

Studi pola aliran pada tangki aquaponik dengan isian media filter hidroton

Haniif Prasetiawan¹, Wara Dyah Pita Rengga², dan Anwaruddin Hisyam³

^{1,2}Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

³Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, Universiti Malaysia Pahang, Lebuhraya Tun Razak, 26300, Kuantan, Pahang Darul Makmur, Malaysia
haniif.prasetiawan@mail.unnes.ac.id

Abstrak : Pada daerah dengan keterbatasan sumber daya air, aquaponik merupakan solusi yang paling tepat sebagai metode untuk bercocok tanam. Aquaponik adalah penggabungan dua sistem yaitu akuakultur dengan hidroponik. Pada sistem ini, ikan pada akuakultur akan mendapatkan air bersih yang telah melalui proses filtrasi pada sistem hidroponik, sedangkan sistem hidroponik akan mendapatkan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dari hasil ekskresi ikan pada akuakultur. Aquaponik dapat disimpulkan sebagai sistem mutualisme bagi tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme yang mengadaptasi proses sirkulasi di alam. Untuk membuat sistem aquaponik yang optimal maka kebutuhan hidrotan yang tepat pada tangki aquaponik perlu di perhitungkan. Simulasi tangki aquaponik dengan isian hidrotan dilakukan dengan menggunakan model turbulen k-epsilon. Hidrotan sebagai media filter pada tangki dimodelkan sebagai porous zone dengan mendeskripsikan permeabilitas dan koefisien inertial loss dari hidrotan tersebut. Simulasi dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi yaitu simulasi aliran pada tangki tanpa hidrotan, dan tangki dengan isian hidrotan sebanyak 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% volume total tangki. Dari hasil simulasi ini diperoleh bahwa Tangki aquaponik dengan isian hidrotan sebanyak 40% v/v dengan kecepatan rata-rata sebesar 1,2917 m/s.

Kata Kunci: aquaponik, simulasi, hidrotan, *porous zone*

1. Pendahuluan

Aquaponik merupakan sistem terintegrasi antara hidroponik dengan aquasistem. Aquaponik memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah sistem ini sangat *sustainable*, menggunakan jumlah air yang sangat sedikit dibandingkan cara bercocok tanam konvensional dengan perbandingan 1/10, mengurangi penggunaan pupuk yang tidak ramah lingkungan, pestisida dan herbisida dan dapat meningkatkan ketersediaan produk dari tanaman (Yen & Chou, 2016). Pada sistem aquaponik, tanaman hidroponik juga dapat digunakan untuk mengontrol limbah dari kotoran ikan yang hidup di dalam aquasistem sehingga dapat mengurangi jumlah penggunaan air bersih (Lennard *et al.*, 2006).

Ada tiga buah jenis aquaponik sistem yang sering dijumpai berdasarkan media pertumbuhan yang digunakan yaitu *nutrient film technique* (NFT), *floating-raft* (kultur untuk air yang cukup tinggi) dan *media-filled* (pengisian dan pengosongan) (Engle, 2015). Dari ketiga jenis sistem

tersebut, metode *media-filled* selain dapat digunakan untuk membudidayakan tanaman hidroponik namun juga dapat dipakai dalam menanam tanaman hortikultura. Pada sistem ini biasanya media tanam yang digunakan dapat berupa sabut kelapa, pasir, kerikil atau batu – batuan. Salah satu media tanam yang dapat digunakan sebagai penyaring limbah kotoran ikan adalah hidrotan (Wongkiew *et al.*, 2017).

Sistem *media-filled* adalah sistem aquaponik yang paling sederhana karena tidak memerlukan bio-filter. Pada sistem ini sudah ada media hidrotan dapat digunakan untuk proses nitrifikasi sebagai sumber nitrogen bagi tanaman (Zhou *et al.*, 2016). Sistem ini cocok untuk budidaya sistem hortikultura karena memiliki *Bell-siphon*. *Bell-siphon* merupakan salah satu bagian dari aquaponik sistem *media-filled* yang dapat berfungsi sebagai proses pengisian dan pengosongan air untuk menyediakan oksigen kepada akar tanaman. (Bernstein, 2011). *Bell-siphon* ini cukup bergantung pada kecepatan aliran

air yang digunakan pada sistem aquaponik agar dapat berjalan dengan baik.

