juni 2003, Bandung, hal. 31-33
- [6] Suprijadi dan F. Chrisnandika, 2006, "*Pembangkit sumber udara panas berbasis neural network*", SIBF III, Bandung
- [7] Hengky, Indra Chandra., dan Suprijadi, 2004, "*Aplikasi Sistem Pakar dan Fuzzy dalam Kontrol Temperatur*", SITIA, Surabaya, hal.33-38
- [8] Amelia.S., Gunawan, B. dan Suprijadi, 2006, "*Kontrol Aliran Pada Hidroponik NFT*", Seminar Instrumentasi berbasis Fisika III, Bandung
- [9] Hochmuth, George & Hochmuth, Robert, 2001, *Nutrient Solution Formulation for Hydroponic (Perlite, Rockwool, NFT) Tomatoes in Florida*; University of Florida, Institut of Food and Agricultural Sciences. Florida.