Pada artikel ini akan dilakukan simulasi mengenai pola aliran air pada sistem aquaponik dengan sistem *media filled* yang menggunakan *Bell-siphon* serta media filter berupa hidroton. Simulasi pola aliran ini akan mempelajari profil kecepatan pada bagian *inlet* dan *outlet* pada tangki aquaponik.

2. Metode Penelitian

Simulasi tangki aquaponik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software ANSYS R.15. Tangki yang digunakan di dalam simulasi memiliki dimensi yang sama dengan tangki yang digunakan pada eksperimen laboratorium. Tahapan – tahapan penelitian ini adalah pembuatan gambar desain tangki menggunakan *design modeler*, *meshing*, simulasi menggunakan FLUENT, dan *post processing* menggunakan CFD-Post.

2.1. Design Modeler

Sistem aquaponik yang telah dibangun, direpresentasikan dengan sebuah gambar model seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Tangki ini merupakan tempat untuk meletakkan media pengisi hidroton serta tanaman yang akan dikembangkan dalam sistem aquaponik. Dimensi tangki yang digunakan adalah panjang 60 cm, lebar

30 cm dan tinggi 20 cm. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa tangki terbagi menjadi 2 bagian antara atas dan bawah. Hal ini menunjukkan bahwa satu bagian akan dimodelkan sebagai *porous media* karena berisi hidroton sedangkan satu bagian yang lain akan diisi oleh media air.

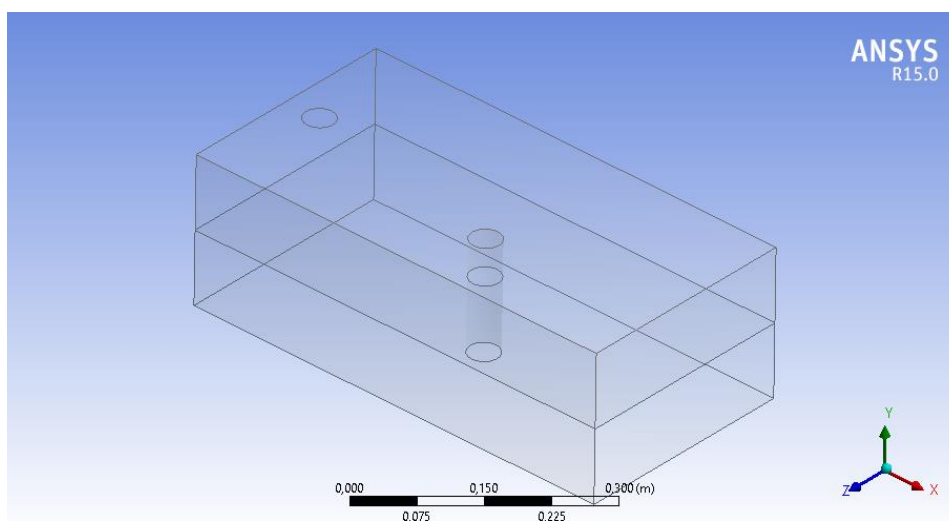
Pada penelitian ini, digunakan 6 jenis tangki dimana tangki pertama merupakan tangki kosong tanpa ada hidroton, tangki ke-2 hingga tangki ke-6 akan diisi hidroton dengan % volume yang berbeda dengan kisaran antara 10% hingga 50%.

2.2. Meshing

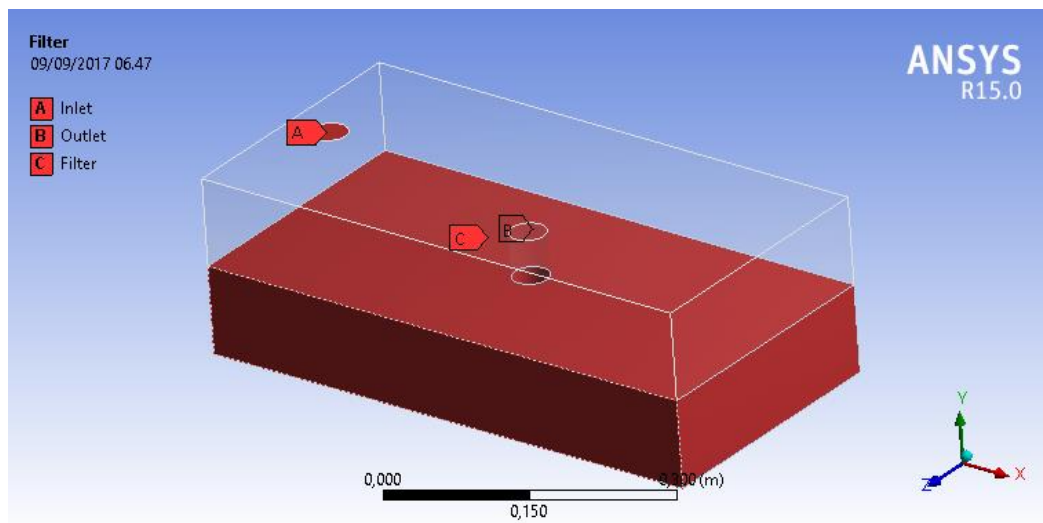
Metode *meshing* yang digunakan adalah CFD *Fluent*, dengan tingkat *fine relevance center* dan *high smoothing level*. Hasil *meshing* ini menghasilkan gambar dengan jumlah *node* sebanyak 41.829 dengan jumlah elemen 120.963.

2.3. Process Simulation

Simulasi pola aliran pada tangki aquaponik ini menggunakan model $k-\epsilon$ sebagai model turbulensi. Model ini paling banyak digunakan dalam memodelkan proses aliran turbulen karena parameter yang harus diestimasi pada model ini jumlahnya paling sedikit. Selain model turbulensi, pada simulasi ini juga digunakan model *porous zone* karena penambahan hidroton pada tangki aquaponik dapat didekati dengan model tangki berpori.



Gambar 1. Model sistem aquaponik dengan media pengisi hidroton



Gambar 2. Meshing sistem aquaponik dengan media pegisi hidroton

Pada permodelan *porous zone* maka perlu ditambahkan informasi tambahan pada *zone porous*. Informasi tambahan tersebut adalah permabilitas (α) dan *inertial loss coefficient* (C_2) yang dimiliki oleh hidroton. Rumus yang digunakan untuk menentukan α dan C_2 adalah sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{D_p^2 \epsilon^3}{150(1-\epsilon)} \quad (1)$$

$$C_2 = \frac{3.5(1-\epsilon)}{D_p \epsilon^3} \quad (2)$$

dimana

D_p : Diameter hidroton rata – rata

ϵ : porositas hidroton

Dari hasil perhitungan, diperoleh angka α dan C_2 sebesar 533.333,3 dan 233,33.

2.4. Post Processing

Pengambilan data hasil simulasi dilakukan menggunakan dua metode. Metode pertama dilakukan pada *software* FLUENT secara langsung untuk mengambil data kecepatan rata-rata pada *outlet* tangki, nilai k dan ϵ serta *turbulent viscosity* dan *cell Reynold Number*. Sedangkan metode kedua dilakukan pada CFD-Post untuk menyajikan gambar pola

aliran dari *inlet* menuju *outlet* serta *sampling data* pada beberapa titik di bagian *inlet* dan *outlet* pada tangki.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Penggunaan Hidroton Pada Pola Aliran dalam Tangki Aquaponik

Hasil simulasi tangki aquaponik telah dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS FLUENT R.15. Pada simulasi ini didapatkan beberapa parameter untuk melihat pola aliran di dalam tangki aquaponik. Parameter-parameter tersebut adalah kecepatan aliran rata-rata pada *outlet* tangki (v_{out}), energi kinetik turbulen (k), laju disipasi (ϵ), viskositas turbulen (μ) dan *Reynold Number* (Re) pada outlet tangki aquaponik. Hasil simulasi yang telah diperoleh, dapat dilihat pada Tabel 1.

Simulasi dilakukan untuk 6 jenis kondisi yang berbeda, dimana Run 1 adalah simulasi tangki aquaponik tanpa adanya hidroton sebagai media filter sedangkan Run 2 hingga 6 adalah simulasi tangki aquaponik dengan jumlah aquaponik sebanyak 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% volume dari total volume tangki.

Tabel 1. Hasil analisa polas alir pada tangki aquaponik

Run	v_{out} (m/s)	k (m ² /s ²)	ε (m ² /s ³)	μ (kg/m.s)	Re
1	1,1039	0,2734	5,1779	9,3349E-4	5,3953
2	1,2197	0,1555	3,3414	0,3201	14,3990
3	1,2817	0,0710	1,5839	0,1427	38,8428
4	1,2802	0,0564	1,2343	0,1067	52,6197
5	1,2917	0,0515	1,1404	0,0907	58,5961
6	1,2897	0,0524	1,3120	0,0859	74,7578

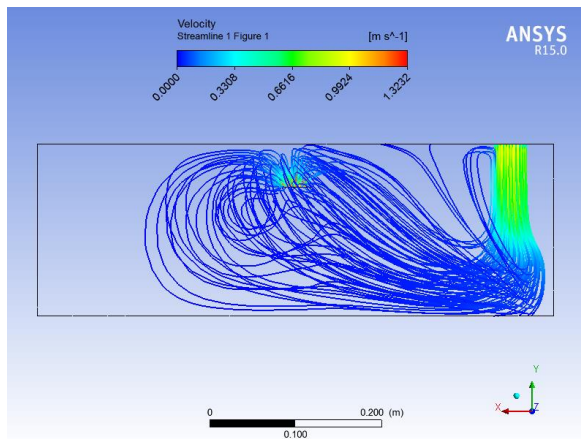
Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa tangki aquaponik dengan hidroponik sebanyak 40% memiliki v_{out} yang paling tinggi, sedangkan v_{out} terendah didapat pada tangki aquaponik yang tidak diisi dengan hidrotan. Secara keseluruhan, penggunaan hidrotan sebanyak 20%-50% tidak terlalu berpengaruh pada v_{out} . Pada kisaran jumlah hidrotan tersebut, perubahan v_{out} yang tertinggi adalah sekitar 0,78%. Sedangkan peningkatan paling signifikan dapat dilihat pada penambahan hidrotan 10% hingga 20% dimana v_{out} mengalami peningkatan sebesar 5,1%. Dari hasil tersebut, dapat dipertimbangkan penggunaan hidrotan 20% pada tangki aquaponik untuk dapat menghasilkan v_{out} yang paling optimal.

Pada simulasi ini digunakan model turbulen k- ε , karena model ini merupakan model aliran turbulen yang paling sederhana dibandingkan dengan model turbulensi yang lain. Nilai k- ε menunjukkan seberapa besar turbulensi pada suatu sistem. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai k dan ε semakin menurun searah dengan bertambahnya jumlah hidrotan yang digunakan pada tangki aquaponik. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan hidrotan pada aquaponik dapat mengurangi turbulensi pada sistem aquaponik tersebut (Savli, 2012). Nilai k dan ε yang tertinggi dapat

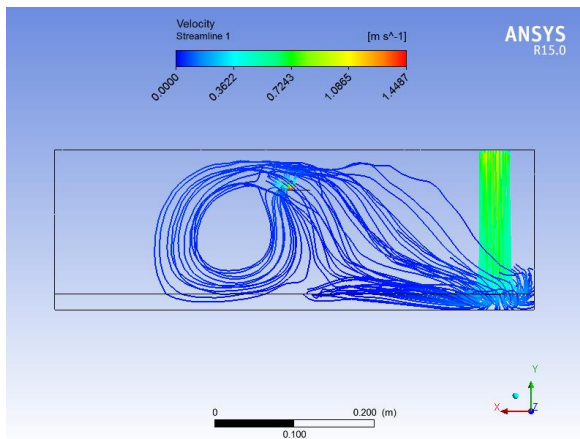
dilihat pada tangki aquaponik tanpa hidrotan.

Viskositas turbulen dan *cell Reynold Number* adalah dua sifat aliran fluida yang menentukan turbulensi suatu aliran. Viskositas turbulensi akan mempengaruhi kecepatan suatu aliran dan proses perpindahan panas. Viskositas turbulen Juga mempengaruhi *cell Reynold Number* dimana semakin rendah *turbulent viscosity* maka akan meningkatkan nilai *cell Reynold Number*. Prinos *et al.* (2003) dalam penelitiannya juga membuktikan bahwa nilai *Reynold Number* suatu aliran pada media berpori akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya ketinggian atau panjang dari media berpori tersebut.

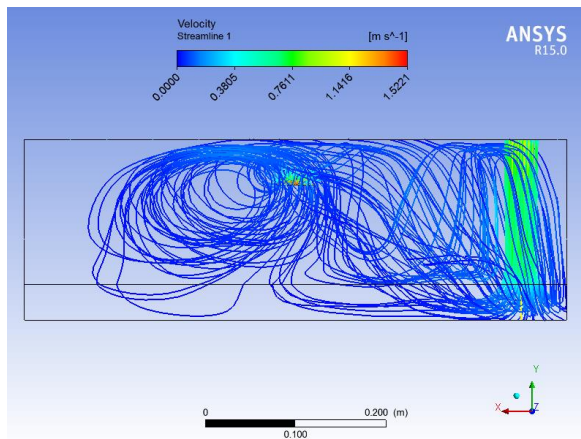
Pola aliran air pada tangki aquaponik dengan jumlah hidrotan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3(a) dapat dilihat bahwa waktu tinggal aliran di dalam tangki sangat singkat. Pada gambar tersebut, aliran yang keluar melalui *inlet* akan segera keluar melalui *outlet* pada tangki. Sedangkan pada Gambar 3 (b) – (f) dapat dilihat bahwa aliran air yang masuk ke dalam tangki akan memasuki zona filter yang terisi hidrotan terlebih dahulu lalu kemudian bergerak mengisi ruangan kosong pada tangki sebelum keluar melalui *outlet* tangki aquaponik.



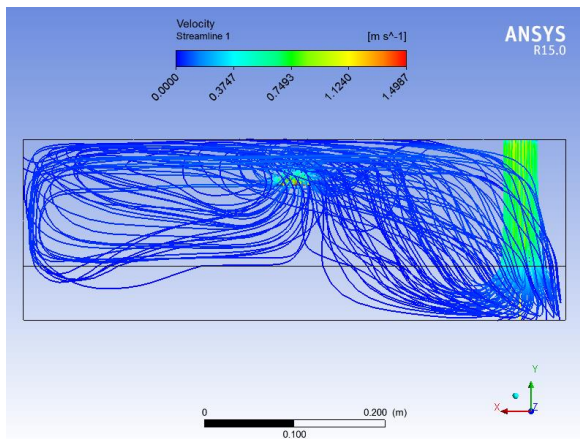
(a)



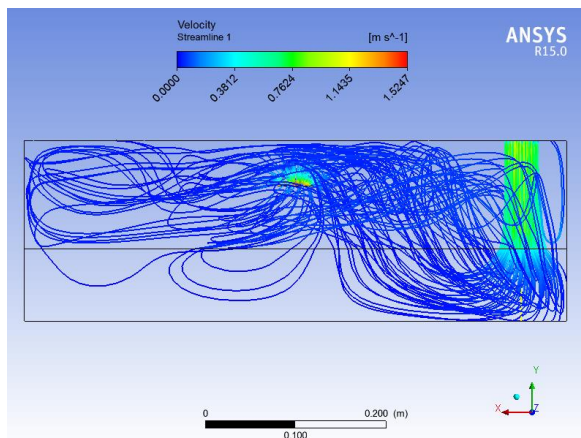
(b)



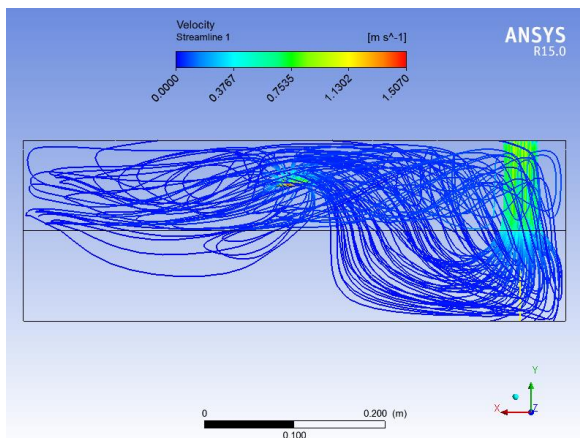
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 3. Profil aliran air pada tangki aqua ponik (a) tanpa hidrotan; dengan hidrotan (b) 10%; (c) 20%; (d) 30%; (e) 40% dan (f) 50%

3.2. Pengaruh Penggunaan Hidroton Terhadap Profil Kecepatan Aliran pada *Inlet* Tangki Aquaponik

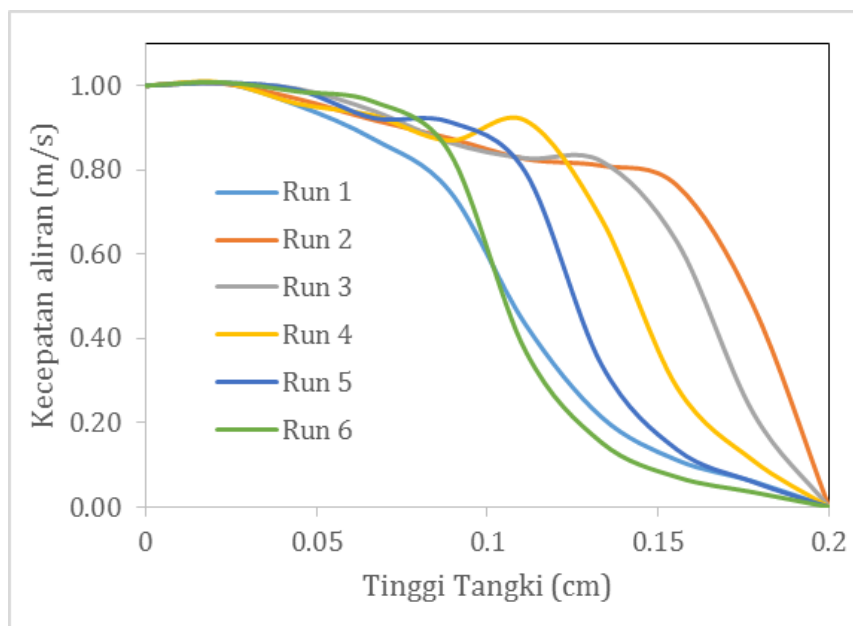
Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap kecepatan aliran terhadap jarak antara posisi *inlet* dengan bagian dasar tangki. Secara teoritis, penambahan hidroton akan mengkondisikan tangki aquaponik sebagai tangki berpori. Pada umumnya tangki berpori digunakan untuk menstabilkan aliran yang pada mulanya berupa aliran turbulen menjadi aliran laminar. Hasil pengamatan kecepatan aliran pada tangki aquaponik terhadap jarak inlet dengan dasar tangki dapat dilihat pada Gambar 4. Profil kecepatan aliran air pada *outlet* tangki memiliki kesamaan dengan hasil penelitian dari Philip *et al.* (2014) dimana dengan bertambahnya jumlah *porous media* maka kecepatan aliran akan menjadi semakin kecil.

Gambar 4. menunjukkan kecepatan aliran secara vertikal terhadap tinggi tangki dimana basis ketinggian 0 cm adalah berada pada bagian *inlet*, sedangkan 0,2 cm adalah pada bagian dasar tangki. Pada Run 1 dapat dilihat bahwa

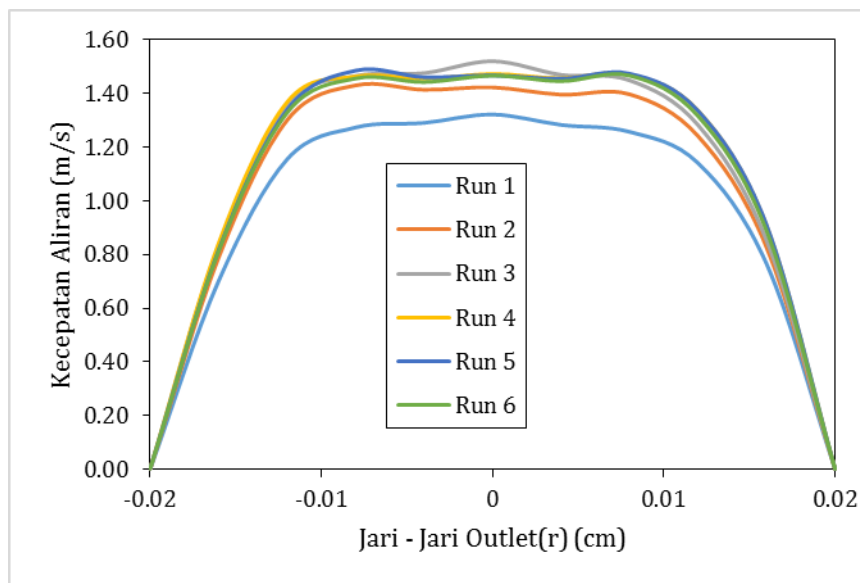
penurunan kecepatan terjadi secara eksponensial dan terlihat cukup natural karena tidak ada hidroton pada tangki tersebut. Pada Run 2 hingga Run 6 dapat dilihat bahwa kecepatan aliran hingga ketinggian 0,05 dari *inlet* masih memiliki kecepatan yang sama dan mulai mengalami penurunan pada ketinggian tertentu sesuai dengan posisi ketinggian hidroton.

3.3. Pengaruh Penggunaan Hidroton Terhadap Profil Kecepatan Aliran pada *Outlet* Tangki Aquaponik

Kecepatan aliran pada *outlet* dipengaruhi oleh tipe aliran pada tangki, semakin turbulen aliran di dalam tangki maka kecepatan aliran pada *outlet* tangki akan semakin besar. Profil kecepatan aliran pada *outlet* tangki sebagai fungsi jari-jari *outlet* dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada $r = 0$ memiliki kecepatan aliran paling tinggi pada setiap variabel jumlah *porous media* yang digunakan. Hal ini sesuai dengan teori aliran laminar klasik seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Molki *et al.* (2013).



Gambar 4. Profil kecepatan aliran air pada tangki aquaponik terhadap tinggi tangki



Gambar 5. Profil kecepatan aliran pada outlet tangki sebagai fungsi jari – jari outlet

Pada Gambar 5 tangki aquaponik tanpa hidroton memiliki aliran dengan kecepatan pusat yang paling rendah, sedangkan kecepatan pusat tertinggi diperoleh dari tangki aquaponik dengan jumlah hidroton sebanyak 20%. Meskipun aliran dengan hidroton 20% memiliki kecepatan pusat tertinggi, akan tetapi kecepatan rata-rata yang dimiliki hanya 1,2817 m/s. Sehingga sebagai acuan untuk penggunaan hidroton pada tangki aquaponik, akan tetap menggunakan hidroton dengan jumlah 40% v/v.

4. Penutup

Simulasi pola aliran dalam tangki aquaponik telah berhasil dilakukan dengan menggunakan *software* ANSYS. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa kecepatan rata-rata pada *outlet* tangki yang paling tinggi didapat pada tangki aquaponik dengan isian bahan media filter hidroton sebanyak 40% dengan kecepatan rata-rata sebesar 1,2917. Penambahan hidroton pada tangki aquaponik menurunkan nilai k dan ϵ pada model aliran turbulen. Pada eksperimen pembuatan tangki aquaponik, akan digunakan hidroton sebanyak 40% dari volume total tangki untuk dapat mengoptimalkan kecepatan outlet aliran pada tangki sehingga optimalisasi penggunaan hidroton dapat dilakukan.

5. Daftar Pustaka

- Bernstein, S. 2011. *Aquaponic Gardening: A Step-by-Step Guide to Raising Vegetable and Fish Together*. New Society Publishers, Gabriola, Canada.
- Engle, C.R. 2015. *Economics of Aquaponics*. SRAC Publication Regional Aquaculture Center.
- Lennard W. A., Leonard, B. V. 2016. *A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system*. Aquaculture International. 14:539-550.
- Molki, A., Khezzar, L., Goharzadeh, A. 2013. *Measurement of fluid velocity development in laminar pipe flow using laser Doppler velocimetry*. European Journal of Physics. 34:1127-1134.
- Philip, M., Rajkumar, M. R., Venugopal, G. 2014. *Numerical Simulation of Laminar Flow Through Rectangular Duct Filled with Discrete Porous Media*. International Journal of Scientific & Engineering Research. 5(7):901-904.
- Prinos, P., Sofialidis, D., Keramaris, E. 2003. *Turbulent Flow Over and Within a Porous Bed*. 129(9):720-733.

- Wongkiew, S., Hu, Z., Chandran, K., Lee, J. W., Khanal, S. K. 2017. *Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review*. Aquacultural Engineering. 76:9-19.
- Yen, H. S., Chou, J. H. 2016. *Water purification by oyster shell bio-medium in a recirculating aquaponic system*. Ecological Engineering. 95: 229-236.
- Zou, Y., Hu, Z., Zhang, J., Xie, H., Guimbaud, C., Fang, Y. 2016. *Effects of pH on nitrogen transformations in media-based aquaponics*. Bioresources Technology. 210: 81–87.